

Abschätzung möglicher
Auswirkungen von Fahren mit Licht
am Tag (Tagfahrleuchten /
Abblendlicht) in Deutschland

- Abschlussbericht -

Abschätzung möglicher Auswirkungen von Fahren mit Licht am Tag (Tagfahrleuchten / Abblendlicht) in Deutschland

- Abschlussbericht -

Bundesanstalt für Straßenwesen

S. Schönebeck
U. Ellmers
Dr. J. Gail
R. Krautscheid
R. Tews

Bergisch Gladbach, Juli 2005

Abschätzung möglicher Auswirkungen des Fahrens mit Licht am Tag (Tagfahrleuchten / Abblendlicht) in Deutschland

Kurzfassung

Der Vorschlag, dass alle Kraftfahrzeuge auch am Tag mit Licht fahren sollen, wird seit vielen Jahren national und international diskutiert. Aufgrund dessen hat das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen die Bundesanstalt für Straßenwesen beauftragt, die Auswirkungen des Fahrens mit Licht am Tag auf die Straßenverkehrssicherheit in Deutschland im Rahmen eines Forschungsprojektes genauer zu untersuchen.

Auf der Basis einer Bewertung der internationalen Literatur zur Wirksamkeit des Fahrens mit Licht am Tag kommt die BAST zu dem Ergebnis, dass bei obligatorischer Einführung dieser Verkehrssicherheitsmaßnahme in der Bundesrepublik Deutschland eine deutliche Verbesserung der Verkehrssicherheit erwartet werden kann. Die Unfallrückgänge liegen in einer Größenordnung von über 3%. Die Befürchtung, dass sich demgegenüber Nachteile für schwächere Verkehrsteilnehmer, insbesondere Motorradfahrer, ergeben und deren Unfallhäufigkeit steigt, konnte nicht erhärtet werden.

Die obligatorische Einführung des Fahrens mit Licht am Tag ist unter gesamtwirtschaftlichen Gesichtspunkten auch effizient. Den zu erwartenden Sicherheitsnutzen in Höhe von umgerechnet 1 Mrd. € je Jahr stehen Kosten in Folge des zunehmenden Kraftstoffverbrauchs und der damit verbundenen Emissionen in Höhe von 630 Mio. € (ungünstigster Fall: Fahren mit Abblendlicht) gegenüber. Auf lange Sicht sinken mit speziellen Tagfahrleuchten diese Kosten auf 150 Mio. € (Tagfahrleuchten in Glühlampentechnik) oder sogar nur 60 Millionen Euro (Tagfahrleuchten in LED-Technik).

Es wird deshalb empfohlen,

- für Neufahrzeuge eine Ausrüstung mit Tagfahrleuchten mit automatischer Aktivierung, gekoppelt an die Zündung, vorzuschreiben,
- sowie einen Dämmerungsschalter zur automatischen Einschaltung des Abblendlichts obligatorisch einzuführen.

Um einen nachteiligen Sicherheitseffekt durch die Durchmischung mit beleuchteten und unbeleuchteten Fahrzeugen zu vermeiden, ist für Altfahrzeuge ohne spezielle Tagfahrleuchten das Fahren mit Licht am Tag ganzjährig auf dem gesamten Straßennetz dringend zu empfehlen.

Die Empfehlung für den bestehenden Kraftfahrzeugbestand sollte spätestens zum Zeitpunkt der Einführung der Ausstattungsvorschrift für die Neufahrzeuge ausgesprochen werden.

1	Einleitung	5
2	Technische Varianten und Kosten	6
2.1	Lichttechnische Einrichtungen für Tagesfahrlicht	6
2.2	Kosten der verschiedenen Varianten	11
2.2.1	Hardware-Kosten	11
2.2.2	Kraftstoffmehrverbrauch und Emissionen.....	12
3	Fahren mit Licht am Tag und Wahrnehmung.....	16
3.1	Entdeckung	16
3.2	Identifikation	17
4	Lichttechnische Aspekte	18
5	Rechtliche Varianten zum Fahren mit Licht am Tag.....	20
6	Stand Europa zu TFL	21
7	Lichteinschaltquoten / Durchmischungsgrad.....	25
7.1	Lichteinschaltquoten in Deutschland	25
7.2	Lichteinschaltquoten in der Schweiz.....	26
7.3	Lichteinschaltquoten in Österreich.....	27
7.4	Schätzung der Lichteinschaltquoten für Deutschland.....	28
8	Potenzialabgrenzung	29
8.1	Methode	29
8.2	Ergebnisse	32
8.3	Fazit.....	37
9	Literaturüberblick.....	38
9.1	Sichtung und Klassifikation	38
9.2	Ergebnisse	40
9.3	Spezielle Aspekte des Fahrens mit Licht am Tag.....	43
10	Ableitung des Effekts für Deutschland	49
10.1	Gewählte Variante.....	49
10.2	Scoring und Relevanz für Deutschland.....	50
10.3	Übertragung und Ergebnisse für Deutschland.....	52
11	Nutzen-Kosten-Analyse	56
11.1	Methode	56
11.2	Ergebnisse	57
12	Zusammenfassung.....	60

1 Einleitung

Der Vorschlag, dass alle Kraftfahrzeuge auch am Tag mit eingeschaltetem Licht fahren sollen, wird seit vielen Jahren national und international diskutiert. Das Fahren mit Licht am Tag wird in vielen Ländern als eine potenzielle Maßnahme zur Erhöhung der Verkehrssicherheit angesehen und befürwortet. Seitens einiger Länder der EU gibt es das Bestreben, das Fahren mit Licht am Tag im Rahmen einer Harmonisierung der europäischen Gesetze europaweit durch ein einheitliches Gesetz zu regeln.

Die Befürworter stützen sich dabei auf eine Vielzahl von ausländischen Studien, in denen zum Teil erhebliche Reduzierungen von Unfallzahlen durch Fahren mit Licht am Tag festgestellt wurden.

Neben methodischen Bedenken an diesen Untersuchungen werden dagegen insbesondere Vorbehalte wegen möglicher Verschlechterungen der Sicherheit von Motorradfahrern und der nicht motorisierten Verkehrsteilnehmer vorgetragen. Darüber hinaus stehen dem möglichen Nutzen auch höhere Kosten und Umweltbelastungen aufgrund des Kraftstoffmehrverbrauchs gegenüber.

Ein weiteres zentrales Problem ist die Übertragbarkeit der bisher vorliegenden Ergebnisse, da diese weitgehend auf Fahren mit Abblendlicht (einschließlich den damit eingeschalteten Rückleuchten) basieren, auf Verhaltensvorschriften in den jeweiligen Ländern beruhen und nicht auf rein technischen Lösungen. Die Ergebnisse aus diesen Ländern, insbesondere Skandinavien, sind dadurch nicht direkt auf mitteleuropäische Länder wie Deutschland übertragbar, da hier andere klimatische, topographische und verkehrliche Rahmenbedingungen vorliegen.

Aufgrund dessen hat das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen die Bundesanstalt für Straßenwesen beauftragt, die Auswirkungen des Fahrens mit Licht am Tag auf die Straßenverkehrssicherheit in Deutschland im Rahmen eines Forschungsprojektes genauer zu untersuchen.

Ziel des Projektes ist eine differenzierte Darstellung des durch Fahren mit Licht am Tag möglicherweise beeinflussten Unfallgeschehens, um auf dieser Grundlage die Auswirkungen des Fahrens mit Licht am Tag in Deutschland abzuschätzen. Darüber hinaus wird im Rahmen einer Nutzen-Kosten-Analyse der mögliche Nutzen in Form von eingesparten volkswirtschaftlichen Unfallkosten den zusätzlichen Kosten des Fahrens mit Tagfahrleuchten bzw. Abblendlicht gegenübergestellt.

2 Technische Varianten und Kosten

Um das Fahren mit Licht am Tag zu realisieren, können verschiedene lichttechnische Systeme genutzt werden. Kosten und Nutzen des Fahrens mit Licht am Tag sind zu einem großen Teil abhängig von der gewählten Variante. Die verschiedenen technischen Varianten unterscheiden sich in ihrer Effizienz, ihren Auswirkungen und somit auch in ihren Kosten. Im vorliegenden Kapitel werden die einzelnen Varianten vorgestellt und ihre Nachteile und Vorteile in Bezug auf das Fahren mit Licht am Tag dargestellt. Die hier berechneten Kosten fließen außerdem in die Nutzen-Kosten-Analyse ein.

2.1 Lichttechnische Einrichtungen für Tagesfahrlicht

Tagesfahrlicht dient dazu, die Sichtbarkeit von Fahrzeugen am Tage zu erhöhen. Dies kann besonders effizient erreicht werden, wenn am Fahrzeug zwei nach vorne gerichtete Scheinwerfer mit hoher Leuchtdichte angebracht sind, die ein gebündeltes Licht nach vorne abstrahlen. Um den Zweck eines solchen Tagesfahrlichtes zu erfüllen, reicht es daher aus, wenn die dafür vorgesehenen Lichtquellen ausschließlich nach vorne wirken. Andere Lichtquellen am Fahrzeug müssen dann nicht in Betrieb sein. Im Gegenteil, es ist aus wirtschaftlichen und ökologischen Gründen sinnvoller, sie auszuschalten. Die verkehrsgefährdende Blendung des entgegenkommenden Verkehrs und Dritter muss (weitestgehend) vermieden werden. Eine optimale Ausnutzung des Effektes der Erhöhung der Sichtbarkeit wäre gegeben, wenn Tagfahrleuchten in Augenhöhe der Fahrer angebracht wären.

Derzeit existieren fünf verschiedene technische Varianten in der internationalen Diskussion:

- *Tagfahrleuchten (Bestandteil der Erstausrüstung oder Nachrüstsatz)*
- *Scheinwerfer - Abblendlicht (manuell einschaltbar oder automatisch geschaltet)*
- *Nebelscheinwerfer*
- *Begrenzungsleuchten (Standlicht)*
- *Scheinwerfer - gedimmtes Fernlicht*

Als zusätzliche technische Option können Dämmerungsschalter für die automatische Einschaltung des Fahrlichts eingesetzt werden. Das Fahren mit Nebelscheinwerfern allein, mit Begrenzungsleuchten allein oder gedimmtem Fernlicht ist in Deutschland aufgrund von § 17 Straßenverkehrs-Ordnung (StVO) unzulässig.

Tagfahrleuchten (Bestandteil der Erstausrüstung oder Nachrüstsatz)

„Eine Tagfahrleuchte ist eine nach vorn gerichtete Leuchte, die dazu benutzt wird, das Fahrzeug leichter erkennbar zu machen, wenn es bei Tageslicht fährt“ (ECE-R 87).

Die Anforderungen für die Genehmigung von Tagfahrleuchten sind in der ECE- (UN-Wirtschaftskommission für Europa) Regelung Nr. 87 [101] und der Anbau in der ECE-R 48 [100] beschrieben. Tagfahrleuchten können mit dem Scheinwerfer zusammengebaut, kombiniert, oder ineinander gebaut sein, sie können aber auch unabhängig separat angebracht sein. Sind sie in Betrieb, muss keine andere

Lichtquelle am Fahrzeug eingeschaltet sein. Sobald das Abblendlicht eingeschaltet wird, müssen sich die Tagfahrleuchten automatisch ausschalten.



Bild 2.1: Tagfahrleuchte (<http://www.autokiste.de/start.htm?site=/psg/0309/2344.htm>)

Die ECE-R 48 regelt den Anbau von Beleuchtungs- und Lichtsignaleinrichtungen. Danach ist eine "Tagfahrleuchte eine nach vorn gerichtete Leuchte, die dazu dient, das Fahrzeug bei Fahrten am Tag besser kenntlich zu machen".

Die Lichtverteilung der speziellen Tagfahrleuchten ist für die Funktion "Gesehen werden" ausgelegt. Sie wird in der ECE-R 87 festgelegt. Es ist vorgeschrieben, dass die Lichtstärke bei jeder Leuchte in der Bezugsachse mindestens 400 cd betragen muss; sie darf insgesamt in keiner Richtung 800 cd überschreiten. Die leuchtende Fläche der Leuchte muss mindestens 40 cm² groß sein.

Derzeit haben entsprechende Leuchten eine deutlich kleinere Lichtaustrittsfläche als Abblendlichtscheinwerfer. Wird eine Lichtaustrittsfläche von 50 cm² (entspricht einem Durchmesser von 8 cm) angenommen, so ergeben sich bei einer axialen Lichtstärke von 500 cd axiale Leuchtdichten einer entsprechenden Tagfahrleuchte von 100.000 cd/m². Eine entsprechende Leuchte ist auffälliger als das Abblendlicht und könnte daher bei Dämmerung (falls nicht vorschriftgemäß das Abblendlicht eingeschaltet wurde) den Gegenverkehr blenden (s. Kapitel 9.3).

Die Leistungsaufnahme einer entsprechenden Leuchte liegt bei Glühlampentechnik bei 15 - 21 Watt pro Leuchte. In LED-Technik liegt die Leistungsaufnahme deutlich niedriger. Als Richtwert kann von einem Watt pro LED ausgegangen werden. Um die lichttechnischen Bedingungen für Tagfahrleuchten zu erfüllen, werden 5-7 LED's benötigt.

Scheinwerfer - Abblendlicht (manuell einschaltbar oder automatisch geschaltet)

Das Abblendlicht ist das normale Fahrlicht bei Dunkelheit, Dämmerung und schlechten Sichtverhältnissen. Es dient dazu, von anderen Verkehrsteilnehmern gesehen zu werden und selbst die Fahrbahn und Umgebung zu sehen. Beim Abblendlicht wird nahezu das gesamte Licht auf die Fahrbahn und in den rechten Seitenraum verteilt. Somit wird nur ein geringer Anteil des Lichtstromes vom Abblendlicht für die Funktion "gesehen werden" genutzt. Dies ist gewollt, damit der Gegenverkehr bei Dämmerung und Nacht nicht geblendet wird.

Die Lichtverteilung für Scheinwerfer ist in mehreren ECE-Regelungen festgelegt. Die ECE-R 20 verlangt beispielsweise im Blendgebiet, der sog. Zone III, maximale Beleuchtungsstärken von 0,7 Lux (bzw. maximal 1 Lux bei einem Scheinwerfer mit

Gasentladungslichtquelle nach ECE-R 98), gemessen auf einem Messschirm in 25 m Entfernung. In dem für die Blendung des Gegenverkehrs besonders kritischen Messpunkt B 50 L¹ sind sogar nur maximal 0,4 Lux erlaubt (bzw. maximal 0,5 Lux bei einem Scheinwerfer mit Gasentladungslichtquelle nach ECE-R 98). Hieraus ergeben sich in Abhängigkeit der Lichtaustrittsfläche mittlere Leuchtdichten der Abblendscheinwerfer in einem Bereich von 10.000 bis 40.000 cd/m². Leuchtdichten dieses Niveaus entsprechen den Leuchtdichten, die auch Lichtsignalanlagen (Ampeln) erzeugen und heben sich z. B. vom Niveau anderer Umfeldleuchtdichten ab (klarer bis bedeckter Himmel 500 bis 5000 cd/m²).

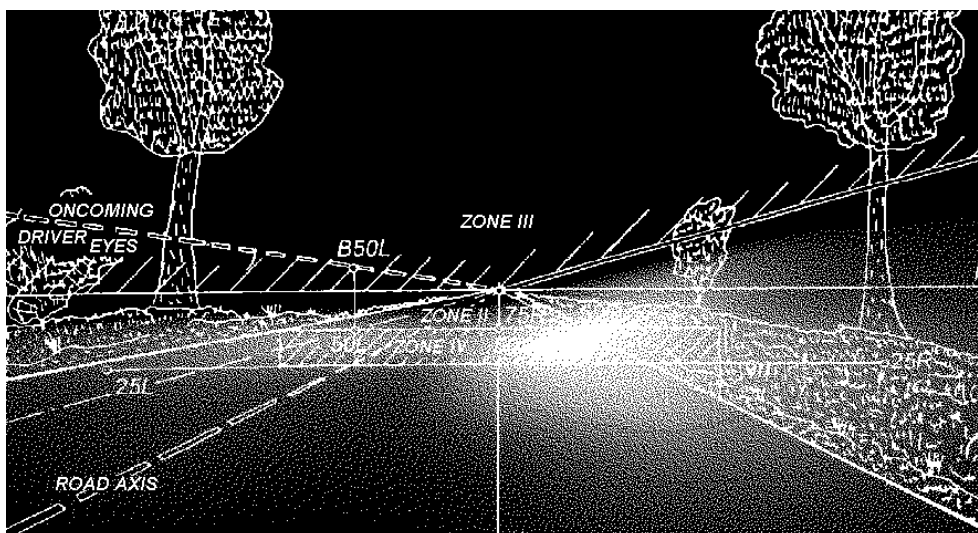


Bild 2.2: Lichtverteilung eines H-4 Scheinwerfers für Abblendlicht auf dem Meßschirm
(www.unece.org/trans/doc/2002/wp29gre/TRANS-WP29-GRE-2002-45e.doc - 8. März 2005)

Generell sind heutige Lichtverteilungen des Abblendlichtes hinreichend breit, um nicht nur die Straße selbst, sondern auch angrenzende Bereiche der Fahrbahn auszuleuchten.

Die Leistungsaufnahme einer H4 Lampe beträgt ca. 55 Watt beim Abblendlicht. Bei Verwendung des Abblendlichts sind generell Schluss-, Kennzeichen- sowie Armaturenbeleuchtung immer mit eingeschaltet. Das ergibt zusammen mit den Scheinwerfern (H4) einen Energiebedarf von ca. 140 W bei Pkw und ca. 210 W bei Nutzfahrzeugen. Der Einsatz von LED für Abblendlicht ist noch nicht sinnvoll, weil ihr Lichtstrom noch zu gering ist und dadurch ein vielfaches an Kosten gegenüber heutiger Techniken entstehen würde.

Insgesamt ist der Einsatz von Abblendlicht für Tagesfahrlicht aufgrund der Lichtverteilung und des Energiebedarfs vergleichbar ungünstig.

¹ kritischer Messpunkt = B 50 L (etwa 3,4° in Fahrtrichtung links und ca. 0,6° oberhalb der Leuchtenachse) beim Scheinwerfer für Rechtsverkehr

Nebelscheinwerfer

Nebelscheinwerfer dienen der besseren Sicht bei Nebel. Dazu sind sie möglichst niedrig am Fahrzeug angebracht, um "unter" den Nebel zu leuchten und nicht in den Nebel hinein, wo die Lichtstrahlen an den vielen kleinen Wassertropfen reflektiert würden. Die Lichtstärkeverteilung von Nebelscheinwerfern ist ebenfalls ungünstig für die Funktion "gesehen werden". Der Lichtstrom wird nicht überwiegend nach vorne, sondern in den Seitenbereich rechts und links neben das Fahrzeug gelenkt. Der Energiebedarf von zwei Nebelleuchten vorn zusammen mit Schluss-, Kennzeichen- und Armaturenbeleuchtung liegt auf dem Niveau des Abblendlichtes bei etwa 140 Watt. Insgesamt erhält man beim Einsatz von Nebelleuchten einen Energieverbrauch von ca. 250 Watt, wenn auch das Abblendlicht eingeschaltet bleibt. Das von den Nebelscheinwerfern ausgestrahlte Licht ist aufgrund seiner Abstrahlcharakteristik nicht als Tagesfahrlicht geeignet.

Der Einsatz von Nebelscheinwerfern als Tagfahrleuchten ist eine von einigen europäischen Ländern in die Diskussion eingebrachte Variante. Sie ist für Deutschland ohne Änderungen der Beleuchtungsvorschriften in der Straßenverkehrs-Ordnung (§17(3)) nicht zu realisieren. Nur bei erheblicher Sichtbehinderung durch Nebel, Schneefall oder Regen darf mit Nebelscheinwerfern in Verbindung mit Begrenzungsleuchten ohne Abblendlicht gefahren werden. Bei einer anderen als der genannten Witterung ist in Deutschland die Benutzung von Nebelscheinwerfern unzulässig.

Außerdem ist die Nutzung von Nebelscheinwerfern gemäß Artikel 33 des Wiener Weltabkommens von 1968 nur bei Nebel, Schneefall oder starkem Regen zulässig (ggf. mit innerstaatlicher Rechtsvorschrift allgemein auf kurvenreicher Straße), somit ist also deren allgemeine Nutzung als Tagesfahrlicht unzulässig [113].

Begrenzungsleuchten (Standlicht)

Die Begrenzungsleuchten dienen der Sichtbarkeit des Fahrzeugs im Stillstand. Dabei sind auch die Schlussleuchten, Kennzeichen- und Armaturenbeleuchtung mit eingeschaltet. Der Energiebedarf aller Leuchten zusammen beträgt ca. 60 W.

Die Leuchtdichten der Begrenzungsleuchten sind gering. Die damit einhergehende geringe Signalwirkung ist für Tagesfahrlicht nicht ausreichend. Außerdem müssten für diese Variante des Tagesfahrlichtes die Beleuchtungsvorschriften in der Straßenverkehrs-Ordnung (§17(2)) für Deutschland geändert werden.

Die Nutzung von Begrenzungsleuchten ist gemäß Artikel 33 des Wiener Weltabkommens von 1968 in der Regel nur zusammen mit Abblendlicht, Fernlicht und unter bestimmten Umständen mit Nebelscheinwerfern zulässig. „Sie können allein verwendet werden, wenn ...die Beleuchtungsverhältnisse so sind, dass... die übrigen Verkehrsteilnehmer das Fahrzeug auf ausreichende Entfernung wahrnehmen können“ [113]. Somit wird das Fahrzeug auf Grund der Beleuchtungsverhältnisse bzw. des Erscheinungsbildes wahrgenommen und nicht wegen der Begrenzungsleuchten, daher erscheint der Einsatz von Begrenzungsleuchten für die Umsetzung von Tagesfahrlicht als wenig sinnvoll.

Scheinwerfer - gedimmtes Fernlicht

Das Fernlicht dient der Sicht des Fahrers bei Dunkelheit außerorts. Dabei sind auch die Schlussleuchten mit eingeschaltet.

Die Ausbreitungsrichtung von Fernlicht ist horizontal und seitlich. Das Fernlicht blendet andere (in erster Linie entgegenkommende) Verkehrsteilnehmer und hat eine deutlich größere Reichweite als Abblendlicht.

Im Vergleich zu der in der ECE-R 87 geforderten Verteilung für das Abblendlicht ist die Lichtstärkeverteilung des Fernlichtes schmaler, gleichzeitig sind die axialen Lichtstärken von ca. 100.000 cd (max. 150.000 cd gemäß ECE-R 20) sehr viel höher. Die sich hieraus ergebenden Leuchtdichten der Scheinwerfer im Bereich von $5 \cdot 10^6$ cd/m² sind so hoch, dass auch bei Tag der Gegenverkehr geblendet würde.

Für Lampen in Halogentechnik ist es möglich, das Fernlicht durch Reduzierung der Lampenspannung zu dimmen. Dies wird z.B. in Kanada angewendet. Das Dimmen führt dazu, dass eine Blendung Dritter vermieden werden kann. Das Dimmen von Scheinwerfern mit Gasentladungs-Lichtquellen ist aus technischen Gründen soweit bisher bekannt jedoch nicht möglich.

Bei einer Reduzierung von 100.000 cd auf sinnvolle 1.000 cd muss die Lampenspannung auf ca. 3 Volt reduziert werden. Bei diesen Betriebsbedingungen ist jedoch der Halogenkreisprozess von Halogenlampen unterbrochen. Die Lampen altern früher - der Lampenkolben schwärzt und dies führt zu Lichtstromverlusten.

Auch wenn sich mit gedimmtem Fernlicht ein Tagesfahrlicht mit sinnvollen Lichtstärken der Scheinwerfer herstellen lässt, ist es aus den beschriebenen - für die Halogenlampe nachteiligen - Arbeitsbedingungen nicht sinnvoll. Zusammen mit Schluss-, Kennzeichen und Armaturenbeleuchtung entsteht ein Energiebedarf von etwa 100 W.

Durch eine Dimmung des Fernlichtes können gegebenenfalls die geforderten Mindestbeleuchtungsstärken nach ECE-R 20 nicht mehr eingehalten werden. Insofern wäre dann auch der Scheinwerfer nicht mehr genehmigungskonform und damit seine Verwendung mit gedimmtem Fernlicht unzulässig. Die Verwendung des Fernlichts oder eines gedimmten Fernlichtes als Tagesfahrlicht steht darüber hinaus im Widerspruch zum Artikel 33 des Wiener Weltabkommens von 1968.

Dämmerungsschalter (oder auch Lichtsensor)

Als zusätzliche technische Option wird über eine Dämmerungsschaltung des Fahrlichtes nachgedacht. Hierbei handelt es sich um eine Schaltung mit Lichtsensoren, die die Umfeldhelligkeit und die Helligkeit im Feld vor dem Fahrzeug bewerten und bei einer Unterschreitung einer vorgegebenen Beleuchtungsstärke automatisch das Abblendlicht einschalten. Diese Schaltung kann sowohl in Kombination mit speziellen Tagfahrleuchten (hier schaltet der Dämmerungsschalter auf das herkömmliche Fahrlicht um - einschließlich der Instrumentenbeleuchtung und der rückwärtigen Leuchten) als auch eigenständig (Ein-/Ausschalten der herkömmlichen Fahrzeugbeleuchtung) eingesetzt werden.

Ein Dämmerungsschalter in Kombination mit Tagfahrleuchten würde vermeiden, dass Autofahrer bei einsetzender Dämmerung zu spät das Abblendlicht einschalten.

Es sei angemerkt, dass es zur Zeit keine technischen Vorschriften für Dämmerungsschalter gibt. Solche wären jedoch nötig, wenn diese Option gewählt würde.

2.2 Kosten der verschiedenen Varianten

Die Kosten für den Einsatz von Licht am Tag setzen sich aus den Kosten für die Hardware (Einbau und Austausch) und den Betriebskosten (Kraftstoffmehrverbrauch, Emissionen) zusammen. Die Höhe der Kosten ist hierbei abhängig von der gewählten technischen und rechtlichen Variante.

Nachfolgend werden Abschätzungen für diese verschiedenen Kosten von Abblendlicht bzw. Tagfahrleuchten vorgenommen.

Die fahrzeugbezogenen Angaben (Fahrzeugbestand, Fahrleistungen, Kraftstoffverbrauch) stammen aus dem Jahr 2002 und gelten für alle Kraftfahrzeuge in der Bundesrepublik Deutschland (außer Krafträder)².

2.2.1 Hardware-Kosten

Bei Verwendung des Abblendlichtes als Tagesfahrlicht entstehen keine Kosten für den Einbau, da auf vorhandene Beleuchtungseinrichtungen zurückgegriffen wird. Es entstehen jedoch geschätzte Kosten für den Austausch defekter Lampen pro Fahrzeug und pro Jahr in Höhe von 5,00 €. Daraus ergeben sich für den gesamten Fahrzeugbestand Mehrkosten in Höhe von ca. 239 Mio. €.

Für die Nachrüstung von Fahrzeugen mit Tagfahrleuchten im Set, bestehend aus 2 Leuchten inkl. Kabelsatz, Glühlampen und Universalhalter, wurde ein mittlerer Preis von 110 € ermittelt. Nach Aussagen einer Fachwerkstatt würden für den kompletten Einbau dieser Leuchten ca. 2 bis 2,5 Stunden benötigt; zusätzlich wären somit Kosten von 120 bis 150 € pro Fahrzeug anzusetzen. Für die Nachrüstung sind insgesamt daher einmalig 230 bis 260 € pro Fahrzeug aufzuwenden.

Die Kosten im Falle eines herstellereitigen Einbaus von Tagfahrleuchten sind nicht bekannt, da nur die Kosten interessant sind, die dem Hersteller entstehen. Dies wird er schon aus Wettbewerbsgründen nicht mitteilen. Es gibt sehr viele verschiedene Möglichkeiten, Tagfahrleuchten in Fahrzeugen zu implementieren. Bei einigen Herstellern können sie mit in die Scheinwerfer integriert werden und verursachen so wenig Entwicklungs- und Änderungskosten. Bei anderen müssen sie aufwendig in die Fahrzeugfront eingebaut werden. Langfristig ist unter der Voraussetzung einer Pflicht zum Fahren mit Licht am Tag davon auszugehen, dass alle Hersteller versuchen werden, Tagfahrleuchten in die Scheinwerfer zu integrieren, so dass nur geringe Entwicklungskosten entstehen.

Die Kosten für den Austausch defekter Lampen bei Tagfahrleuchten hängen von der Wahl des Glühmittels ab. Es werden zur Zeit Glühlampen entwickelt, die eine deutlich höhere Lebensdauer besitzen als die herkömmlichen. Ihr Preis wird aber voraussichtlich im gleichen Verhältnis steigen. Bezogen auf ein Fahrzeugleben werden die zusätzlichen Kosten für den Austausch der Lampen eingespart. Ein quantitativer Wert ließ sich jedoch nicht ermitteln.

Die Lebensdauer der LED-Tagfahrleuchten ist auf die durchschnittliche Lebensdauer eines Pkw abgestimmt. Austauschkosten können, von einzelnen Frühausfällen abgesehen, deshalb vernachlässigt werden.

² Quelle: Kraftfahrtbundesamt

2.2.2 Kraftstoffmehrverbrauch und Emissionen

Im Folgenden werden der Kraftstoffmehrverbrauch und die CO₂-Emissionen durch Fahren mit Licht am Tag abgeschätzt. Emissionen weiterer Stoffe werden nicht betrachtet, da diese gegenüber den Mehremissionen an CO₂ vernachlässigt werden können.

Der Kraftstoffmehrverbrauch und die Mehremissionen an CO₂ durch Tagesfahrlicht hängen stark von der Ausführung der Beleuchtung, hier deren Leistungsaufnahme, ab. Für die Berechnung werden die folgenden drei Szenarien zu Grunde gelegt: Fahren mit Abblendlicht, Fahren mit Glühlampen als Tagfahrleuchten und Fahren mit LED-Tagfahrleuchten. Betrachtet werden die Fahrzeugkategorien Pkw, Lkw, Busse (jeweils Otto- und Dieselmotor) sowie Sattelzüge (Dieselmotor).

Grundannahmen

Es werden folgende Grundannahmen für die Leistungsaufnahme der Beleuchtungsarten an den Fahrzeugkategorien Lkw und Pkw getroffen:

Pkw Abblendlichtszenario:

Scheinwerfer:	2 x 55 W
Schlussleuchten:	2 x 5 W
Standlicht:	ca. 10 W
Kennzeichenbeleuchtung:	<u>10 W</u>
Summe:	140 W

Lkw Abblendlichtszenario:

Scheinwerfer:	2 x 70 W
Schlussleuchten:	4 x 5 W
Standlicht:	ca. 10 W
Begrenzungsleuchten:	4 x 5 W
Spurhalteleuchten:	2 x 5 W
Kennzeichenbeleuchtung:	<u>10 W</u>
Summe:	210 W

Tagfahrleuchten (Pkw + Lkw):

2 Glühlampen:	ca. 35 W
2 x 7 LED:	ca. 14 W

Für Busse und Lkw mit Ottomotor werden die Werte für Pkw übernommen, da diese hinsichtlich der Beleuchtungsanlage Pkw äquivalent sind.

Wesentlich bestimmt wird der Kraftstoffverbrauch, der für die Versorgung der lichttechnischen Einrichtungen gebraucht wird, neben der aufgenommenen elektrischen Leistung vom Wirkungsgrad des Motors und des Generators (Lichtmaschine). Für moderne Motoren kann man Wirkungsgrade von ca. 30 % (Ottomotor) bzw. ca. 40 % (Dieselmotor) ansetzen ([13], [114]). Der Wirkungsgrad

des Generators wird mit 50 % beziffert [12]. Weiterhin wichtig ist der Energieinhalt des Kraftstoffs, der für Ottokraftstoff 43,5 MJ/kg (Super) und für Diesekraftstoff 42,5 MJ/kg beträgt [12].

Streckenbezogener Mehrverbrauch

Mit den im vorangegangenen Abschnitt betrachteten Größen lässt sich der Kraftstoffverbrauch b_m in kg pro Betriebsstunde der Beleuchtung des Fahrzeugs berechnen:

$$b_m = P / (H * \eta_M * \eta_G)$$

mit P Leistung der Leuchtmittel, H Heizwert des Kraftstoffes, η_M Wirkungsrad des Motors und η_G Wirkungsrad des Generators. Über die Dichte des Kraftstoffes ρ (0,747 kg/l für Ottokraftstoff und 0,833 kg/l für Diesekraftstoff [12]) lässt sich dann der Verbrauch b_v in Liter pro Betriebsstunde bestimmen:

$$b_v = b_m / \rho.$$

Um auf den streckenbezogenen Verbrauch b zu kommen, benötigt man die mittlere Geschwindigkeit, mit der die Fahrzeuge bewegt werden. Als Anhaltspunkt für die mittlere Geschwindigkeit wird eine auf der KONTIV beruhende Studie der Bundesanstalt für Straßenwesen [38] zum Verkehrsunfallrisiko in Deutschland mit Daten aus dem Jahr 1991 herangezogen. In der Studie werden jährliche Verkehrsleistungen für Pkw-Fahrer und deren Verkehrsbeteiligungsdauer angegeben. Die aus diesen Daten resultierende mittlere Geschwindigkeit beträgt knapp 40 km/h. Es wird angenommen, dass die mittleren Geschwindigkeiten sich seitdem erhöht haben. Aufgrund dieser Annahme wird für Pkw für die Berechnung des streckenbezogenen Zusatzverbrauchs eine mittlere Geschwindigkeit von 50 km/h zu Grunde gelegt. Da für Lkw keine entsprechenden Daten verfügbar sind, wird der o.g. mittlere Pkw-Geschwindigkeitswert in Höhe von 50 km/h auch für die Berechnung der streckenbezogenen Zusatzverbräuche dieser Fahrzeugart verwendet.

Der streckenbezogene Verbrauch berechnet sich damit zu:

$$b = b_v / v.$$

Tabelle 2.1 gibt den streckenbezogenen Zusatzverbrauch für Pkw und Lkw sowie die verschiedenen Tagesfahrlichtvarianten wieder. Detaillierte Berechnungen sind in Anhang 1 zu finden.

Kraftstoffmehrverbrauch [l/100 km]	Pkw		Lkw
	Otto	Diesel	Diesel
Abblendlicht	0,207	0,142	0,214
Tagfahrleuchten (Glühlampen)	0,052	0,036	0,036
Tagfahrleuchten (LED)	0,021	0,014	0,014

Tabelle 2.1: Streckenbezogener Kraftstoffmehrverbrauch durch Tagesfahrlicht.

Im Ergebnis zeigt sich, dass die Mehrverbräuche zwischen ca. 0,14 l / 100 km bei Diesel-Pkw und 0,21 l / 100 km bei Nutzfahrzeugen liegen, falls mit Abblendlicht gefahren wird. Für Tagfahrleuchten in LED-Technik ergeben sich Mehrverbräuche zwischen 0,01 l / 100 km und 0,02 l / 100 km.

Vergleicht man die lichttechnischen Varianten von Tagesfahrlicht, so zeigt sich für Abblendlicht der vierfache Mehrverbrauch gegenüber Tagfahrleuchten mit Glühlampen. Tagfahrleuchten in LED-Technik würden den Mehrverbrauch gegenüber Abblendlicht auf ein Zehntel herabsetzen.

Hochrechnung auf den Jahresverbrauch der gesamten Flotte

Mit Hilfe der Fahrleistung der Fahrzeuge, die derzeit tagsüber (ohne Dämmerung) ohne Beleuchtung zurückgelegt wird, lässt sich der Mehrverbrauch für Deutschland auch absolut beziffern, indem man die Fahrleistung mit dem streckenbezogenen Verbrauch multipliziert. Angaben zu Jahresfahrleistungen liegen vor [26], jedoch nicht nach Lichtverhältnissen. Der Anteil der Fahrleistungen bei Tageslicht wurde daher im Rahmen des Projektes geschätzt (s. Anhang 2). Der Anteil der Gesamtfahrleistung, für die Tagesfahrlicht zum Tragen kommt, ist für die verschiedenen Fahrzeugkategorien unterschiedlich, da die Verteilung der Nutzungszeiten über 24 h hinweg unterschiedlich ist. Für Busse wird eine Nutzung wie die der Pkw unterstellt. Darüber hinaus wird bei der Schätzung der Fahrleistungen berücksichtigt, dass schon heute ein Teil der Fahrzeuge mit Licht fährt (s. Kapitel 7) und auch tagsüber Situationen auftreten, in denen aufgrund der Witterung mit Licht gefahren werden müsste.

Die Umrechnung des Kraftstoffverbrauchs in CO₂-Emissionen erfolgt mit dem Faktor 3,175 kg CO₂ / kg Kraftstoff [53], der sich aus der Kohlenstoffbilanz ergibt.

Tabelle 2.2 gibt die relevanten Fahrleistungen (Inländerfahrleistung inklusive Auslandsstrecken) sowie den Gesamtkraftstoffverbrauch für das Jahr 2002 wieder. In Tabelle 2.3 sind der durch Tagesfahrlicht entstehende Mehrverbrauch sowie die zugehörigen CO₂-Emissionen dargestellt.

	Otto	Diesel	Gesamt
Inländerfahrleistungen [Mio. km]	434.393	224.846	659.239
Verbrauch abs. [Mio. Liter]	37.024	27.857	64.881

Tabelle 2.2: Inländerfahrleistungen und absoluter Kraftstoffverbrauch für das Bezugsjahr 2002.

	Otto	Diesel	Gesamt
Mehrverbrauch durch TFL [Mio l]			
Abblendlicht	578,6	238,7	817,3
Tagfahrleuchten (Glühlampen)	144,6	51,4	196,1
Tagfahrleuchten (LED)	57,9	20,6	78,4
Mehremissionen an CO₂ durch TFL [kt]			
Abblendlicht	1.372,2	631,2	2.003,5
Tagfahrleuchten (Glühlampen)	343,1	136,0	479,0
Tagfahrleuchten (LED)	137,2	54,4	191,6
Anteil an Gesamtverbrauch / -emiss.			
Abblendlicht	1,6%	0,9%	1,3%
Tagfahrleuchten (Glühlampen)	0,4%	0,2%	0,3%
Tagfahrleuchten (LED)	0,2%	0,1%	0,1%

Tabelle 2.3: Absoluter und relativer Kraftstoffmehrverbrauch durch Tagesfahrlicht sowie zugehörige CO₂-Emissionen (Bezugsjahr 2002)

Insgesamt liegt der Kraftstoffmehrerbrauch bei Verwendung von Abblendlicht bei 817 Mio. Litern. Bei LED-Tagfahrleuchten sind es lediglich 78 Mio. Liter. Bezogen auf den Gesamtverbrauch bewegt sich der Mehrverbrauch zwischen 1,3 % (Abblendlicht) und 0,1 % (LED). Für die relativen Mehremissionen von CO₂ gelten die gleichen Werte.

Unter den Annahmen, dass Bestand und Fahrleistungen der Fahrzeuge über die nächsten Jahre konstant bleiben, kann man ein Szenario für den Mehrverbrauch entwickeln, das auf dem Ersatz von Abblendlicht als Tagesfahrlicht durch Tagfahrleuchten mit Glühlampen beruht. Ausgehend von 0 % Ausrüstungsquote mit Tagfahrleuchten wird für die nächsten Jahre ein Ansteigen der Zahl Fahrzeuge, die mit speziellen Tagfahrleuchten (hier Glühlampen) ausgerüstet sind angenommen, bis die Quote nach 12 Jahren 100 % erreicht. Der Mehrverbrauch wäre dann von ca. 800 Mio. Liter auf ca. 200 Mio. Liter zurückgegangen (siehe Bild 2.3). Bei Einsatz von LED anstelle von Glühlampen läge der Mehrverbrauch noch deutlich niedriger (ca. 80 Mio. Liter).

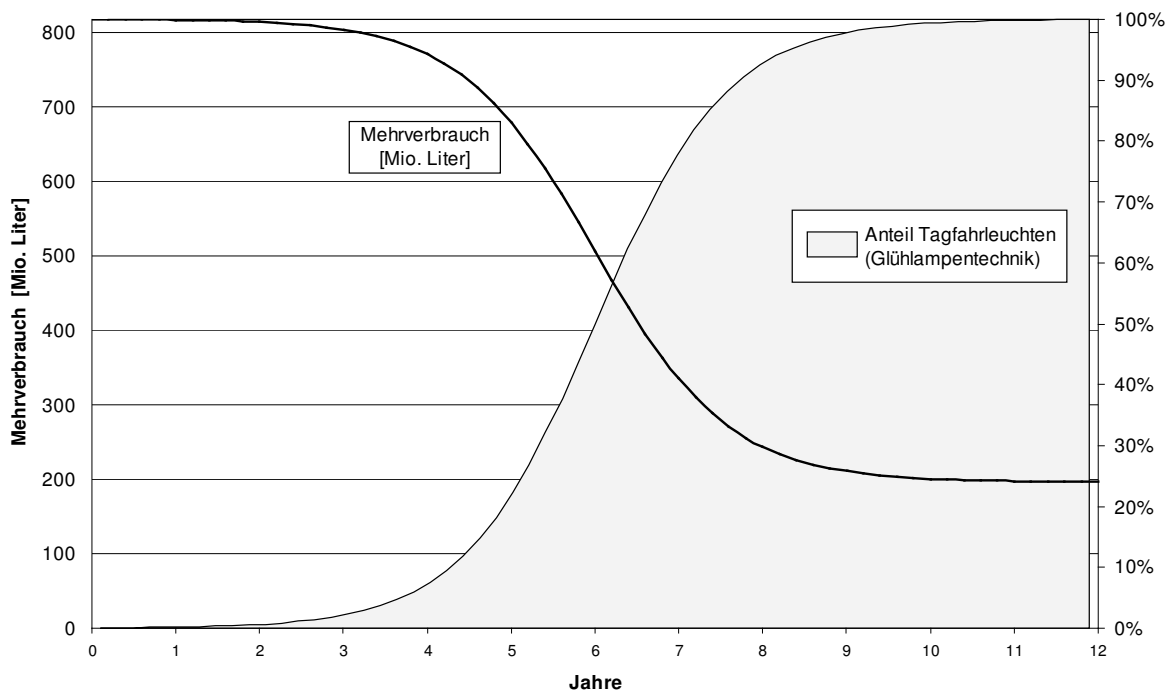


Bild 2.3: Jährlicher Kraftstoffmehrerbrauch in Deutschland durch das Fahren mit Licht am Tag in Abhängigkeit vom in der Fahrzeugflotte vorhandenen Anteil spezieller Tagfahrleuchten (Glühlampen).

3 Fahren mit Licht am Tag und Wahrnehmung

Der weitaus größte Teil an Informationen, die ein Verkehrsteilnehmer im Verkehr bekommt und auch verarbeiten muss, ist visueller Natur. Aufgrund dessen hat der Aspekt „Sehen und gesehen werden“ eine hohe Bedeutung.

Die Verarbeitung der visuellen Information und die am Ende erfolgende Reaktion muss damit beginnen, dass ein Objekt zunächst entdeckt wird. Ausgehend von der Entdeckung eines Objektes wird das Objekt klassifiziert bzw. identifiziert und dessen Bewegung bzw. das Verhalten bewertet. Erst danach erfolgt eine Entscheidung des Verkehrsteilnehmers, ob und wie er auf dieses Objekt reagieren muss (s. Bild 3.1).

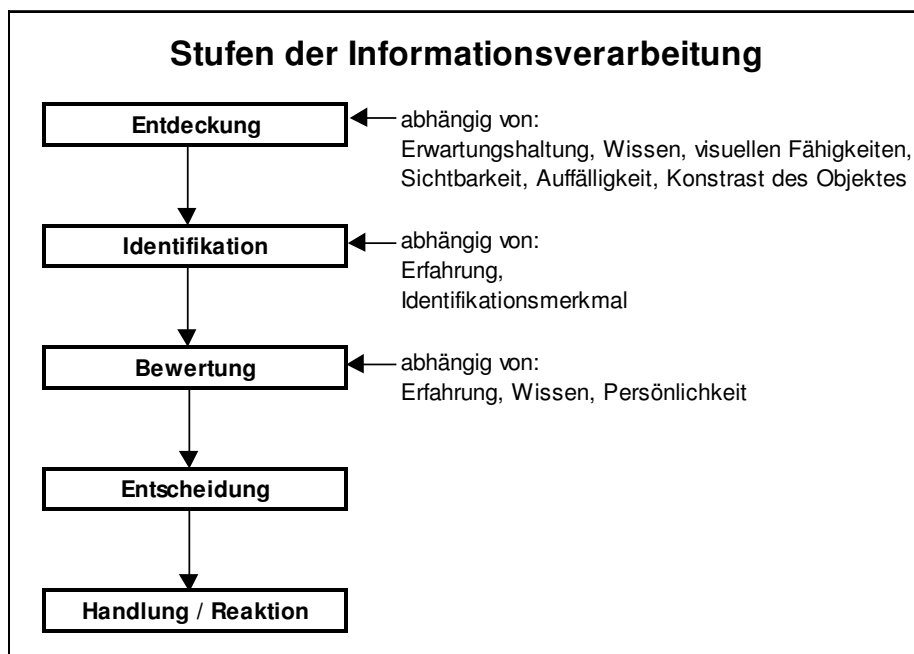


Bild 3.1: Stufen der Informationsverarbeitung

Im Straßenverkehr werden ständig neue visuelle Informationen an den Verkehrsteilnehmer herangetragen und ein möglichst schneller Ablauf der Informationsverarbeitung und damit eine kurze Reaktionszeit sind wünschenswert und notwendig, um Konfliktsituationen bis hin zu Unfällen zu vermeiden. Zur Verkürzung dieser Reaktionszeit muss daher ein möglichst störungsfreier Ablauf gewährleistet sein. Die einzelnen Stufen der Informationsverarbeitung sind dabei von verschiedenen Faktoren abhängig. Neben den Faktoren, die vom Verkehrsteilnehmer selbst herrühren, gibt es wichtige visuelle Faktoren, die direkt mit dem Objekt zusammenhängen. Durch das Fahren mit Licht am Tag kann durch die verbesserte Sichtbarkeit des Fahrzeugs die Reaktionszeit entscheidend verkürzt werden.

3.1 Entdeckung

Die Zeit bis zur Entdeckung eines Objektes ist unter anderem abhängig von seiner Sichtbarkeit und der Auffälligkeit unter anderen Objekten. Daneben spielt auch der Kontrast des Objektes im Vergleich zum Hintergrund eine Rolle. Je größer die Sichtbarkeit und Auffälligkeit des Objektes bzw. der Kontrast, desto kürzer wird die Zeitspanne bis zu seiner Entdeckung.

Bei festen Umgebungshelligkeiten wird die Sichtbarkeit eines Objektes unter anderem durch die Größe oder die Farbe erhöht. Problematisch ist jedoch der Kontrast des Objektes im Vergleich zum Hintergrund. Aufgrund von teilweise schnell wechselnden, verschiedenen oder komplexen Hintergründen (z.B. in Alleen) eignet sich die Farbe eines Fahrzeuges nur bedingt zur Erhöhung des Kontrastes. Das Fahren mit Licht am Tag ist dagegen in der Lage, den Kontrast auch vor verschiedenen Hintergründen ausreichend zu erhöhen.

Besonders in Situationen mit geringer Umgebungshelligkeit, in denen sich bei anderen Optionen der Kontrast verringert (Farbe), erhöht sich der Kontrast durch das Fahren mit Licht am Tag erheblich. Unter Umständen kann der Kontrast sich aber so stark erhöhen, dass bei bestimmten geringen Umgebungshelligkeiten eine Blendung des Verkehrsteilnehmers eintreten kann.

Entscheidend für die Zeit bis zur Entdeckung eines Objektes ist außerdem die Exzentrizität des Objektes, d.h. der Winkel zwischen dem Objekt und der Blickrichtung. Objekte in der zentralen Blickrichtung werden schneller und besser wahrgenommen als Objekte im Augenwinkel. Da das menschliche Auge im Augenwinkel (peripheres Sehen) Kontraste zwischen Hell und Dunkel besser wahrnehmen kann als farbliche Kontraste, wird auch in diesem Fall die Zeit bis zur Entdeckung des Objektes deutlich verringert, wenn das Objekt beleuchtet ist. Dies spielt unter anderem auch für Verkehrsteilnehmer eine Rolle, deren physische Fähigkeiten (z.B. aufgrund des Alters) eingeschränkt sind.

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Entdeckung ist die Erfahrung und die Erwartungshaltung, die ein Verkehrsteilnehmer in Bezug auf andere Objekte hat. Besonders bei Verkehrsteilnehmern mit mangelnder Verkehrserfahrung (Kinder, junge Fahrer) entstehen oft gefährliche Situationen durch die mangelnde, abgelenkte oder falsch gerichtete Aufmerksamkeit. Die Beleuchtung eines Fahrzeuges ist auch hier besser in der Lage, die Aufmerksamkeit auf das Objekt zu ziehen, auch wenn das Objekt überhaupt nicht oder nicht an der Position erwartet wurde.

3.2 Identifikation

Je homogener die Struktur einer Klasse von Objekten ist, desto weniger Merkmale werden benötigt, um ein Objekt dieser Klasse zu identifizieren. Das Fahren mit Licht am Tag kann daher dann zur Verkürzung der Identifikationszeit beitragen, wenn alle motorisierten Verkehrsteilnehmer mit Licht fahren.

Nur auf der Grundlage einer korrekten Identifikation (und damit der Unterscheidung von Objekten aus anderen Klassen) kann eine korrekte Bewertung der Bewegung bzw. des Verhaltens erfolgen. Eine bessere Unterscheidung von Objekten verschiedener Klassen ist vor allem dann sinnvoll, wenn die Klassen sich in Eigenschaften unterscheiden, die einen direkten Einfluss auf die Bewertung haben (z.B. ist das Fahrverhalten von motorisierten Zweirädern anders als das von Pkw).

Für eine bessere Unterscheidung zwischen motorisierten Zweirädern und mehrspurigen Kraftfahrzeugen sollten sich die Beleuchtungseinrichtungen möglichst unterscheiden (Verringerung der Möglichkeit einer Fehlklassifikation, s. Kapitel 9.3). Allerdings gibt es noch andere Merkmale wie z.B. eine völlig unterschiedliche Silhouette, aufgrund derer die beiden Gruppen unterschieden werden können.

4 Lichttechnische Aspekte

Ziel der lichttechnischen Analysen war, die Veränderung der Sichtbarkeit und Wahrnehmung beim Fahren mit Licht am Tag herauszuarbeiten. Auf der Basis der lichttechnischen Messung wurde die visuelle Wirkung und die Blendwirkung von Tagfahrleuchten im Vergleich zu Abblendlicht analysiert. Im Laufe des Projektes stellte sich heraus, dass dagegen die Auswirkungen auf das Unfallgeschehen (insbesondere der schwächeren und unbeleuchteten Verkehrsteilnehmer) durch lichttechnische Analysen nicht eindeutig festzustellen sind. Für eine solche Untersuchung müssten die im Verkehrssystem ablaufenden dynamischen Prozesse möglichst realitätsnah dargestellt werden. Einen dynamischen Prozess mit einer Komplexität, wie sie im Verkehrssystem existiert, nachzuempfinden, lag jedoch nicht in den Möglichkeiten des Projektes.

Blendwirkung von Tagfahrleuchten im Vergleich mit Abblendlicht

Um die Blendung des Gegenverkehrs zu vermeiden, wird die Beleuchtungsstärke von Abblendlicht in ECE-R 20 oberhalb der Hell-Dunkelgrenze in 25 m Entfernung vor der Leuchte auf maximal 0,7 Lux (bei Halogen- Abblendlicht) bzw. 1 Lux (bei Gasentladungslampen) begrenzt. Im Messpunkt B 50 L ist gemäß ECE-R 20 sogar nur eine Beleuchtungsstärke von maximal 0,4 Lux (Halogenlampen) bzw. 0,5 Lux (Gasentladungslampen) zulässig. Tagfahrleuchten gemäß ECE-R 87, für die keine spezielle Anforderung der Blendungsbegrenzung gilt, da sie nur bei Tag verwendet werden sollen, könnten bei der Lichtstärkeanforderung von 400 bis 800 cd in 25 m Entfernung eine Beleuchtungsstärke von 0,6 bis 1,3 Lux erzeugen.

Die lichttechnische Messung der Muster der Tagfahrleuchten zeigten am Messpunkt B 50 L Beleuchtungsstärken unter 1 Lux, wodurch bei Tag keine die Sicherheit beeinträchtigende Blendwirkung erzeugt wird. Da Tagfahrleuchten zukünftig mit einem Dämmerungsschalter kombiniert werden sollten, der bei einsetzender Dämmerung vom Tagfahrlicht auf das Abblendlicht umschaltet, ist nicht zu erwarten, dass der Gegenverkehr in bestimmten Situationen wie z. B. bei Tunneldurchfahrten geblendet werden könnte.

Visuelle Wirkung von Tagfahrleuchten und Abblendlicht

Mit einer kleinen Lichtaustrittsfläche ($A_{\min} = 40 \text{ cm}^2$) erzeugen Tagfahrleuchten grundsätzlich höhere mittlere Leuchtdichten auf dem Leuchtfeld als Abblendlicht-Scheinwerfer mit großen Lichtaustrittsflächen. Die Lichtaustrittsflächen von Abblendlicht-Scheinwerfersystemen werden – den Anforderungen an modernes Karosseriedesign folgend – jedoch zunehmend kleiner. Technisch ist ein Abblendlicht-Projektionsscheinwerfer mit 3 cm Durchmesser realisierbar. Diese Entwicklung führt dazu, dass die mittleren Leuchtdichten der Lichtaustrittsflächen von Tagfahrleuchten und Abblendlicht-Scheinwerfer ähnliche Werte annehmen können.

Visuelle Vorversuche mit Fahrzeugtypen, die mit serienmäßigen Tagfahrleuchten in Glühlampentechnik bzw. LED-Technik ausgerüstet waren, haben gezeigt, dass bei mittleren und hohen Umfeldleuchtdichten keine signifikanten Unterschiede bezüglich der visuellen Wirksamkeit bzw. Auffälligkeit zu anderen Fahrzeugen mit Abblendlicht festgestellt werden konnten. Nach diesem Ergebnis der Vorversuche wurde auf

weitere Laboruntersuchungen zum Unterschied zwischen Tagfahrleuchten und Abblendlicht verzichtet.

Erkennbarkeit bei fovealem und peripherem Sehen

Bei den Vorversuchen war auch deutlich zu beobachten, dass am Tag ein Fahrzeug mit Licht in großer Entfernung (etwa 2.500 m) gegen einen kontrastarmen Hintergrund besser erkannt werden kann als ein Fahrzeug ohne Licht unter sonst gleichen Bedingungen. Der besseren Erkennbarkeit in großer Entfernung kann jedoch im Hinblick auf ein potenzielles Unfallgeschehen keine wirkliche Bedeutung zugemessen werden, da während der weiteren Annäherung noch ausreichend Zeit für die Wahrnehmung des Fahrzeuges und für ein gegebenenfalls notwendig werdendes Fahrmanöver zur Verfügung steht. Insofern sind Untersuchungen zur Erkennbarkeit bei kleinem Sehwinkel (*foveales Sehen*), wie sie z. B. zur Verbesserung der Gestaltung von Verkehrszeichen sinnvoll sind, für die Beurteilung der Wirksamkeit des TFL nicht zielführend.

Aus dieser Betrachtung folgt die Überlegung, ob es sinnvoll wäre, Untersuchungen zur Wirksamkeit des TFL beim *peripheren Sehen* anzustellen. So wäre zu prüfen, ob z. B. ein überholendes Fahrzeug mit Licht im Rückspiegel schneller wahrgenommen wird als ein Fahrzeug ohne Licht oder ob ein spielendes Kind, das seinem auf die Straße rollenden Ball nachläuft, ein vorbeifahrendes Fahrzeug mit Licht eher wahrnimmt. Eine derartige Untersuchung war bei der Konzeption des Projekts aufgrund des erheblichen Aufwandes an Personal und Sachmitteln nicht geplant.

Bei einer durchgängigen Nutzung des Fahrens mit Licht am Tag ist neben einer besseren Erkennbarkeit von Fahrzeugen in großer Entfernung auch eine Unterscheidung zwischen geparkten und fahrenden Fahrzeugen möglich. Dies gibt dem Kraftfahrer eine zusätzliche Information.

Fazit

Abblendlicht und Tagfahrleuchten gemäß ECE-R 87 können bezüglich der visuellen Wirksamkeit als gleichwertig erachtet werden. Tagfahrleuchten gemäß ECE-R 87 erfüllen ihre Funktion jedoch bei einer deutlich geringeren elektrischen Leistungsaufnahme, da bei Abblendlicht nur etwa 10 % des von der Lampe erzeugten Lichtstromes für die Funktion „Gesehen werden“ genutzt wird. Durch Tagfahrleuchten gemäß ECE-R 87 wird keine die Sicherheit gefährdende Blendwirkung erzeugt.

Es wurde durch Versuche nachgewiesen, dass eine Tagfahrleuchte gemäß ECE-R 87 mit der gegenwärtig verfügbaren LED-Technik mit einer geringen Leistungsaufnahme realisiert werden kann (550 cd bei ca. 5 Watt). Unter Berücksichtigung des Entwicklungspotenzials für die LED-Technik ist zu erwarten, dass sich die Leistungsaufnahme weiter reduzieren lässt. Tagfahrleuchten gemäß ECE-R 87 in LED-Technik lassen sich deshalb als die „technisch sauberste“ Lösung beschreiben, die aufgrund der geringen Leistungsaufnahme bei gleichzeitiger langer Lebensdauer der Lichtquelle eine geringe Umweltbelastung erzielt.

5 Rechtliche Varianten zum Fahren mit Licht am Tag

Generell kann zunächst unterschieden werden zwischen einer *Empfehlung* oder einer *Vorschrift* zum Fahren mit Licht am Tag. In der Praxis werden Empfehlungen jedoch bisher kaum angewandt. Lediglich in der Schweiz gilt seit 2002 eine Empfehlung zum Fahren mit Licht am Tag (s. auch Kapitel 6).

Eine *Vorschrift* zum Fahren mit Licht am Tag wiederum kann *technischer* oder *verhaltensorientierter Art* sein.

Unter einer verhaltensorientierten *Vorschrift* ist die an den Fahrzeugführer gerichtete Pflicht zum Einschalten des Fahrlichtes während des Tages zu verstehen. Im Gegensatz hierzu kann sich die technische *Vorschrift* entweder an den Fahrzeughersteller wenden (Pflicht zum Einbau spezieller Tagfahrleuchten oder Schaltungen durch den Hersteller), ebenso aber auch an den Fahrzeugführer, zum Beispiel durch eine Pflicht zur Nachrüstung von Fahrzeugen mit Tagfahrleuchten, einem Dämmerungsschalter oder einem Schalter, der das Fahrlicht beim Einschalten der Zündung automatisch einschaltet.

Bei einer verhaltensorientierten *Vorschrift* kann noch zwischen einer generellen und einer eingeschränkten *Vorschrift* unterschieden werden. Die Einschränkung kann hierbei örtlicher oder zeitlicher Art sein oder sich auf bestimmte Verkehrsteilnehmergruppen beschränken. Die Möglichkeit der Beschränkung auf bestimmte örtliche oder saisonale Gegebenheiten ist bei der Variante einer technischen *Vorschrift* nicht zweckmäßig.

Bei den in den Ländern der EU praktizierten rechtlichen *Vorschriften* handelt es sich ausnahmslos um verhaltensorientierte Maßnahmen, die zum Teil örtlich (nur außerhalb) bzw. zeitlich (nur im Winter) beschränkt sind (s. Kapitel 6). Kanada ist derzeit das einzige Land, welches eine technische *Vorschrift* zum Einbau von speziellen Tagfahrleuchten bzw. einer Einschaltautomatik hat, nachdem die *Vorschrift* einer automatischen Schaltung zum Fahren mit Licht am Tag in Norwegen 1994 in eine verhaltensorientierte *Vorschrift* zum Fahren mit Licht am Tag umgewandelt wurde.

6 Stand Europa zu TFL

Die geltenden Regelungen zum Fahren mit Licht am Tag sind in den einzelnen Ländern Europas derzeit noch unterschiedlich.

In 13 von 25 der EU-Mitgliedstaaten gibt es zur Zeit eine gesetzliche Regelung zum Fahren mit Licht am Tag für alle Fahrzeuge - in fast der Hälfte der EU-Mitgliedstaaten gibt es noch keine Regelung für alle Fahrzeuge, jedoch teilweise Regelungen für motorisierte Zweiräder. Darüber hinaus haben vier weitere europäische Länder das Fahren mit Licht am Tag gesetzlich geregelt.

Bei allen bestehenden Regelungen handelt es sich um verhaltensorientierte Maßnahmen, die den Fahrer dazu verpflichten, unter bestimmten Bedingungen die Fahrzeugbeleuchtung einzuschalten. Eine technische Regelung zur Ausstattung von Fahrzeugen mit speziellen Tagfahrleuchten bzw. einer Einschaltautomatik, wie sie in Kanada besteht, gibt es in Europa nicht.

Die Maßnahmen unterscheiden sich lediglich in den zeitlichen und örtlichen Einschränkungen. Drei Länder verpflichten Fahrer nur außerorts zum Fahren mit Licht am Tag (Italien, Ungarn, Portugal sogar nur auf der IP5 von Vilar Formoso nach Aveiro) während in 14 weiteren Ländern das Fahren mit Licht am Tag auf allen Straßen vorgeschrieben ist. Vier dieser Länder schreiben das Fahren mit Licht am Tag jedoch nur saisonal begrenzt im Winterhalbjahr vor. Eine Übersicht über die Regelungen zum Fahren mit Licht am Tag in den einzelnen Ländern gibt Bild 6.1.

Bis auf die Schweiz, in der das Fahren mit Licht am Tag derzeit als Empfehlung gehandhabt wird, haben alle Länder ein Bußgeld bei einem Regelverstoß festgelegt. Die Höhe der Bußgelder bewegt sich zwischen 12 und 180 Euro [1].

Eine Europa-weite internationale Regelung zum Fahren mit Licht am Tag bzw. eine Verpflichtung der Fahrzeughersteller zur Ausrüstung von neuen Kraftfahrzeugen mit Tagesfahrlicht wird durch die EU-Kommission derzeit (noch) nicht empfohlen – unter anderem aufgrund der Skepsis einzelner Mitgliedstaaten (insbesondere in Bezug auf den Energieverbrauch).

Um den bestehenden Forschungsbedarf zum Fahren mit Licht am Tag zu decken, wurde von der Europäischen Kommission daher ein Forschungsprojekt³ ausgeschrieben. Neben der Effektivität der Maßnahme in Bezug auf die Unfallreduktion und die Auswirkungen auf ungeschützte Verkehrsteilnehmer sollten die Auswirkungen auf die Unfallreduktion und die Reduktion der Verletzungsschwere bei Motorradfahrern betrachtet werden. Die Ergebnisse dieses Projektes wurden Ende 2003 in Brüssel im Rahmen eines Workshops vorgestellt⁴ ([15], [23], [24], [29]).

Schweiz

Mit Beginn des Jahres 2002 wurde das Fahren mit Licht am Tag in der Schweiz als Empfehlung eingeführt. Mittelfristig wird darüber nachgedacht, auf technischer Ebene die ECE-R 48 so abzuändern, dass bei eingeschalteter Zündung Tagfahrleuchten dauernd in Funktion sind. Die Einführung der Empfehlung zum Fahren mit Licht am Tag wurde durch eine Gemeinschaftskampagne der Schweizerischen

³ EU-Projekt „Daytime Running Lights“, (ETU/B27020 B-E3-2002-DRL-S07.18830 bzw. TREN/E3/27-2002). Bericht der BAST an S32 vom 23.05.2003 zum Erlass BMVBW S32/36.42.17 vom 09.05.2003

⁴ Bericht der BAST an S30/32/34 vom 04.12.2003; Bericht der BAST an S30/32 vom 30.04.2004 zum Erlass BMVBW S32/36.42.17/14 BAST 2004 vom 15.04.2004

Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu) und anderen Institutionen vorbereitet und begleitet.

Die vorläufige Analyse der Unfallzahlen durch die bfu hat einen stärkeren Rückgang der Schwerverletzten- und Getötetenanzahlen bei den durch Tagesfahrlicht beeinflussbaren Unfällen ergeben – im Vergleich zu Unfällen, die durch das Fahren mit Licht am Tag nicht beeinflusst werden können. Der Reduktionseffekt liegt bei knapp 3%, ist aber nicht signifikant. Signifikante Rückgänge ergaben sich bei den schwerverletzten und getöteten Radfahrern und Pkw-Insassen (ca. -16%; -17%).

Insgesamt zieht die bfu den Schluss, dass ein positiver Effekt nicht von der Hand zu weisen ist, auch wenn die Ergebnisse der vorläufigen Analyse nur Hinweise und keine definitiven Aussagen liefern können – aufgrund des zu kurzen Untersuchungszeitraums und des damit verbundenen geringen Datenvolumens.

Die bfu befürwortet daher weiterhin eine Lichtpflicht und empfiehlt eine technische Lösung (Lichteinschaltautomatik) für neue Fahrzeuge.

Italien

In Italien wurde ab August 2002 eine Pflicht zum Fahren mit Licht am Tag eingeführt. Für mehrspurige Fahrzeuge bezieht sich diese Pflicht auf alle Außerortsstraßen, für motorisierte Zweiräder auf alle Straßen. Nach Artikel 152 und 153 des „Nuovo Codice della Strada“ wird die Einschaltung der rückwärtigen Beleuchtung, des Abblendlichtes und der Nummernschildbeleuchtung vorgeschrieben. Die Nutzung von speziellen Tagfahrleuchten ist jedoch alternativ auch erlaubt.

Kenntnisse über die Entwicklung der Unfallanzahlen liegen noch nicht vor. Allerdings wird berichtet, dass sich die Akzeptanz unter den italienischen Fahrern positiv entwickelt hat.

Österreich

Im österreichischen Verkehrssicherheitsprogramm (2002 – 2010) wird die Möglichkeit einer mittelfristigen Einführung einer Pflicht zum Fahren mit Licht am Tag (außerorts im Winter) erwähnt. Langfristig soll die ECE-R 87 umgesetzt werden.

Laut einer Pressemitteilung des Kuratoriums für Verkehrssicherheit sollte im Februar 2005 eine Novelle des Kraftfahrzeuggesetzes in Begutachtung geschickt werden. Über die weitere Entwicklung ist derzeit jedoch nichts bekannt.

Frankreich

In Frankreich läuft derzeit ein nationaler Großversuch zum Fahren mit Licht am Tag. Nach den positiven Ergebnissen einer regional beschränkten Kampagne [66] wurde im letzten Winter (November 2004 – März 2005) das Fahren mit Licht am Tag auf allen Außerortsstraßen in Frankreich empfohlen.

Während der Kampagne soll das Einschaltverhalten der Fahrer beobachtet werden und eine konstante Überwachung der Unfallzahlen stattfinden, um negative Effekte direkt feststellen zu können. Neben der Öffentlichkeitsarbeit, die die Kampagne begleitet hat, sollen außerdem zwei Umfragen unter den Verkehrsteilnehmern durchgeführt werden. Nach dem Auslaufen der Kampagne soll eine detaillierte Unfallanalyse durchgeführt werden.

Auf der Basis der Ergebnisse soll dann entschieden werden, ob

- die Empfehlung für Außerortsstraßen beibehalten
- die Kampagne auf alle Straßen ausgeweitet
- das Fahren mit Licht am Tag zur Pflicht
- die Maßnahme aufgegeben

wird.

Das Experten-Komitee des *Conseil National de la Sécurité Routière* sieht ein Problem in der Akzeptanz der Maßnahme durch eine Minderheit von Verkehrsteilnehmern und schlägt eine regionale und saisonale stufenweise Einführung vor. Eine Umwandlung der Empfehlung in eine Pflicht soll erst nach einer deutlichen Steigerung der Lichteinschaltquoten erfolgen. Darüber hinaus soll über den Einbau spezieller Tagfahrleuchten nachgedacht werden [20].

Zum Zeitpunkt der Berichterstellung lagen der BASt keine Ergebnisse aus Frankreich vor. Mit ersten Ergebnissen der Unfallanalyse wird im Frühsommer 2005 gerechnet.

In Frankreich ist – genau wie in Deutschland – das Fahren mit Licht am Tag für Motorräder schon seit einiger Zeit vorgeschrieben. Aufgrund dessen können die Ergebnisse des französischen Großversuchs Anhaltspunkte für die Veränderung des Unfallgeschehens mit Motorrädern für den deutschen Fall liefern.

Jedoch ist eine Analyse der französischen Daten schwierig, weil in den letzten Jahren eine Reihe anderer Verkehrssicherheitsmaßnahmen eingeführt wurden, die einen sehr positiven Effekt auf die Verkehrssicherheit auf Frankreichs Straßen hatten. Den Effekt des Tagesfahrlichts von diesen Effekten zu trennen, ist voraussichtlich nicht eindeutig möglich.



Bild 6.1: Regelungen zum Fahren mit Licht am Tag für alle Kraftfahrzeuge in Europa

7 Lichteinschaltquoten / Durchmischungsgrad

Unter dem Durchmischungsgrad wird in diesem Bericht der Anteil der Fahrzeuge (bezogen auf eine Basis) verstanden, die bei Tageslicht mit Beleuchtung fahren. Da in Deutschland die Ausstattung mit speziellen Tagfahrleuchten derzeit noch mit nahe 0% angesetzt werden kann, handelt es sich beim Durchmischungsgrad in diesem Fall daher um den Anteil der Fahrzeuge, die mit dem normalen Fahrlicht (Abblendlicht) unterwegs sind.

Der Durchmischungsgrad (derzeitiger Stand und Entwicklung) stellt eine wichtige Basis zur Abschätzung der Auswirkungen des Fahrens mit Licht am Tag dar, und wird daher zunächst aufgrund von Zahlenmaterial aus Deutschland und dem Ausland eingeschätzt.

Es kann angenommen werden, dass sich in den nächsten Jahren die Ausstattung des Fahrzeugbestandes mit speziellen Tagfahrleuchten erhöhen wird (Durchdringungsgrad). Solche Leuchten werden derzeit erst von wenigen Herstellern serienmäßig oder optional angeboten. Da diverse Autohersteller für den amerikanischen und skandinavischen Markt Fahrzeuge schon serienmäßig mit Tagfahrleuchten ausstatten, kann bei Einführung einer rechtlichen Vorschrift zum Einbau dieser Leuchten jedoch mit einem schnellen Anstieg des Durchdringungsgrades gerechnet werden.

7.1 Lichteinschaltquoten in Deutschland

In Deutschland gibt es derzeit keine speziell auf diese Thematik ausgerichtete bundesweite Erfassung der Lichteinschaltquoten.

Im Rahmen einer kontinuierlichen Erhebung der BAST zur Sicherung durch Gurte, Helme und andere Schutzsysteme, die im halbjährlichen Turnus in sechs Stichprobengebieten in Deutschland stattfindet, werden jedoch zusätzliche Daten zu den Lichteinschaltquoten nach Ortslage getrennt erhoben.

Grundsätzlich ist zu beachten, dass dieses Projekt primär für die Erfassung von Gurtanlagequoten konzipiert wurde und die Stichprobe daher nicht optimal für die Erhebung von Lichteinschaltquoten ist. Um eine Kontinuität der Informationen über mehrere Jahre zu gewährleisten, wurde für die seit 1993 zusätzlichen Erhebungen zu den Lichteinschaltquoten keine Anpassung im Stichprobendesign vorgenommen.

Zusätzlich eingeführt wurde neben der Erfassung der Beleuchtung als weitere Variable lediglich die Bestimmung der Umgebungshelligkeit mit Hilfe eines Luxmeters. Zahlen für die Umgebungshelligkeitsklassen sind ab 1998 im Zeitverlauf vergleichbar, da in diesem Jahr die Methodik zur Erfassung der Lux-Werte geändert wurde. Rückschlüsse auf die vorliegenden Witterungsverhältnisse, die für die Lichteinschaltquoten ebenfalls von Bedeutung sind, sind aufgrund dieser Angaben nicht möglich.

Aufgrund der zeitlichen und örtlichen Beschränkung der Stichprobe auf sechs Regionen und vier Tage pro Ortslage (BAB, Landstrassen, innerorts) und Jahr wirkt sich eine Abhängigkeit von der nicht kontrollierten Variable „Witterungsverhältnisse“ der ausgewählten Tage bedeutend auf die Ergebnisse der Erhebung aus.

Darüber hinaus werden in der Erhebung nur Pkw erfasst. Güterkraftfahrzeuge und motorisierte Zweiräder werden nicht erfasst. Daher kann das vorliegende

Zahlenmaterial lediglich als Anhaltspunkt für die Lichteinschaltquoten für Pkw in Deutschland dienen.

Die nachfolgende Graphik stellt die über alle sechs Erhebungsregionen gemittelten Beleuchtungsquoten der Fahrzeuge in der Stichprobe in den Jahren 1998 bis 2002 getrennt nach Ortslage und Umgebungshelligkeitsklassen dar. Für jede Ortslage kann in jeder Umgebungshelligkeitsklasse das Minimum, das Maximum und der Median⁵ der 5 Jahre abgelesen werden (Minimum = unteres Balken-Ende, Maximum = oberes Balken-Ende, Median = Querbalken).

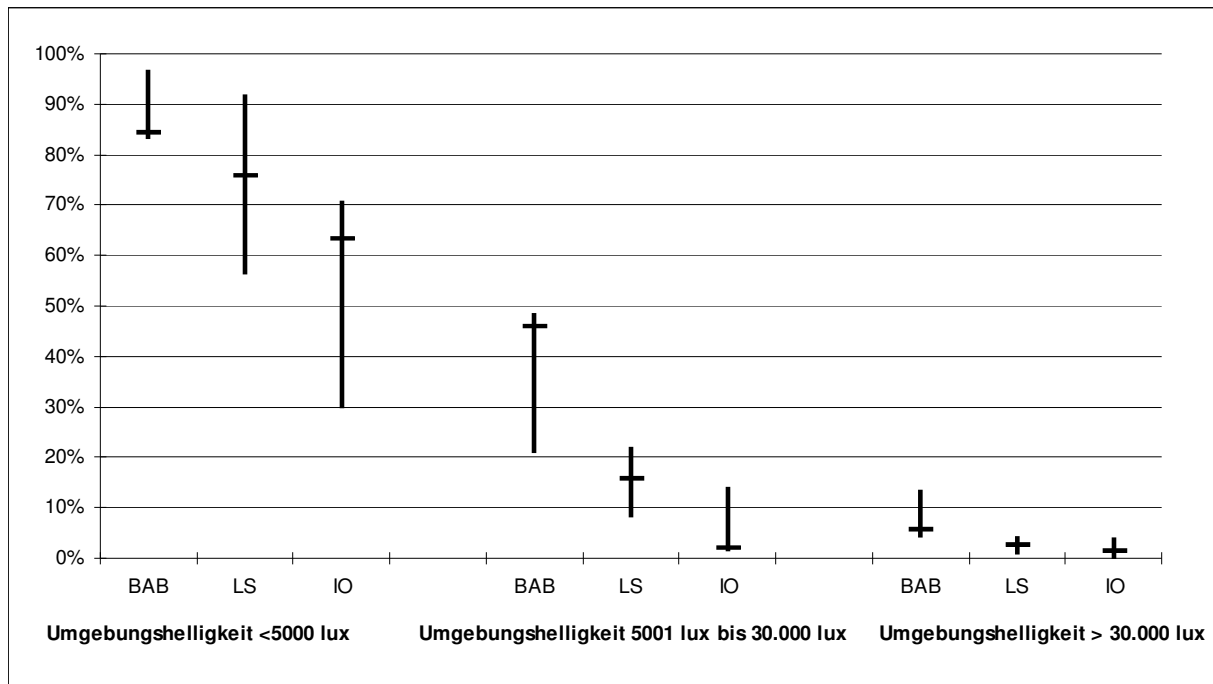


Bild 7.1: Stichprobenergebnisse der Lichteinschaltquoten nach Ortslage und Umgebungshelligkeit (Minimum, Maximum, Median der Jahre 1998 - 2002)

Neben der deutlichen Abhängigkeit der Lichteinschaltquoten von der Umgebungshelligkeit ist eine klare Abhängigkeit von der Ortslage zu erkennen. Die Lichteinschaltquoten auf Autobahnen liegen im Mittel über denen der Landstraßen. Innerorts sind die Lichteinschaltquoten noch geringer.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass für Deutschland von einem Durchmischungsgrad deutlich über Null ausgegangen werden muss. Aufgrund des Stichprobendesigns und der fehlenden Information zu Fahrleistungen von Pkw in Abhängigkeit von der Ortslage und der Umgebungshelligkeit ist eine Berechnung einer mittleren Lichteinschaltquote aufgrund dieser Daten für Deutschland jedoch nicht möglich.

7.2 Lichteinschaltquoten in der Schweiz

Seit der Einführung der Empfehlung zum Fahren mit Licht im Januar 2002 und dem Beginn der Kampagne „Motor an, Licht ein!“ haben sich die Lichteinschaltquoten in der Schweiz erhöht. Zum Vergleich mit Deutschland eignen sich Zahlen aus der Erhebung zu den Lichteinschaltquoten von 2001 vor Beginn der Kampagne und

⁵ hier: Der mittlere Wert (zwei Jahreswerte liegen darunter, zwei Jahreswerte darüber)

Einführung der Empfehlung. Die Lichteinschaltquoten aus dem Jahr 2001 liegen nur für schöne Witterungsverhältnisse (hell, sonnig, trocken) vor, für die Jahre 2002 und 2003 dagegen zusätzlich für alle Witterungsverhältnisse.

Im Jahr 2001 lag die Lichteinschaltquote bei schöner Witterung auf allen Strassen der Schweiz für Pkw bei 12%, für Lkw bei 6% (s. Tab. 7.1). Es ist davon auszugehen, dass bei schlechter Witterung die Einschaltquote deutlich höher liegt. Unter weiteren Annahmen zur Entwicklung der Einschaltquoten kann daher von einer Lichteinschaltquote von ca. 20% für Pkw bzw. 14% für Lkw bei jeder Witterung ausgegangen werden (s. Anhang 3).

	innerorts	außerorts	Autobahn	Total
Pkw	10	7	24	12
Lkw / Busse	7	3	12	6
Motorräder	75	78	-	78
Mofas	50	60	-	52
Total	20	14	26	18

Tabelle 7.1: Lichteinschaltquoten für alle Motorfahrzeuge in der Schweiz bei schöner Witterung (hell und sonnig), 2001

Nach Einführung der Empfehlung zum Fahren mit Licht am Tag haben sich die Lichteinschaltquoten bei schönem Wetter deutlich erhöht (s. Tab. 7.2), jedoch nicht bei Regen. Die Lichteinschaltquoten für Motorräder liegen im Jahr 2004 unabhängig von der Witterung bei über 90%. Besonders für die mehrspurigen Fahrzeuge ist nach einer anfänglichen deutlichen Steigerung für das Jahr 2004 eine Stagnation der Lichteinschaltquoten eingetreten.

	Regen			schöne Witterung			
	2002	2003	2004	2001	2002	2003	2004
Pkw	94	76	86	12	25	39	39
Lkw / Busse	92	91	85	6	26	45	54
Motorräder	100	-	100	78	87	91	92
Mofas	-	-	100	52	50	59	72
Total	94	76	87	18	35	47	49

Tabelle 7.2: Lichteinschaltquoten für alle Motorfahrzeuge in der Schweiz, 2001 - 2004

7.3 Lichteinschaltquoten in Österreich

Laut einer Erhebung der Lichteinschaltquoten durch das Kuratorium für Verkehrssicherheit in den Jahren 2003 und 2004 liegt die Lichteinschaltquote für Pkw im Jahr 2004 bei mehr als 50%. Ebenso wie in der Schweiz wurde bei schlechtem Wetter deutlich höhere Lichteinschaltquoten festgestellt als bei gutem Wetter. Im Vergleich der Quoten zwischen schönem Wetter, Regen und Nebel, erreichen die Lichteinschaltquoten bei Nebel den höchsten Wert. Daneben wird außerdem eine höhere Lichteinschaltquote auf Autobahnen festgestellt.

7.4 Schätzung der Lichteinschaltquoten für Deutschland

In der Literatur wird häufig von Lichteinschaltquoten von etwa 10% für mehrspurige Fahrzeuge ausgegangen unter der Annahme, dass es keine Vorschriften zum Fahren mit Licht am Tag gibt. Aufgrund der Ergebnisse aus der Schweiz, Österreich und den vorliegenden Lichteinschaltquoten aus Deutschland kann davon ausgegangen werden, dass es sich für Deutschland hier um eine Untergrenze handelt. Für weitere Berechnungen werden daher mittlere Lichteinschaltquoten von 15% für Deutschland angesetzt.

Die Ergebnisse aus der Schweiz liefern Hinweise darauf, dass mit einer Empfehlung ohne Buß- oder Verwarngeld zwar eine Erhöhung der Einschaltquoten erreicht werden kann, diese jedoch zumindest für mehrspurige Fahrzeuge nicht annähernd 100% erreichen. Um entsprechend hohe Lichteinschaltquoten zu erreichen, müsste eine Vorschrift mit entsprechenden Sanktionen eingeführt werden.

8 Potenzialabgrenzung

Um eine Vorstellung von der Größenordnung der Unfallzahlen zu erhalten, auf die das Fahren mit Licht am Tag prinzipiell eine Auswirkung haben könnte, werden die polizeilich erfassten Unfälle der Bundesrepublik Deutschland untersucht. Hierzu werden die Daten der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik verwendet, die der BASt jährlich von den statistischen Landesämtern zu Zwecken der Forschung zur Verfügung gestellt werden. Es wird eine Klassifikation der Unfalldaten in relevante und nicht relevante Teilkollektive in Bezug auf das Fahren mit Licht am Tag vorgenommen.

Im Anschluss an die Klassifikation erfolgt eine separate Betrachtung und Analyse der einzelnen Teilkollektive zur Abschätzung der Auswirkungen des Fahrens mit Licht am Tag. Das Augenmerk wird dabei besonders auf die Verkehrsteilnehmergruppen gelegt, für die durch das Fahren mit Licht für alle Kraftfahrzeuge keine erhöhte Sicherheit erreicht wird, d.h. Motorradfahrer, die bereits jetzt mit Licht am Tag fahren, und nicht motorisierte Verkehrsteilnehmer (Fußgänger, Fahrradfahrer).

8.1 Methode

Bei der Klassifikation handelt es sich um eine hierarchische Segmentierung in 2 bis n disjunkte Untergruppen pro Stufe. Basis der Klassifikation bilden die Unfälle mit Personenschaden in Deutschland. Die Einstufung in relevante und nicht relevante Teilkollektive wird anhand der in der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik vorliegenden Merkmale durchgeführt.

Es werden nur die Unfälle als nicht relevant eingestuft, für die aufgrund ihrer Merkmalsausprägungen ein Einfluss durch das Fahren mit Licht am Tag praktisch ausgeschlossen werden kann. Unfälle mit Ausprägungen, bei denen eine Beeinflussung des Unfallgeschehens durch das Fahren mit Licht am Tag nicht mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann, verbleiben zunächst im Teilkollektiv der (möglicherweise) relevanten Unfälle.

Konvention:

Unfälle, die als nicht relevant eingestuft werden, werden im Folgenden zur besseren Lesbarkeit als „nicht relevante Unfälle“ oder „Unfälle in nicht relevanten Situationen“ bezeichnet. Unfälle, bei denen eine Beeinflussung nicht ausgeschlossen werden kann, werden als „TFL-relevant“ oder „relevant“ bezeichnet. Dabei sollte beachtet werden, dass es sich nur um eine mögliche Relevanz handelt.

Die Klassifikation in die relevanten Teilkollektive besteht aus den fünf folgenden Stufen:

1. Stufe: Separierung der Unfälle nach Lichtverhältnissen

Ein vom Polizeibeamten vor Ort erfasstes Merkmal der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik sind die Lichtverhältnisse zum Unfallzeitpunkt. Sie werden nach Einschätzung des Polizeibeamten mit „Tageslicht“, „Dämmerung“ oder „Dunkelheit“ angegeben.

Unfälle bei Dunkelheit werden als nicht relevant eingestuft. Unfälle bei Tag und bei Dämmerung werden als relevant eingestuft, jedoch als zwei verschiedene Untergruppen behandelt, da sie sich aufgrund ihrer Struktur in Bezug auf das Fahren mit Licht am Tag unterscheiden. Bei Unfällen während der Dämmerung muss wegen der veränderten Lichtverhältnisse und einem höheren Durchmischungsgrad von einem anderen Wirkungspotenzial des Tagesfahrlichts ausgegangen werden. Zusätzlich können für diese Gruppe andere Rahmenbedingungen angenommen werden als für die Gruppe der Unfälle bei Tag – wie zum Beispiel bei Einführung eines Dämmerungsschalters.

2. Stufe: Separierung der Unfälle nach der Anzahl der Beteiligten

Die Unfälle werden in drei Gruppen aufgeteilt: Unfälle mit einem Beteiligten (Alleinunfälle), Unfälle mit zwei Beteiligten und Unfälle mit mehr als zwei Beteiligten.

Die Gruppe der Alleinunfälle zählt nicht zu den relevanten Teilkollektiven, da Tagesfahrlicht die Sichtbarkeit des Fahrzeuges nur für die anderen Verkehrsteilnehmer erhöht. Alleinunfälle werden aber weder durch einen Konflikt mit einem anderen Verkehrsteilnehmer ausgelöst noch sind andere Verkehrsteilnehmer betroffen. Unfälle mit zwei oder mehr Beteiligten werden dagegen als relevant eingestuft.

Zur besseren Trennung nach Verkehrsteilnehmergruppen und aufgrund der klaren Struktur und dem großen Anteil der Unfälle mit zwei Beteiligten werden sie ebenfalls getrennt betrachtet. Die für Unfälle mit zwei Beteiligten vorliegenden Erkenntnisse werden später auf die entsprechenden Unfälle mit mehr als zwei Beteiligten übertragen.

3. Stufe: Separierung der Unfälle nach der Art der Verkehrsbeteiligung

In der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik wird für jeden Beteiligten die Art der Verkehrsbeteiligung erfasst. Dementsprechend können auch die Unfälle nach Unfällen unter Beteiligung einer bestimmten Verkehrsteilnehmergruppe unterschieden werden.

Unterteilt wird nach folgenden Verkehrsteilnehmergruppen:

- 1) mehrspurige Kraftfahrzeuge, für die bisher keine Regelung zum Fahren mit Licht am Tag besteht, die aber unter eine solche Regelung fallen würden (Pkw, Busse, Lkw, Sattelfahrzeuge, Zugmaschinen)
- 2) Motorräder, für die bereits eine Regelung zum Fahren mit Licht besteht
- 3) Mofas und Mopeds
- 4) Fahrradfahrer
- 5) Fußgänger
- 6) sonstige und unbekannte Verkehrsteilnehmer, Schienenfahrzeuge

Als nicht relevant eingestuft werden alle Unfälle, bei denen eine veränderte Situation in Bezug auf das Fahren mit Licht am Tag nicht vorkommt (vgl. Bild 8.1). Dies sind solche Unfälle, bei denen kein Kraftfahrzeug beteiligt war, welches unter die Pflicht zum Fahren mit Licht am Tag fallen würde (Verkehrsteilnehmergruppe 1).

Alle anderen Unfälle mit zwei Beteiligten werden unterteilt nach Unfällen mit zwei Beteiligten der Gruppe 1 bzw. jeweils einem Beteiligten der Gruppe 1 und einem anderen Beteiligten einer anderen Gruppe (insgesamt sechs Gruppen).

Unfälle mit mehr als zwei Beteiligten werden in zwei Gruppen unterteilt nach reinen Unfällen mit Beteiligten der Gruppe 1 bzw. Unfällen, bei denen mindestens ein Beteiligter der Gruppe 1 und ein Beteiligter einer anderen Gruppe beteiligt waren.

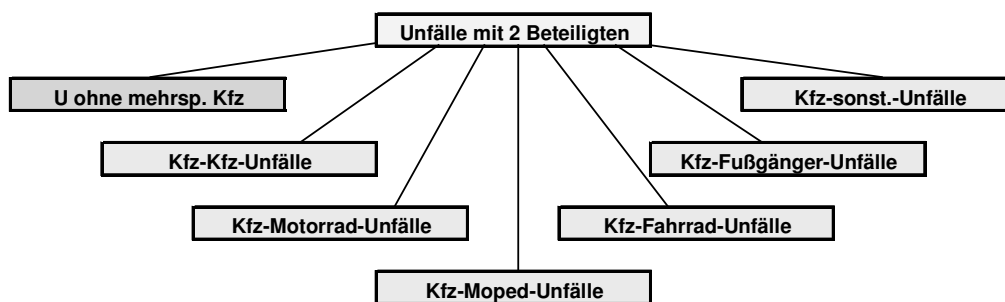


Bild 8.1: Separierung nach Verkehrsbeteiligung, Teilbaum

Konvention:

Im Folgenden wird zur besseren Lesbarkeit (besonders in Graphiken und Tabellen) die Abkürzung „Kfz“ für die in dieser Separierungsstufe unter 1) aufgeführten Fahrzeuge verwendet.

4. Stufe: Separierung der Unfälle nach Unfallursachen

In der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik werden pro Unfall für den Hauptverursacher und einen weiteren Beteiligten bis zu drei Ursachen erfasst (personenbezogene Ursachen). Daneben werden bis zu zwei allgemeine Ursachen erfasst, die dem Unfall zugeordnet werden.

Unfälle, die allein auf Ursachen beruhen, auf die das Fahren mit Licht am Tag keinerlei Einfluss ausüben kann (z.B. technische Mängel des Fahrzeuges), werden als nicht relevant eingestuft. Eine Übersicht über die als nicht relevant eingestuft Ursachen befindet sich in Anhang 3.

5. Stufe: Separierung spezieller Unfalltypen und –arten

Als nicht relevant eingestuft werden insbesondere

- Auffahrunfälle (Unfall im Längsverkehr, bei dem ein Zusammenstoß mit einem anderen Fahrzeug, das vorausfährt oder wartet, stattgefunden hat), nur wenn die Ursachen in der Verkehrstüchtigkeit des Fahrers oder der nicht angepassten Geschwindigkeit liegen
- Unfälle zwischen einem Kraftfahrzeug und ruhendem Verkehr

8.2 Ergebnisse

In Bild 8.2 sind die Ergebnisse der Klassifikation zusammenfassend dargestellt. Die Darstellung enthält jeweils die Unfälle mit Personenschaden U(P) für das Jahr 2002, die entsprechend des o.g. Verfahrens als relevant (bei Tag und bei Dämmerung) oder nicht relevant eingestuft werden, ebenso wie die dabei Verunglückten (Getötete und Verletzte) und Getöteten. Die detaillierte Klassifikationsstruktur befindet sich in Anhang 4.

Von allen Unfällen mit Personenschaden im Jahr 2002 konnten 184.805 Unfälle mit insgesamt 248.770 Verunglückten und darunter 4.101 Getöteten als eindeutig nicht relevant für die Situation des Fahrens mit Licht am Tag eingestuft werden. Dies entspricht 51,0% der Unfälle mit Personenschaden bzw. 51,5% der Verunglückten und 59,9% der Getöteten. Im Jahr 2001 lagen die Anteile bei 51,8% für die Unfälle mit Personenschaden, bei 52,1% bei den Verunglückten und 59,7% bei den Getöteten (s. auch Anhang 5).

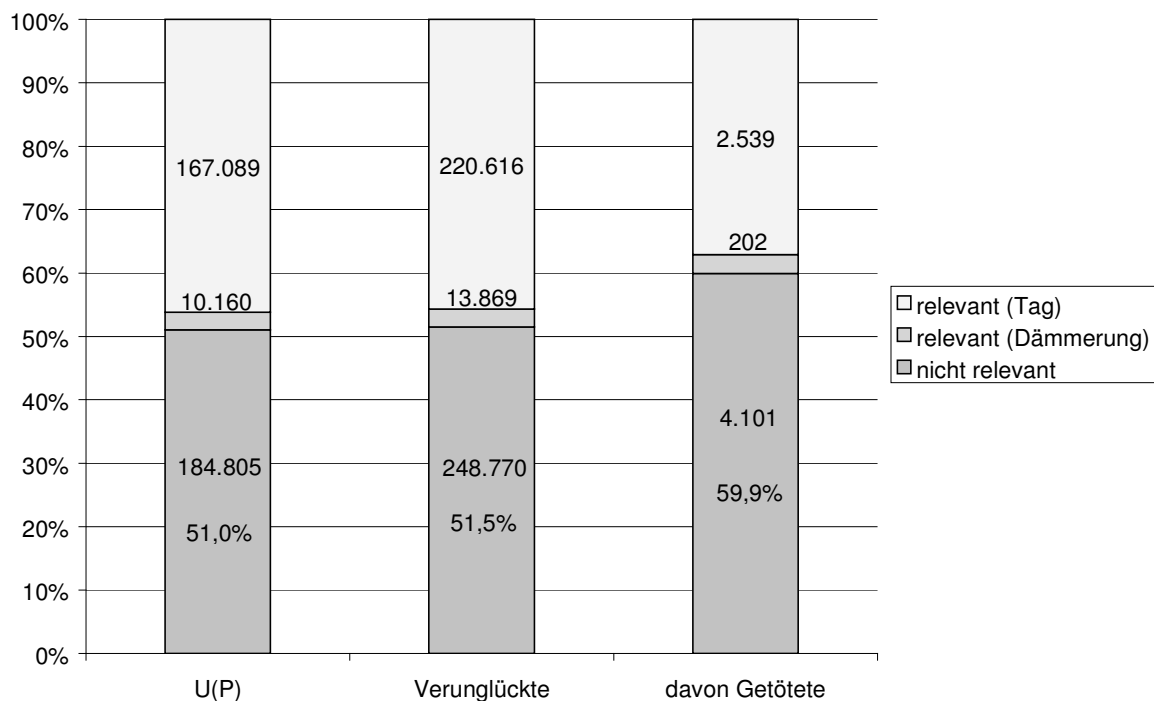


Bild 8.2: Unfälle mit Personenschaden [U(P)], Verunglückte und Getötete nach Ihrer Relevanz für das Fahren mit Licht am Tag, 2002

Die Aufgliederung der Unfälle mit Personenschaden, bei denen ein Einfluss des Fahrens mit Licht am Tag nicht ausgeschlossen werden kann, nach den Verkehrsteilnehmergruppen zeigt, dass Unfälle, bei denen *nur*⁶ mehrspurige Kraftfahrzeuge beteiligt waren, den größten Teil dieser Unfälle ausmachen (83.702 Unfälle, 47,2%; Tab. 8.1). Ein weiteres Viertel besteht aus Unfällen unter der Beteiligung von Radfahrern (42.139 Unfälle, 23,8%). Unfälle mit Personenschaden unter der Beteiligung von Motorradfahrern bzw. Fußgängern stehen jeweils für etwas mehr als 10% aller relevanten Unfälle.

⁶ Bei allen anderen TFL-relevanten U(P) sind ebenfalls mehrspurige Kfz beteiligt.

2002	TFL-relevante U(P) ¹⁾	Anteil an allen TFL-relevanten U(P) [%]
insgesamt	177.249	100,0
davon...		
...nur mit Kfz ²⁾	83.702	47,2
...mit Motorrädern	18.975	10,7
...mit Radfahrern	42.139	23,8
...mit Fußgängern	22.352	12,6

1) Mehrfachnennungen möglich

2) mehrspurige Kfz ohne Regelung zum Fahren mit Licht am Tag

Tabelle 8.1: TFL-relevante Unfälle mit Personenschaden [U(P)] nach Verkehrsbeteiligung und deren Verteilung, 2002

Zur Einordnung der Bedeutung dieser Unfälle für das gesamte Unfallgeschehen wird ebenfalls der Anteil an allen Unfällen mit Personenschaden betrachtet. Die Bedeutung aller in Bezug auf das Fahren mit Licht am Tag relevanten Unfälle mit Personenschaden an allen Unfällen mit Personenschaden liegt bei 49,0% (s. Tab. 8.2). Relevante Unfälle mit Personenschaden, bei denen nur mehrspurige Kraftfahrzeuge beteiligt waren, haben mit 23,1% den größten Anteil. Die Bedeutung der Unfälle mit Motorrädern bzw. Fußgängern liegt jeweils deutlich unter 10%.

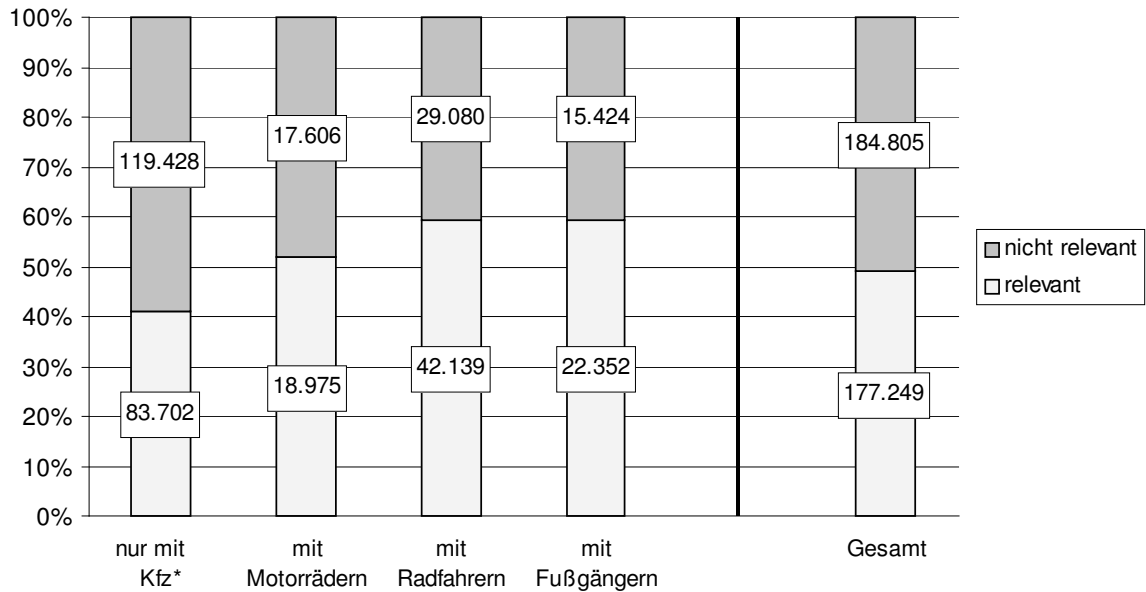
2002	TFL-relevante U(P) ¹⁾	Anteil an allen U(P) [%]
insgesamt	177.249	49,0
davon...		
...nur mit Kfz ²⁾	83.702	23,1
...mit Motorrädern	18.975	5,2
...mit Radfahrern	42.139	11,6
...mit Fußgängern	22.352	6,2

1) Mehrfachnennungen möglich

2) mehrspurige Kfz ohne Regelung zum Fahren mit Licht am Tag

Tabelle 8.2: TFL-relevante Unfälle mit Personenschaden [U(P)] nach Verkehrsbeteiligung und Anteil an allen U(P), 2002

In Bild 8.3 ist der Anteil der TFL-relevanten Unfälle mit Personenschaden für die jeweiligen Verkehrsteilnehmergruppen dargestellt. Unfälle, bei denen nur mehrspurige Kraftfahrzeuge beteiligt waren, haben einen überdurchschnittlich hohen Anteil an nicht relevanten Unfällen während Unfälle, an denen auch schwächere Verkehrsteilnehmer beteiligt waren, einen überdurchschnittlich hohen Anteil an Unfällen in TFL-relevanten Situationen aufweisen. Besonders bei den Unfällen mit Radfahrern bzw. Fußgängern ist eine starke Abweichung vom Gesamtdurchschnitt zu erkennen (10 Prozentpunkte). Der Grund liegt darin, dass die Verkehrsleistung dieser Verkehrsteilnehmergruppen zu TFL-relevanten Zeiten ebenfalls überdurchschnittlich hoch ist. Unter die nicht TFL-relevanten Unfälle fallen bei den Fußgängern fast nur Unfälle bei Nacht.



*mehrspurige Kfz ohne Regelung zum Fahren mit Licht am Tag

Bild 8.3: Unfälle mit Personenschaden nach Verkehrsbeteiligung und Relevanz für das Fahren mit Licht am Tag, 2002

Aus diesen Zahlen geht jedoch nur der Anteil der Unfälle mit den jeweiligen Verkehrsteilnehmergruppen hervor. Eine Aussage über die Unfallfolgen für die einzelnen Verkehrsteilnehmergruppen kann daraus nicht getroffen werden.

Die Bedeutung für die einzelnen Verkehrsteilnehmergruppen zeigt die Aufgliederung der Verunglückten und Getöteten nach den jeweiligen Verkehrsteilnehmergruppen (Bild 8.4).

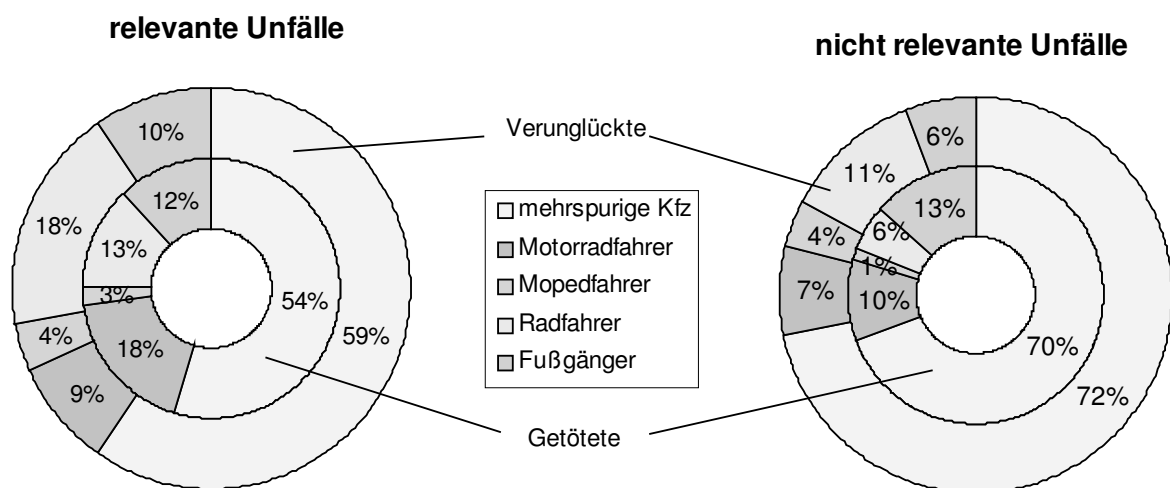


Bild 8.4: Verteilung der Verunglückten (100%) und Verteilung der Getöteten (100%) bei Unfällen mit Personenschaden nach Verkehrsbeteiligung, 2002

Der überwiegende Teil der im Jahr 2002 Verunglückten bei Unfällen in TFL-relevanten Situationen waren Fahrer oder Mitfahrer von mehrspurigen Kraftfahrzeugen (59%, Bild 8.4). Der Anteil an den Getöteten ist mit 54% etwas niedriger. Bei den nicht relevanten Unfällen liegt dieser Anteil an den Getöteten ebenso wie der Anteil an den Verunglückten bei mindestens 70%. Dementsprechend sinkt bei den Radfahrern und Fußgängern der Anteil der Verunglückten bei nicht relevanten Unfällen im Vergleich zum Anteil bei den relevanten Unfällen. Auch dies ist im Zusammenhang mit der geringeren Verkehrsleistung von Radfahrern und Fußgängern zu nicht TFL-relevanten Tageszeiten (d.h. nachts) zu sehen.

Darüber hinaus kann festgestellt werden, dass schwächere Verkehrsteilnehmer häufiger in TFL-relevanten Situationen verunglücken als in nicht relevanten Situationen (Bild 8.5). Im Gegensatz hierzu verunglücken Kraftfahrzeugfahrer häufiger in nicht relevanten Situationen. Diese Aufteilung hat bis auf eine Ausnahme genauso Gültigkeit bei der Betrachtung der Zahl der Getöteten. Bei den Fußgängern ist hier besonders auffällig, dass der Anteil der Getöteten in TFL-relevanten Situationen mit weniger als 40% viel niedriger ist als der Anteil der Verunglückten in diesen Situationen (über 60%). Dies deutet auf eine relativ geringe Verletzungsschwere für Fußgänger in TFL-relevanten Situationen im Vergleich zu nicht relevanten Situationen hin.

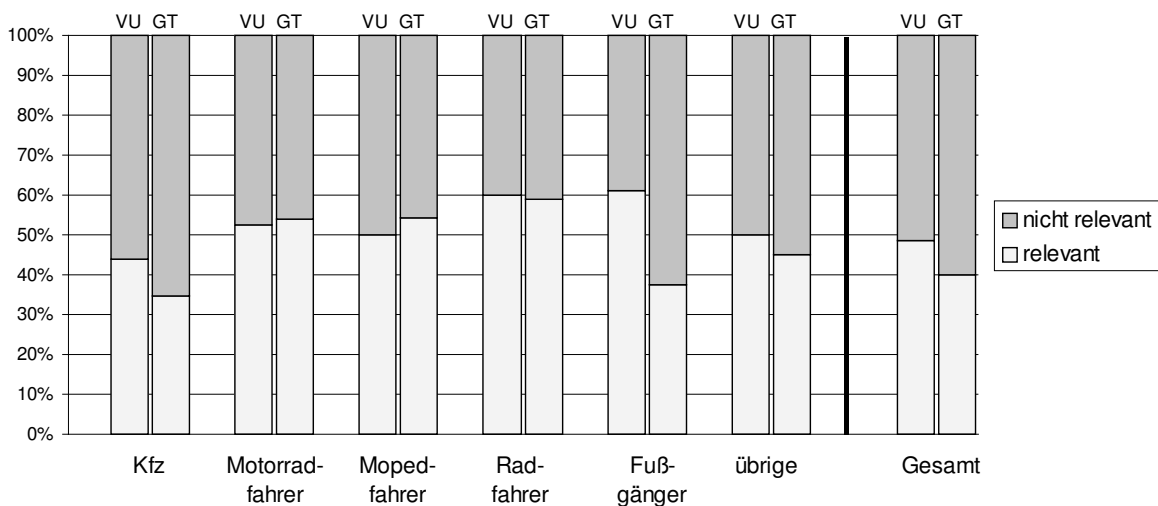


Bild 8.5: Verunglückte (VU) und Getötete (GT) nach Verkehrsbeteiligung und Relevanz für das Fahren mit Licht am Tag, 2002

Die Wahrscheinlichkeit, als Unfallbeteiligter bei einem Unfall mit Personenschaden verletzt oder getötet zu werden, dient als Maß für die Gefährdung eines Unfallbeteiligten. Hier wird sie durch die Anzahl der verunglückten Beteiligten pro 100 Beteiligte ausgedrückt. Die empirische Verletzungswahrscheinlichkeit im Jahr 2002 liegt für Motorradfahrer, Mopedfahrer, Radfahrer und Fußgänger bei über 80%. Besonders bei Unfällen in TFL-relevanten Situationen liegt die Wahrscheinlichkeit bei über 90% (Bild 8.6). Dies deutet auf eine stärkere Gefährdung der schwächeren Verkehrsteilnehmer in diesen Situationen hin. Die Wahrscheinlichkeit, sich zu verletzen oder getötet zu werden, liegt für mehrspurige Kraftfahrzeuge weit darunter und ist besonders niedrig in TFL-relevanten Situationen.

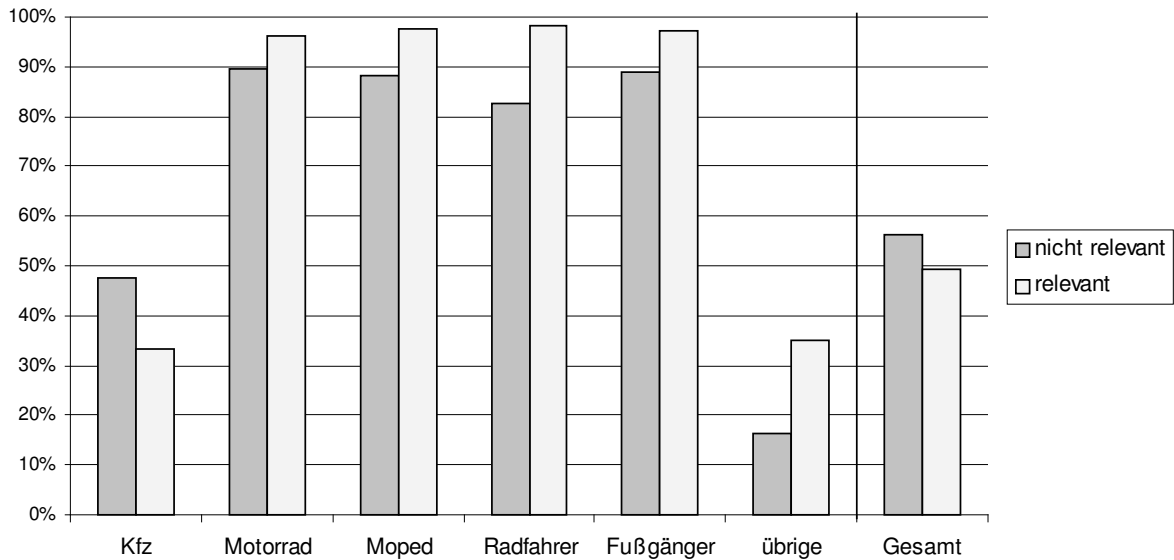


Bild 8.6: Empirische Verletzungswahrscheinlichkeit von Beteiligten an Unfällen mit Personenschaden nach Verkehrsbeteiligung und Relevanz für das Fahren mit Licht am Tag, 2002

Die empirische Verletzungswahrscheinlichkeit sagt jedoch nichts über die Verletzungsschwere aus. Um Aussagen über die Verletzungsschwere treffen zu können, ist eine Gewichtung der Unfallfolgen (getötet, schwerverletzt, leichtverletzt) und ein Bezug auf die Anzahl an Verunglückten notwendig. Die hier gewählte Gewichtung orientiert sich an den aktuellen Unfallkostensätzen der BASt (s. Anhang 6).

Den höchsten Index für die Verletzungsschwere haben Motorradfahrer und Fußgänger (Bild 8.7). Er liegt bei beiden Verkehrsbeteiligungsarten über dem Durchschnitt. Fußgänger werden in TFL-relevanten Situationen jedoch bei weitem nicht so schwer verletzt wie in nicht relevanten Situationen (d.h. nachts). Fahrer von mehrspurigen Kraftfahrzeugen, Mopedfahrer und Radfahrer werden dagegen häufig leichter verletzt. Für alle Verkehrsbeteiligungsarten sind die Verletzungen in nicht relevanten Situationen in der Regel schwerer als in TFL-relevanten Situationen.

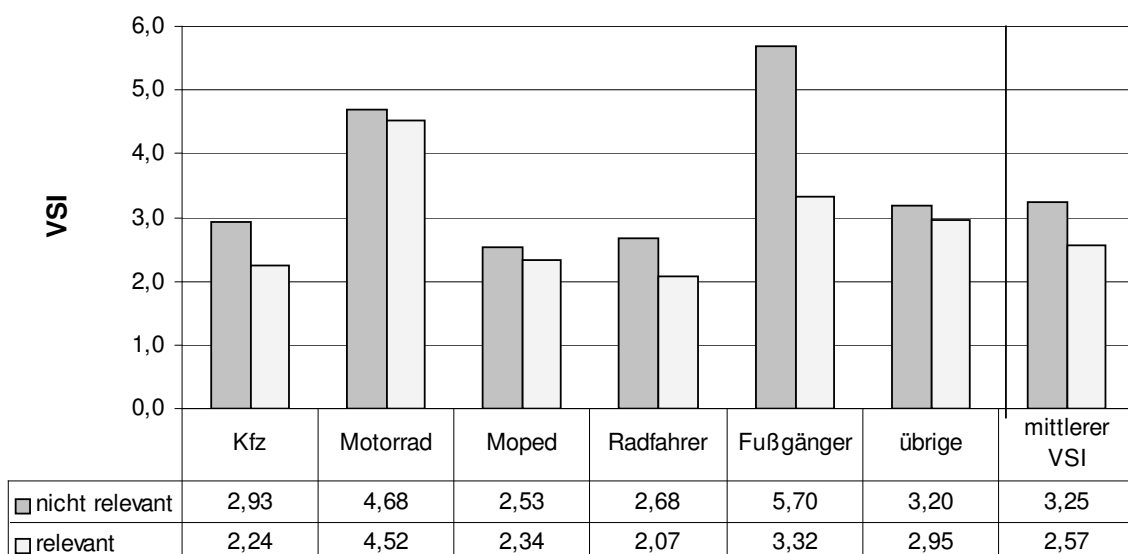


Bild 8.7: Verletzungsschwere-Index (VSI) für Beteiligte an Unfällen mit Personenschaden nach Verkehrsbeteiligung und Relevanz für das Fahren mit Licht am Tag, 2002

8.3 Fazit

Insgesamt wurden im Jahr 2002 mehr als 50% aller Unfälle mit Personenschaden als nicht TFL-relevant eingestuft. Dabei verunglückten 51,5% aller Verunglückten diesen Jahres. In nicht TFL-relevanten Situationen wurden knapp 60% der insgesamt Getöteten registriert.

Fast 50% aller TFL-relevanten Unfälle mit Personenschaden ereignen sich zwischen mehrspurigen Kraftfahrzeugen ohne Beteiligung anderer Verkehrsbeteiligungsarten. Dennoch ist der Anteil der Unfälle zwischen mehrspurigen Kraftfahrzeugen in TFL-relevanten Situationen an allen Unfällen dieser Gruppe unterdurchschnittlich (ca. 42%).

Dagegen treten Unfälle zwischen mehrspurigen Kraftfahrzeugen und Radfahrern bzw. Fußgängern häufiger in TFL-relevanten Situationen als in nicht relevanten Situationen auf. Etwa 60% dieser Art Unfälle entfallen auf TFL-relevante Situationen.

Die Wahrscheinlichkeit, bei einem Unfall zu verunglücken (verletzt oder getötet zu werden), ist für alle Zweiräder und Fußgänger sowohl in TFL-relevanten als auch in nicht TFL-relevanten Situationen deutlich höher als für Fahrer von mehrspurigen Kraftfahrzeugen - über 80% im Vergleich zu unter 50%. Die empirische Verletzungswahrscheinlichkeit ist für die schwächeren Verkehrsteilnehmer in TFL-relevanten Situationen noch höher als in nicht TFL-relevanten Situationen.

Die empirische Verletzungswahrscheinlichkeit sagt jedoch nichts über die Verletzungsschwere aus. Aus dem Verletzungsschwere-Index (s. Anhang 6) geht eine besondere Gefährdung der Motorradfahrer hervor – unabhängig von der Situation. Fußgänger haben einen besonders hohen Index für die Verletzungsschwere in nicht TFL-relevanten Situationen.

9 Literaturüberblick

9.1 Sichtung und Klassifikation

Literatur zum Thema Tagesfahrlicht gibt es seit Mitte der 60er Jahre. Zum größten Teil beschäftigen sich die Studien mit Teilaspekten des Fahrens mit Licht am Tag. Es gibt jedoch auch eine Reihe umfassendere Studien, Literatur- und Meta-Analysen, die den jeweiligen Stand zum Thema zusammenfassend darstellen.

Die Studien werden wie folgt in Kategorien eingeteilt:

Art der Studie	Anzahl
Regionale Aktionen	4 (3)
Flottenstudien	12 (6)
Studien zur Unfallreduktion von Fahrzeugen bei einer landesweiten Einführung des Fahrens mit Licht am Tag	7 (1)
Nutzen-Kosten-Analysen	2 (1)
Technische Studien	6 (2)
Studien zu motorisierten Zweirädern	10 (2)
Meta- und Literaturanalysen	24 (10)
Studien zur Sichtbarkeit und Wahrnehmung	14 (5)
Methodische Aspekte	2 (1)

In Klammern: nach 1997

Die zwei für die EU bedeutenden Meta-Analysen wurden in den Jahren 1997 [61] und 2003 ([15], [23], [24], [29]) verfasst. Aufgrund dessen wird zusätzlich zur Gesamtzahl der Studien die Anzahl der nach 1997 erschienenen Studien in Klammern angegeben.

Die für die Fragestellung der Unfallreduktion durch das Fahren mit Licht am Tag hauptsächlich interessanten Studien sind die oben genannten Flottenstudien, Studien zu regionalen Versuchen und besonders die Studien, in denen die Unfallreduktion für Fahrzeuge durch eine entsprechende Einführung einer Pflicht untersucht wird.

Bei den **Flottenstudien** handelt es sich um Studien, in denen es im untersuchten Land *keine* Pflicht zum Fahren mit Licht am Tag gibt. Hier wird der Effekt untersucht, der auftritt, wenn eine bestimmte Fahrzeugflotte mit Licht fährt. Bei den untersuchten Flotten handelt es sich entweder um Firmenflotten (ältere Studien) oder Fahrzeugmodelle mit speziellen Tagfahrleuchten im Vergleich zu (älteren) Modellen ohne spezielle Tagfahrleuchten (neuere Studien). Der größte Teil der neueren Studien bezieht sich auf Flotten aus den USA, in denen in den 90er Jahren mit der serienmäßigen Ausstattung bestimmter Fahrzeugmodelle mit speziellen Tagfahrleuchten begonnen wurde.

Die Situation, die in einer Flottenstudie betrachtet wird, unterscheidet sich klar von der hier zu untersuchenden Situation. Es wird der Effekt untersucht, der auftritt, wenn einige bestimmte Fahrzeuge mit Licht fahren und nicht, wenn alle Fahrzeuge mit Licht fahren. Da die Fahrzeuge einer mit Licht fahrenden Flotte unter den ansonsten tagsüber ohne Licht fahrenden Verkehrsteilnehmern deutlich mehr auffallen als beleuchtete Fahrzeuge unter anderen mit Licht fahrenden Fahrzeugen, ist die Unfallreduktion für die beleuchteten Fahrzeuge voraussichtlich deutlich höher als bei einer landesweiten Einführung des Tagesfahrlichts.

Für eine Firmenflotte erfolgt der Einbau von speziellen Tagfahrleuchten oder die Anweisung, am Tag mit Licht zu Fahren, in der Regel nicht ohne Grund. Oft spielen zu hohe Unfallzahlen und damit verbundene Kosten für den Betreiber eine Rolle. Das Ziel, die Sicherheit der Fahrzeugflotte zu erhöhen, wird auch den Fahrern bekannt sein, die entsprechend ihr Verhalten anpassen. Die erzielten Unfallreduktionen sind somit nicht nur auf das Fahren mit Licht am Tag zurückzuführen, sondern auch auf die Wirkung einer Kampagne für mehr Verkehrssicherheit. Bei einer landesweiten Einführung des Fahrens mit Licht am Tag muss daher auch aus diesem Grund mit einem geringeren Reduktionseffekt gerechnet werden.

Bei den **Studien zu regionalen Aktionen** handelt es sich um Studien zur Unfallreduktion von Fahrzeugen auf einem begrenzten Gebiet eines Landes bzw. um zeitlich begrenzte Aktionen. Aufgrund dieser zeitlichen und räumlichen Beschränkung sind die Ergebnisse stark von externen Faktoren (z.B. Witterung) und vom Zufall abhängig. In einer aktuellen französischen Studie [66] wurde z.B. ein extrem starker Rückgang der Unfallzahlen mit Getöteten im Aktionszeitraum festgestellt (fast 60%). Dieser signifikante Rückgang deutet auf eine positive Auswirkung des Fahrens mit Licht am Tag hin, kann aber aufgrund der geringen zeitlichen und räumlichen Dimension der Aktion lediglich als Hinweis verstanden werden. Abgesehen von der französischen Studie konnte bei den anderen Studien kein signifikanter Rückgang oder Anstieg der Unfallzahlen festgestellt werden.

Generell sind die Ergebnisse aus Flottenstudien und regionalen Aktionen aus den oben genannten Gründen nicht gut geeignet, auf Unfallreduktionen bei einer Einführung einer Pflicht zum Fahren mit Licht am Tag zu schließen. Aufgrund dessen werden in eine tiefere Analyse nur die Studien zur Unfallreduktion bei Fahrzeugen bei einer landesweiten Einführung des Fahrens mit Licht am Tag aufgenommen.

9.2 Ergebnisse

Insgesamt gibt es sechs Studien, die die Unfallreduktion von Fahrzeugen bei einer landesweiten Einführung einer Pflicht zum Fahren mit Licht am Tag thematisieren (Tab. 9.1). Die beiden aktuellsten Studien (1995 und 1998) stammen aus Ungarn ([45], [46]), die übrigen Studien aus den skandinavischen Ländern.

Autor	Land	Jahr	Nr. im Literaturverzeichnis
Andersson, K; Nilsson, G.; Salusjärvi, M.	Finnland	1976	[4]
Andersson, K, Nilsson, G	Schweden	1981	[5]
Elvik, R.	Norwegen	1993	[30]
Hansen, L. K.	Dänemark	1994	[37]
Hollo, P.	Ungarn	1995	[45]
Hollo, P.	Ungarn	1998	[46]

Tabelle 9.1: Studien zur Unfallreduktion von Fahrzeugen bei Einführung von Fahren mit Licht am Tag als Pflicht

Die Ausgangssituation und die Art der Tagesfahrlichtpflicht unterscheiden sich in den Ländern.

In *Finnland* wurde im Oktober 1970 zunächst eine Empfehlung zum Fahren mit Licht am Tag außerorts für den Winter ausgesprochen. Zwei Jahre später folgte die Pflicht, außerorts im Winter mit Licht zu fahren. In den folgenden drei Jahren wurde die Pflicht von November bis März auf die Monate September bis April ausgedehnt. 1982 wurde die Pflicht auf das ganze Jahr ausgedehnt und erst seit 1997 muss ganzjährig auf allen Straßen mit Licht gefahren werden. Für Motorradfahrer wurden die gleichen Regelungen eingeführt. Die vorliegende Studie wurde 1976 verfasst und befasst sich daher nur mit dem Fahren mit Licht am Tag im Winter auf Außerorts-Straßen.

In *Schweden* wurde das Fahren mit Licht am Tag im Jahr 1977 für alle Fahrzeuge ganzjährig auf allen Straßenklassen vorgeschrieben.

In *Norwegen* wurde 1985 zunächst eine Leuchtenpflicht für alle Neuwagen eingeführt. Erst drei Jahre später wurde das Fahren mit Licht für alle Fahrzeuge Pflicht (Pflicht zur Ausstattung mit automatischer Schaltung oder speziellen Tagfahrleuchten). Seit 1994 ist neben der Ausstattungspflicht auch die manuelle Einschaltung des Ablendlichts erlaubt. Da für Motorräder schon im Jahr 1978 eine Ausstattungspflicht eingeführt wurde, ähnelt die Situation in dieser Beziehung der Situation in Deutschland. In der vorliegenden Studie wurden die Unfälle mit Motorradfahrern separat analysiert.

Die der deutschen Situation ähnlichste Situation wurde in *Dänemark* gefunden. Dort wurde 1990 das Fahren mit Licht am Tag für mehrspurige Fahrzeuge ganzjährig auf allen Strassen als Verhaltensvorschrift eingeführt. Für Motorradfahrer galt diese Pflicht schon seit 1977. Auch in dieser Studie wurden die Unfälle mit Motorradfahrern separat analysiert.

In *Ungarn* wurde das Fahren mit Licht am Tag 1993 zunächst außerorts auf überregionalen Straßen verpflichtend eingeführt und im Jahr danach auf alle Außerorts-Straßen erweitert. Für Motorradfahrer besteht eine generelle Pflicht zum Fahren mit Licht am Tag seit 1984. Aufgrund der besonderen Situation wurden Unfälle mit Motorradfahrern aus der Studie ausgeschlossen. Da die zweite ungarische Studie eine Erweiterung der ersten Studie darstellt, wird im Folgenden nur auf die Studie aus dem Jahr 1998 Bezug genommen.

In Bezug auf die Lichteinschaltquoten unterscheiden sich die Studien ebenfalls, jedoch wird in allen Ländern eine Befoligungsquote von mindestens 89% erreicht. Vor der Einführung der Pflicht hatten alle Länder mindestens eine Quote von 30% (Tab 9.2).

	Vorher	Empfehlungsphase	Pflicht
Finnland	ca. 50%	61 – 96%	93 – 99%
Schweden	ca. 50%	-	ca. 95%
Norwegen	30-35%	60-65% (Beginn der Leuchtenpflicht für alle Neuwagen)	90-95% (Leuchtenpflicht für alle Fahrzeuge)
Dänemark	ca. 30%	-	ca. 90%
Ungarn	ca. 34%	-	ca. 89%

Tabelle 9.2: Lichteinschaltquoten verschiedener Länder vor und nach Einführung einer Pflicht zum Fahren mit Licht am Tag

Insgesamt wurden aus den Studien mehr als 60 Schätzer für verschiedene Unfallkonstellationen extrahiert und mit Hilfe der vorliegenden Daten einzelne Schätzer hinzugefügt.

Bei den Unfällen mit Personenschaden mit mindestens einem Kraftfahrzeug, für das das Fahren mit Licht am Tag als Pflicht eingeführt wurde, wurden Veränderungen von ca. +4% bis zu -21% gefunden (vgl. Anhang 8, Bild 1). Unter den gefundenen Rückgängen finden sich jedoch nur vereinzelte statistisch signifikante Werte.

Die o.g. Unfälle beinhalten eine ganze Reihe von verschiedenen Unfallarten, auf die das Fahren mit Licht am Tag eine sehr unterschiedliche Wirkung haben kann. Besonders bei Auffahrunfällen ist der reduzierende Effekt in der Regel nicht so groß wie bei den übrigen Unfallarten. In allen Studien wurden daher die Unfälle zwischen zwei Fahrzeugen, zwischen Fahrzeugen und Fußgängern bzw. Radfahrern oder Motorradfahrern separat betrachtet.

Bei den Unfällen zwischen zwei Fahrzeugen (ohne schwächere Verkehrsteilnehmer, ohne Auffahrunfälle) zeigten sich sehr viel deutlichere Rückgänge der Unfallzahlen. Die Rückgänge auf allen Straßenklassen lagen zwischen -9% und -12%. Die Rückgänge auf Außerorts-Straßen zwischen -5% und -28% (vgl. Anhang 8, Bild 2). Auch hier ist der größte Teil der Schätzer nicht signifikant.

Bild 2 (Anhang 8) enthält neben den mit einem Stern gekennzeichneten Reduktionen zusätzlich den in der EU-Studie entwickelten Schätzer für den intrinsischen Effekt, d.h. für den Effekt, der aufgetreten wäre, wenn die Lichteinschaltquote vor Einführung der Tagesfahrlichtpflicht bei 0% gelegen und sich durch die Einführung auf 100% erhöht hätte. Dieser Schätzer wird im Bild jeweils durch einen Punkt dargestellt, der über eine Linie mit dem eigentlichen Schätzer verbunden ist. Die von

Koornstra entwickelte Funktion weist jedoch besonders für den Fall hoher Lichteinschaltquoten zu Beginn der Tagesfahrlichtpflicht (s. Finnland) deutlich überhöhte intrinsische Rückgänge auf.

Neben den Unfallrückgängen für die Unfälle mit Kraftfahrzeugen wurde in fast allen Studien auch der Effekt auf Unfälle zwischen Kraftfahrzeugen und Fußgängern betrachtet. Die Effekte für diese Art Unfälle fallen sehr unterschiedlich aus und zeigen keine eindeutige Tendenz. Während in der schwedischen Studie innerorts im Sommer ein signifikanter Rückgang von mehr als 25% beobachtet wurde, zeigt die dänische Studie einen ebenso signifikanten Anstieg um 16% (vgl. Anhang 8, Bild 3).

An den für einige Schätzer berechneten Konfidenzintervallen (Niveau = 5%) ist deutlich zu erkennen, wie stark die nicht signifikanten Ergebnisse schwanken können. Ebenso ist die Abhängigkeit von der gewählten Methode – durch verschiedene Symbole gekennzeichnet – zu erkennen.

Ein eindeutigeres Bild zeigen die Studien in Bezug auf Unfälle zwischen einem Kraftfahrzeug und einem Fahrrad. Diese Art Unfälle wurde allerdings lediglich in zwei Studien separat betrachtet. Beide Studien kommen insgesamt zu einem Rückgang der Unfallzahlen, der in Abhängigkeit von der gewählten Methode zwischen –3% und –21% schwankt (vgl. Anhang 8, Bild 4).

Unfälle zwischen Kraftfahrzeugen, für die das Fahren mit Licht am Tag eingeführt wurde, und Motorradfahrern, die schon vorher eine Lichtpflicht hatten, wurden ebenfalls nur in zwei Studien untersucht. Im Gegensatz zu den Unfällen mit Radfahrern oder Fußgängern wurde hier keine weitere Untergliederung nach Ortslagen oder Jahreszeiten vorgenommen.

Aus den Ergebnissen für Unfälle mit Motorrädern ist keine eindeutige Tendenz zu erkennen. Während die Unfalldaten in der norwegischen Studie keine Veränderung zeigen, wurde in Dänemark ein geringfügiger nicht signifikanter Anstieg festgestellt.

Alle Aussagen der Studien beziehen sich auf Unfälle mit Personenschaden. Unfälle mit Sachschaden werden nicht untersucht. Ebenfalls wurde nicht die Abhängigkeit der Unfallreduktionen von der Unfallschwere betrachtet.

Methodische Probleme der Studien

Die von den meisten Studien verwendete Methode der Odds-Ratios ist eine statistisch gängige Methode, die in vielen Bereichen Anwendung findet. Sie in einem nicht kontrollierten Vorher-Nachher-Vergleich zu verwenden, kann jedoch zu Problemen führen. Das Verkehrssystem ist ein komplexes System, in dem viele Komponenten eine Auswirkung auf das Unfallgeschehen haben können. Gleichzeitige Veränderungen anderer Rahmenbedingungen, die Auswirkungen auf die gleichen oder andere Unfälle haben können, wie sie das Fahren mit Licht am Tag hervorruft, kann den Effekt durch das Fahren mit Licht am Tag entweder verstärken oder abschwächen. Diese exogenen Faktoren („Confounding Factors“) können einen erheblichen Einfluss auf das Ergebnis haben und erschweren die Interpretation der Ergebnisse.

In *Ungarn* wurde eine Reihe von anderen Maßnahmen gleichzeitig mit der Einführung der Tagesfahrlichtpflicht eingeführt, deren Auswirkungen auf die Unfallzahlen nicht eindeutig von denen der Tagesfahrlichtpflicht zu trennen sind. Aus *Finnland* wird von einer Einführung einer generellen Geschwindigkeitsbegrenzung auf 80 km/h im Zeitraum der Untersuchung berichtet. In *Dänemark* wurde gleichzeitig

mit der Einführung der Tagesfahrlichtpflicht vorgeschrieben, dass nachts auch auf ausreichend beleuchteten Straßen mit Abblendlicht gefahren werden muss – davor war auf diesen Straßen die alleinige Nutzung von Begrenzungsleuchten ausreichend. Auch diese Maßnahmen können Auswirkungen auf das Ergebnis der Odds-Ratio-Methode haben.

Die Ergebnisse aller Studien sind daher mit einer gewissen Unsicherheit behaftet, auch wenn in einigen Studien versucht wurde, diese sogenannten Störfaktoren weitestgehend auszugrenzen.

Neben diesen studieneigenen Problemen ist die Übertragung der Ergebnisse auf die hiesige Situation mit zusätzlichen Fehlern behaftet. Keine der uns vorliegenden Studien erreichte die volle Punktezahl beim Scoring (s. Kapitel 10.2), d.h. keine der Studien ist direkt auf Deutschland übertragbar. Der Versuch, die festgestellten Tendenzen zu übertragen, führt unweigerlich zu weiteren Unsicherheiten.

Fazit

Insgesamt kann festgestellt werden, dass alle vorliegenden Studien Rückgänge bei den durch das Fahren mit Licht am Tag beeinflussbaren Unfällen aufweisen. Bei einer separaten Betrachtung der Unfälle mit Motorradfahrern und Fußgängern konnte keine eindeutige Tendenz der Unfallentwicklung festgestellt werden, während die Unfallzahlen bei Unfällen mit Fahrradfahrern zu Rückgängen tendieren.

Die Ergebnisse werden von der jeweiligen gewählten Methode stark beeinflusst. Daneben wurde eine Reihe von Unterschieden in den Voraussetzungen für die einzelnen Länder festgestellt, die einen Vergleich der Ergebnisse untereinander und ebenso die spätere Übertragung auf die deutschen Verhältnisse erschweren.

9.3 Spezielle Aspekte des Fahrens mit Licht am Tag

Blendung

Blendung sollte generell tagsüber kein Problem sein, da das Auge dann an die hohe Umgebungshelligkeit angepasst ist (im Gegensatz zur Nacht). Je niedriger die Umgebungshelligkeit, desto niedriger muss die Lichtstärke einer Leuchte sein, um keine Blendung hervorzurufen. Die Lichtstärke muss aber dennoch hoch genug sein, um aufzufallen. Eine für das Fahren bei Nacht ausreichend auffällige Beleuchtung kann bei Tag unter Umständen nicht ausreichend sein.

Dennoch können Tagfahrleuchten mit einer hohen Leuchtdichte ein subjektives Gefühl der Blendung verursachen. In den im Rahmen des Projektes durchgeführten lichttechnischen Analysen wurde festgestellt, dass die Beleuchtungsstärke von speziellen Tagfahrleuchten zu gering ist, um bei Tag eine Blendung hervorzurufen (Kapitel 4).

Blendung wird darüber hinaus häufig durch falsch eingestellte Scheinwerfer hervorgerufen und nicht durch die Intensität der Beleuchtung selbst. Die richtige Einstellung der Beleuchtungseinrichtungen sollten daher regelmäßig geprüft werden, z.B. auch nach einem Austausch der Glühbirnen.

Überdeckung von Bremsleuchten

Das Problem der möglichen Überdeckung der Bremsleuchten durch das Fahren mit Abblendlicht am Tag wird in vielen älteren Studien als negativer Effekt des Fahrens mit Licht am Tag angeführt. Teilweise wurde ein negativer Effekt auf Auffahrunfälle festgestellt, der dem positiven Effekt auf andere Unfallkategorien entgegenstand und den Gesamteffekt verringerte.

Mittlerweile ist jedoch der Anteil der Fahrzeuge in Deutschland, die mit einer dritten, hochgesetzten Bremsleuchte ausgestattet sind, deutlich angestiegen. Auch wenn die Gefahr einer Überdeckung der unteren Bremsleuchten durch das Rücklicht besteht, würde die hochgesetzte Bremsleuchte diesem Effekt entgegenwirken.

Beim Fahren mit speziellen Tagfahrleuchten besteht dieses Überdeckungs-Problem nicht, da die rückwärtige Beleuchtung dann nicht aktiv ist.

Novelty-Effekt

Beim Novelty-Effekt handelt es sich um eine Art Gewöhnungseffekt bzw. Anpassungs- oder Kompensierungsverhalten des Fahrers.

Beim Fahren mit Licht am Tag könnte ein Novelty-Effekt darin bestehen, dass der Fahrer sich sicherer und besser sichtbar fühlt und dadurch zu riskanteren Fahrmanövern neigt. Dies würde bedeuten, dass sich die unfallreduzierende Wirkung nach einiger Zeit aufhebt.

Eine ungarische Studie [46] hat den Effekt für das Fahren mit Licht am Tag in Ungarn untersucht und kommt zu dem Ergebnis, dass es keinen Novelty-Effekt gibt. Auch in anderen Studien, in denen Vergleiche zwischen unterschiedlich langen Zeiträumen nach einer Einführung des Tagesfahrlichts durchgeführt wurden, konnte ebenfalls kein Novelty-Effekt festgestellt werden.

Umschaltung auf Abblendlicht bei der Nutzung von speziellen Tagfahrleuchten

Als ein Problem bei der Nutzung von speziellen Tagfahrleuchten als Tagesfahrlicht wird häufig die vergessene Umschaltung auf Abblendlicht in der Dämmerung genannt. Hier handelt es sich jedoch nicht um ein ausdrückliches Problem der Tagfahrleuchten, sondern um ein generelles Problem, welches auch ohne eine Pflicht zum Fahren mit Licht im Tag auftritt.

Aufgrund der Abstrahlcharakteristik von Tagfahrleuchten fällt nur wenig Licht auf die Straße, welches reflektieren könnte und dem Fahrer in der Dämmerung suggerieren könnte, dass er bereits beleuchtet fährt. Ebenso ist beim Fahren mit Tagfahrleuchten die Instrumentenbeleuchtung nicht eingeschaltet. Das bestehende Problem der vergessenen Umschaltung wird daher durch die Nutzung von Tagfahrleuchten voraussichtlich nicht verstärkt.

Ein anderer Grund dafür, dass in der Dämmerung keine Umschaltung auf Abblendlicht erfolgt, kann jedoch die Meinung des Fahrzeugführers sein, dass Tagfahrleuchten in der Dämmerung eine ausreichende Beleuchtung darstellen. Um diesem Effekt entgegenzuwirken, bedarf es der Aufklärung über die Eigenschaften und den Nutzen von Tagfahrleuchten. Es muss deutlich gemacht werden, dass Tagfahrleuchten keinen genügend starken Kontrast in der Dämmerung hervorrufen und die nicht eingeschaltete rückwärtige Beleuchtung ebenfalls zu mangelnder Sichtbarkeit in der Dämmerung führt.

Die Kombination von speziellen Tagfahrleuchten mit einem Dämmerungsschalter ist darüber hinaus eine sinnvolle technische Option, um das Problem der nicht erfolgenden Umschaltung auf Abblendlicht zu lösen.

Durchmischung

Eine Durchmischung von beleuchteten und unbeleuchteten Verkehrsteilnehmern im Straßenraum wirkt sich nachteilig auf die Sichtbarkeit der unbeleuchteten Verkehrsteilnehmer aus. Unbeleuchtete Fahrzeuge werden deutlich später erkannt als beleuchtete. Besonders wenn der Anteil der mit Licht fahrenden Fahrzeuge relativ hoch ist und damit die Erwartung eines unbeleuchteten Fahrzeugs gering, kann ein solches Fahrzeug leicht übersehen werden. Eine Durchmischung ist daher zu vermeiden.

Bei einer ausschließlichen Verpflichtung zum Einbau von speziellen Tagfahrleuchten würde bis zur Umlegung des gesamten Fahrzeugbestandes eine Durchmischung bestehen. Dies kann durch eine gleichzeitige Pflicht zum Fahren mit Abblendlicht oder einer Verpflichtung zum Nachrüsten des bestehenden Fahrzeugbestandes mit speziellen Tagfahrleuchten vermieden werden.

Sollte sich der Trend des Angebots von speziellen Tagfahrleuchten durch die Fahrzeughersteller weiter fortsetzen, ist damit zu rechnen, dass sich in einigen Jahren auch ohne eine rechtliche Regelung eine Durchmischung von beleuchteten und unbeleuchteten Fahrzeugen ergeben wird.

Saisonale und regionale Beschränkungen

Eine regionale Beschränkung der Pflicht zum Fahren mit Licht am Tag stellt erhöhte Anforderungen an den Fahrer. Mit Einfahrt in das für die Pflicht definierte Gebiet ist er verpflichtet, die Beleuchtung des Fahrzeugs einzuschalten. Durch diese manuelle Verpflichtung wird eine Befoligungsquote von annähernd 100% voraussichtlich nicht erreicht werden können. Die Wahrscheinlichkeit, dass der Fahrer das Einschalten vergisst, ist höher als bei der Variante, bei der er direkt beim Anlassen des Motors die Beleuchtung einschaltet. Ebenso kann bei Verlassen des für die Pflicht definierten Gebietes das Ausschalten vergessen werden. Beides führt zu einer stärkeren Durchmischung von beleuchteten und unbeleuchteten Fahrzeugen, die eine negative Auswirkung auf die Verkehrssicherheit haben würde.

Bei einer unbeschränkten Verpflichtung sind darüber hinaus bessere Möglichkeiten zur Automatisierung des Einschaltens gegeben. Neben einer Einschaltautomatik für das Abblendlicht wird hier auch die Verwendung von energiesparenden speziellen Tagfahrleuchten sinnvoll.

Andere Länder, in denen das Fahren mit Licht am Tag als Pflicht eingeführt wurde, haben bis auf wenige Ausnahmen keine regionale Beschränkung der Verpflichtung gewählt. In Ungarn wurde die Verpflichtung zum Fahren mit Licht zunächst außerorts auf überregionalen Straßen eingeführt. Es wurde jedoch festgestellt, dass die Fahrer oft nicht zwischen regionalem und überregionalem Straßennetz unterscheiden haben und daher häufig auf dem gesamten Straßennetz außerhalb von Ortschaften die Beleuchtung eingeschaltet hatten.

Eine Analyse der Verkehrsunfalldaten für das Jahr 2002 nach saisonalen Gesichtspunkten zeigt deutlich, dass das Wirkpotenzial für das Fahren mit Licht am

Tag im Sommer größer ist als im Winter (s. Bild 9.1). Mehr als 60% der relevanten Unfälle mit Personenschaden finden im Sommer statt (111.219 Unfälle), ebenso werden mehr als 60% der relevanten Getöteten im Sommer registriert (1.762 Getötete). Dies liegt zum einen darin begründet, dass die Fahrleistungen im Sommer insgesamt höher sind als im Winter und damit insgesamt mehr Unfälle im Sommer passieren. Darüber hinaus ist der Anteil der Fahrleistungen, die bei Tageslicht zurückgelegt werden, im Sommer höher als im Winter. Besonders die Zeiten mit hoher Verkehrsdichte (Berufsverkehr) liegen im Sommer zu Zeiten, in denen es hell ist.

Bei einer Einführung einer Pflicht zum Fahren mit Licht am Tag spielt die Diskussion um eine Einführung zu bestimmten Jahreszeiten dennoch eine Rolle. Obwohl das Potenzial im Sommer für die Gesamtheit höher liegt als im Winter, herrscht bei den Fahrzeugführern häufig die Meinung vor, dass das Fahren mit Licht am Tag im Sommer kaum Relevanz hat und das Hauptpotenzial im Winter liegt. Hierbei wird jedoch in der Regel der Nutzen des Fahrens mit Licht am Tag bei peripherem Sehen nicht beachtet, welcher auch bei hohen Umgebungshelligkeiten auftritt. Ebenso werden von den Fahrzeugführern die Zeiten mit geringer Umgebungshelligkeit im Winter, bei denen schon heute mit Licht gefahren werden muss, als Reduktionspotenzial angesehen. Aufgrund dieser Überlegungen empfiehlt sich als Startzeitpunkt für eine Einführung einer Pflicht zum Fahren mit Licht am Tag der Herbst.

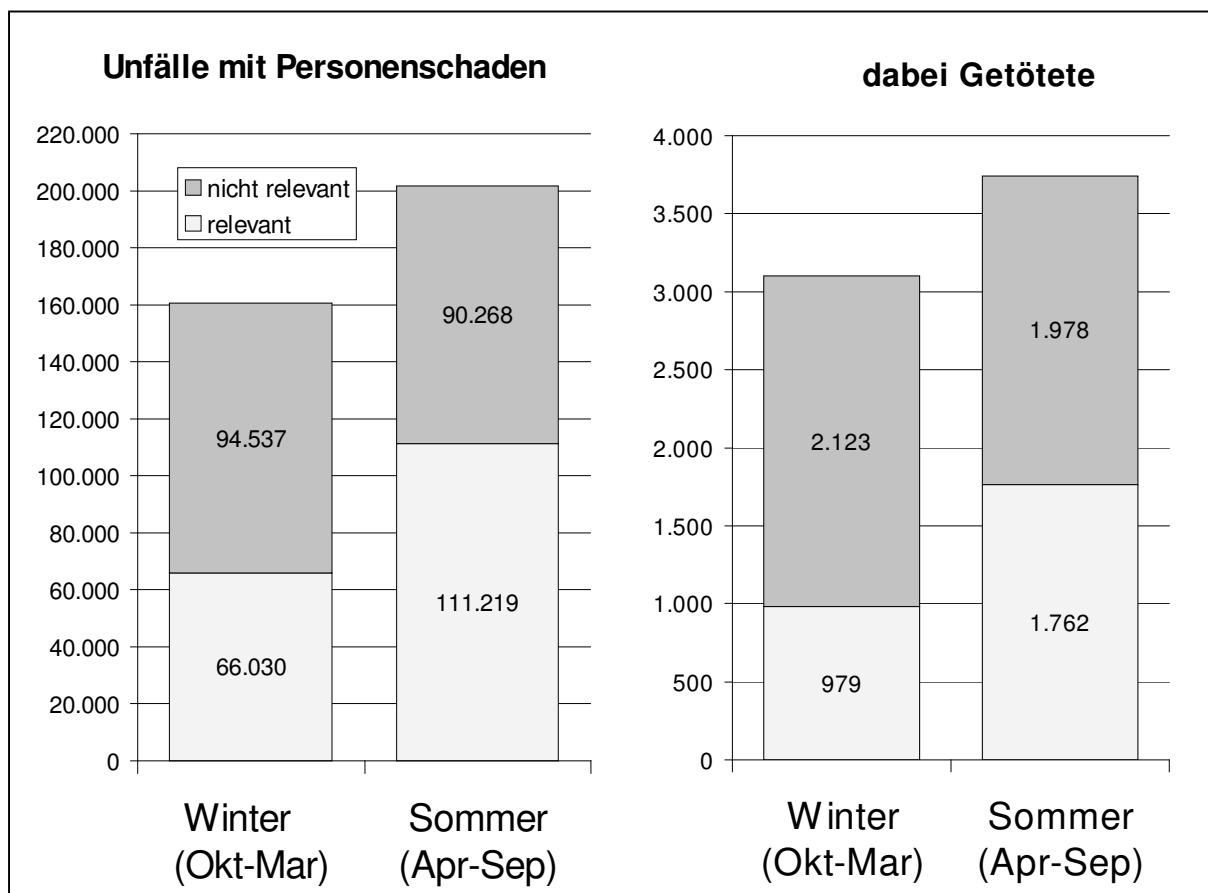


Bild 9.1: Unfälle mit Personenschaden und dabei Getötete nach ihrer Relevanz für das Fahren mit Licht am Tag, 2002

Dämmerung

Die Entdeckungsentfernung ist bei unbeleuchteten Fahrzeugen abhängig von der Umgebungshelligkeit. Bei geringen Umgebungshelligkeiten – insbesondere in der Dämmerung – verringert sich diese Entfernung und verkürzt damit die mögliche Reaktionszeit. Im Gegensatz dazu ist die Entdeckungsentfernung bei beleuchteten Fahrzeugen fast unabhängig von der Umgebungshelligkeit. Die Entfernung ist somit in der Dämmerung deutlich länger als für unbeleuchtete Fahrzeuge. Im Vergleich hierzu ist diese Differenz bei Tageslicht geringer, theoretisch somit auch das Reduktionspotenzial, was sich aus der Nutzung von Tagesfahrlicht ergibt. Dennoch konnte für die Dämmerungszeiten kein statistisch signifikanter Rückgang bei den Unfallanzahlen nachgewiesen werden. Dies liegt zum einen am Datenvolumen, denn bei geringen Anzahlen werden größere Abweichungen benötigt, um eine Signifikanz zu erreichen. Ein anderer Grund sind die höheren Lichteinschaltquoten zu Dämmerungszeiten.

Sichtbarkeit von motorisierten Zweirädern

Seit 1988 besteht durch die Änderung des § 17 der StVO für motorisierte Zweiräder die Pflicht, in Deutschland auch am Tage mit Abblendlicht zu fahren. Die schmale Silhouette des Einspurfahrzeuges führt zu Problemen bei der Erkennung und Einschätzung durch andere Verkehrsteilnehmer. So wird die Geschwindigkeit des Zweirades oftmals fehlerhaft eingeschätzt. Im Gegensatz dazu wird der Pkw durch den größeren Umriss besser erkannt und die Geschwindigkeit des Pkw wird von den anderen Verkehrsteilnehmern subjektiv besser eingeschätzt. Die Erkennung eines motorisierten Zweirades wird durch eingeschaltetes Abblendlicht verbessert.



Bild 9.2: Zweiradfahrzeug mit Abblendlicht [[40]]

Bei der Einführung einer Tagesfahrlichtpflicht für mehrspurige Fahrzeuge sollte für motorisierte Zweiradfahrer eine andere als die bislang vorgeschriebene Signalisierungsart (Fahren mit Abblendlicht) vorgesehen werden. Dazu gibt es bereits vielfältige Überlegungen und Vorschläge. Bislang fehlen aber vertiefte Untersuchungen. Die BAST wird in naher Zukunft ein Projekt mit dem Ziel initiieren,

einen eindeutigen Vorschlag für die Signalisierung von motorisierten Zweirädern am Tag zu erarbeiten. Dabei sollen Aspekte wie eindeutige Zuordnung des Signalbildes zu den motorisierten Zweirädern am Tage, technische Machbarkeit, Nachrüstung des Bestandes und Energieverbrauch berücksichtigt werden.

10 Ableitung des Effekts für Deutschland

10.1 Gewählte Variante

Auf Basis der gesammelten Erfahrungen und der Ergebnisse der Literatur-Analyse bietet sich die Wahl einer Kombination aus technischer und verhaltensorientierter Variante zum Fahren mit Licht am Tag als Grundlage für die weiteren Analysen an. Diese Variante sieht vor, dass Neufahrzeuge mit speziellen Tagfahrleuchten ausgestattet werden, die sich beim Einschalten der Zündung automatisch aktivieren. Neufahrzeuge werden außerdem obligatorisch mit einem Dämmerungsschalter ausgestattet.

Darüber hinaus sollen Altfahrzeuge am Tag mit Abblendlicht fahren. Für die Ableitung des Sicherheitseffektes wird davon ausgegangen, dass durch eine entsprechende Empfehlung oder Verhaltensvorschrift eine Befolungsquote von annähernd 100% erreicht wird.

Um einen nachteiligen Sicherheitseffekt durch die Durchmischung mit beleuchteten und unbeleuchteten Fahrzeugen zu vermeiden, wird die Empfehlung für den bestehenden Kraftfahrzeugbestand spätestens zum Zeitpunkt der Einführung der Ausstattungsvorschrift für die Neufahrzeuge ausgesprochen.

Die Vorteile der gewählten Variante liegen in einem möglichst geringen Kraftstoffmehrverbrauch und damit verbundenen Emissionen. Daneben wird durch die Automatisierung (Schaltung der Tagfahrleuchten und Dämmerungsschalter) nach einer gewissen Zeit ein Befolungsgrad von 100% erreicht werden können. Um in der Zwischenzeit eine Durchmischung von beleuchteten und unbeleuchteten Fahrzeugen zu vermeiden, wird die Empfehlung bzw. Verhaltensvorschrift für den bestehenden Kraftfahrzeugbestand benötigt.

10.2 Scoring und Relevanz für Deutschland

Aufgrund der unterschiedlichen Voraussetzungen in den einzelnen Ländern im Vergleich zu Deutschland und untereinander sind die einzelnen Schätzer für die Veränderungen in den Unfallzahlen nicht direkt vergleichbar und auf Deutschland übertragbar. Daher werden für jede Studie Scores vergeben, die Anhaltspunkte für die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf deutsche Verhältnisse liefern sollen.

In die Scores finden die Qualität der Studien, die Vergleichbarkeit der verkehrlichen Situationen in den Ländern und die Vergleichbarkeit im Hinblick auf das Fahren mit Licht am Tag Eingang. Alle Studien werden jeweils mit Deutschland verglichen und erhalten als Score einen Wert zwischen 0 und 1 zugewiesen. Die einzelnen Unterscores werden addiert und auf das Intervall von 0 bis 1 standardisiert.

Länderscore

Dieser Score vergleicht die verkehrliche Situation der Länder. Im Einzelnen fließen die Netzdichte, der Motorisierungsgrad und die Getötetenrate im Vergleich zu Deutschland ein. Insgesamt erreicht Dänemark mit 0,8 den höchsten Wert für diesen Score, Ungarn erreicht mit 0,3 den niedrigsten Wert (Tab. 10.1).

2002	Getötete pro 100.000 EW		Netzdichte		Fahrzeugbestand* pro 1.000 EW		Gesamt-score
		Score	[km pro km ²]	Score		Score	
Dänemark	8,02	1	1.672	1	465	0,5	0,8
Finnland	7,28	1	234	0	510	0,5	0,5
Norwegen	6,12	0,5	284	0	601	1	0,5
Schweden	5,92	0,5	471	0	559	1	0,5
Ungarn	13,07	0	1.457	1	310	0	0,3
Deutschland	8,01		1.756		650		

Quelle: IRTAD

*ohne Mopeds / Mofas

Tabelle 10.1: Länderscore für ausgewählte Länder im Vergleich zu Deutschland, 2002

Studienscore

In diesen Score fließen der Umfang, die Dauer, das Alter und die Qualität der Studie ein. Der Qualitätsscore wurde dabei aus der Studie der EU von 2003 entnommen, in der alle relevanten Studien untersucht wurden. Obwohl die Gesamtscores aller Studien relativ nah beieinander liegen, haben die Studien in den unterschiedlichen Teilbereichen teilweise Mängel aufzuweisen. Besonders die finnische Studie erreicht aufgrund ihres Alters und ihres geringen Umfangs einen relativ niedrigen Score (Tab. 10.2).

Studie	Score für...				Gesamt-score
	Qualität	Alter	Umfang	Dauer	
Dänemark [37]	0,86	0,75	0,25	0,50	0,59
Finnland [4]	0,60	0,30	0,25	0,54	0,42
Norwegen [29]	0,60	0,73	0,75	1,00	0,77
Schweden [5]	0,64	0,43	0,75	0,36	0,55
Ungarn [45]	0,60	0,85	0,50	0,50	0,61

Tabelle 10.2: Studienscore für ausgewählte Studien

Situationsscore

Hier werden die wichtigsten (bekanntesten) Abweichungen in der Situation des Tagesfahrlichtes dargestellt, die für die Bewertung der einzelnen Schätzer von Bedeutung sind. Da die Art der Abweichung von Interesse ist, werden hier keine Werte zwischen 0 und 1 vergeben sondern die Art der Abweichung direkt benannt.

	Art der Regelung	Umfang	Motorrad- situation	Lichteinschalt- quoten vorher	exogene Einflussfaktoren
Dänemark	wie Deutschland	wie Deutschland	wie Deutschland	30%	Abblendlicht nachts
Finnland	wie Deutschland	außerorts, Winter	abweichend	50%	Geschwindigkeits- begrenzung
Norwegen	Leuchtenpflicht	wie Deutschland	wie Deutschland	30-35%	-
Schweden	wie Deutschland	wie Deutschland	abweichend	50%	-
Ungarn	wie Deutschland	außerorts	wie Deutschland	34%	weitere Maßnahmen

Tabelle 10.3: Situationsscore für ausgewählte Länder in Bezug auf das Fahren mit Licht am Tag

10.3 Übertragung und Ergebnisse für Deutschland

Auf der Basis der gewählten Variante und unter Berücksichtigung der Scores für die einzelnen Studien werden die Ergebnisse in Bezug auf die Reduktion der Unfallzahlen auf deutsche Verhältnisse übertragen. In den Fällen, in denen sich aus den Studien für die interessierende Unfallkonstellation direkte Schätzungen ergeben, werden diese auf die entsprechenden Unfälle in Deutschland angewandt. Bei den Unfallkonstellationen, zu denen die Studien keine Aussagen treffen, werden Annahmen getroffen und die Unfallreduktion aus den Unfallreduktionen vergleichbarer Unfallkonstellationen geschätzt.

Unfälle mit zwei Beteiligten

Im Rahmen der Potenzialabgrenzung wurden die Unfälle mit zwei Beteiligten nach den beteiligten Verkehrsteilnehmergruppen untergliedert.

Im Einzelnen sind dies:

- Unfälle zwischen zwei Kraftfahrzeugen
- Unfälle zwischen einem Kfz und einem Fahrrad
- Unfälle zwischen einem Kfz und einem Fußgänger
- Unfälle zwischen einem Kfz und einem Motorrad
- Unfälle zwischen einem Kfz und einem Moped
- Unfälle zwischen einem Kfz und einem sonstigen Verkehrsteilnehmer

Die vorliegenden Studien treffen Aussagen zu den ersten vier Unfallkonstellationen, jedoch nicht zu Unfällen mit Mopeds oder anderen Verkehrsteilnehmern.

Die *Unfälle zwischen zwei Kraftfahrzeugen* bilden unter den relevanten Unfällen mit zwei Beteiligten die größte Gruppe. Dementsprechend liegen für diese Unfälle die meisten Aussagen zu Unfallreduktionen vor. Die Studien unterscheiden hierbei nach Unfällen mit entgegenkommenden oder kreuzenden Fahrzeugen bzw. nach Unfällen mit Fahrzeugen, die in gleicher Richtung fahren. Für die Unfälle mit kreuzenden oder entgegenkommenden Fahrzeugen wurden Unfallreduktionen zwischen 5% und 34% festgestellt (vgl. Anhang 8, Bild 2). Bis auf drei Ergebnisse ist jedoch keines der Ergebnisse signifikant. In Finnland wurde außerorts im Winter ein signifikanter Rückgang von 17% bei Kreuzen-Unfällen festgestellt und in Ungarn wurde ein signifikanter Rückgang von 13% bei gutem Wetter auf überregionalen Straßen festgestellt. Aufgrund der saisonalen und regionalen Einschränkungen sind die Ergebnisse jedoch nur bedingt auf Deutschland übertragbar. Der dritte signifikante Rückgang (-12%) stammt aus der norwegischen Studie. Dieser Schätzer ist deutlich besser auf die deutsche Situation übertragbar, da er keine der Einschränkungen der anderen Studien besitzt. Da die Lichteinschaltquoten vor Einführung des Fahrens mit Licht am Tag in Norwegen mehr als doppelt so hoch waren wie sie in Deutschland derzeit sind, könnte für Deutschland ein etwas stärkerer Rückgang der Unfallzahlen bei den Kreuzen- und Entgegenkommen-Unfällen angenommen werden. Um jedoch eine Überschätzung des Rückgangs zu vermeiden, wird für diese Unfälle in Deutschland dennoch nur ein Rückgang von 12% angenommen.

Für Unfälle beim Fahren in gleicher Richtung bzw. Auffahrunfälle liegen Schätzer zwischen -2% und +10% vor. Die Anstiege bei der Anzahl der Auffahrunfälle werden von den jeweiligen Autoren auf mögliche Überdeckungseffekte bei der Bremsbeleuchtung zurückgeführt. Unter der Voraussetzung einer zunehmenden serienmäßigen Ausstattung mit dritten Bremsleuchten bzw. beim Fahren mit Tagfahrleuchten (ohne rückwärtige Beleuchtung) kann daher davon ausgegangen werden, dass es keine Zunahme von Auffahrunfällen gibt. Da Fahrzeuge, die mit Licht am Tag fahren, auch im Rückspiegel früher wahrgenommen werden können, kann bei Unfällen beim Fahren in gleicher Richtung (z.B. bei Überholunfällen) durchaus mit einem Rückgang der Unfallzahlen gerechnet werden. Da jedoch hierzu keine weiteren Ergebnisse in den Studien ausgewiesen sind, wird für diese Unfälle keine Veränderung angenommen.

Bei den Unfällen zwischen einem *Kraftfahrzeug* und einem *Fußgänger* reichen die Veränderungen in den Unfallzahlen von einem Rückgang um 27% innerorts im Sommer in Schweden bis zu einem Anstieg um 16% in Dänemark (vgl. Anhang 8, Bild 3). Beide Schätzer sind signifikant. Daneben wird in der norwegischen Studie ein leichter Anstieg (+4%, nicht signifikant) festgestellt und in Finnland ein deutlicher Rückgang um 24%. Da bei den Unfällen mit Fußgängern somit keine gesicherte Tendenz festzustellen war, wird für die Berechnung der Unfallreduktionen in Deutschland ebenfalls angenommen, dass sich für diese Art Unfälle keine Veränderung durch das Fahren mit Licht am Tag ergeben wird – obwohl die Ergebnisse insgesamt eher auf einen geringen Rückgang der Unfallzahlen hindeuten.

Ergebnisse zu Unfallreduktionen bei Unfällen zwischen *einem Kraftfahrzeug* und *einem Radfahrer* liegen nur aus zwei Ländern vor. In Schweden wird von einem Rückgang um 21% ausgegangen, in Dänemark von 4% (vgl. Anhang 8, Bild 4). Da in beiden Ländern im Vorherzeitraum wiederum von einer deutlich höheren Lichteinschaltquote als in Deutschland ausgegangen werden kann, wird der Rückgang in Deutschland deutlich über 4% liegen. Aufgrund dessen wird für diese Art Unfälle ein Rückgang von ca. 10% angenommen. Für Unfälle zwischen Kraftfahrzeugen und Mopeds, für die kein Schätzer vorliegt, wird ein ähnlicher Effekt erwartet und daher auch ein Rückgang von ca. 10% angenommen.

In Bezug auf die Unfallreduktionen *von Unfällen zwischen einem Kraftfahrzeug* und *einem Motorrad* liegen ebenfalls nur Ergebnisse aus zwei Studien vor, die die Auswirkungen bei einer Einführung des Fahrens mit Licht am Tag für andere Kraftfahrzeuge auf Motorradfahrer untersuchen. Da in keiner der beiden Studien ein signifikanter Anstieg oder Rückgang der Unfallzahlen gefunden wurde, kann keines der beiden angenommen werden. Aufgrund dessen wird für Unfälle zwischen einem Kraftfahrzeug und einem Motorrad ebenfalls keine Veränderung bei der Einführung des Fahrens mit Licht am Tag angenommen.

Die Reduktion für die Restgruppe der Unfälle zwischen Kraftfahrzeugen und sonstigen Verkehrsteilnehmern wird aus der mittleren Reduktion für die übrigen Unfälle mit zwei Beteiligten geschätzt und liegt danach bei ca. 6-7%.

Unfälle mit mehr als 2 Beteiligten

Da für Unfälle mit mehr als zwei Beteiligten keine separaten Schätzer vorliegen, werden die Reduktionen für diese Gruppe aus den Unfällen mit zwei Beteiligten abgeleitet. Die Reduktionspotenziale für Unfälle mit mehr als zwei Beteiligten, bei denen nur Kraftfahrzeuge beteiligt waren, werden aus den Unfällen mit zwei Beteiligten geschätzt, bei denen ebenfalls nur Kraftfahrzeuge beteiligt waren. Die erwarteten Veränderungen bei Unfällen zwischen Kraftfahrzeugen und Beteiligten einer anderen Verkehrsteilnehmergruppe werden aus den analogen Unfällen zwischen einem Kraftfahrzeug und einem anderen Verkehrsteilnehmer geschätzt.

Unfälle mit Sachschaden

In den vorliegenden internationalen Studien wurden ausschließlich Unfälle mit Personenschaden untersucht. Darüber hinaus muss jedoch auch mit Veränderungen bei den Unfällen mit Sachschaden ausgegangen werden. Die schwerwiegenden Unfälle mit Sachschaden (einschließlich der sonstigen Sachschadensunfälle unter Alkoholeinwirkung⁷) konnten analog zu den Unfällen mit Personenschaden aufgeteilt und die einzelnen Unfallkonstellationen aus den entsprechenden Konstellationen der Unfälle mit Personenschaden geschätzt werden.

Die übrigen Sachschadensunfälle mit leichtem Sachschaden sind in der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik nur als Gesamtzahl enthalten und können nicht analog aufgeteilt werden. Für diese Unfälle wird der gleiche Rückgang wie für Unfälle mit Leichtverletzten angenommen.

Ergebnisse

Auf der Basis der obigen Abschätzungen werden die Unfallrückgänge für die einzelnen Unfallkonstellationen für Deutschland berechnet und kumuliert.

Insgesamt können danach in Deutschland durch das Fahren mit Licht am Tag etwas mehr als 3% aller Unfälle mit Personenschaden vermieden werden. Dies entspricht mehr als 11.000 Unfällen mit Personenschaden (s. Tab. 10.4).

Die gleichen prozentualen Rückgänge ergeben sich bei den Verunglückten. Dies entspricht knapp 16.000 Verunglückten und darunter knapp 200 Getöteten.

Bei den Unfällen mit schwerem Sachschaden ergeben sich Rückgänge um etwa 4% oder ungefähr 4.500 Unfällen. Bei den Unfällen mit leichtem Sachschaden können ebenfalls ca. 3% bzw. fast 60.000 Unfälle eingespart werden. Die Unfallreduktion bei den sonstigen Sachschadensunfällen unter Alkoholeinfluss⁷ liegt mit 1% deutlich darunter und entspricht etwas mehr als 200 Unfällen.

⁷ Der Unfallbeteiligte stand unter Alkoholeinwirkung und falls Kraftfahrzeuge beteiligt waren, waren diese alle noch fahrbereit.

Monetarisierung

Für die im Projekt vorgesehene Nutzen-Kosten-Analyse müssen die Unfallreduktionen monetär bewertet werden. Zur Berechnung der Kosten der einzelnen Schadenskomponenten der Unfälle (Sachschäden und Personenschäden) werden die Kostensätze der volkswirtschaftlichen Kosten durch Straßenverkehrsunfälle in Deutschland herangezogen [10].

Für die Sachschadenskosten aller Unfälle, die pro Jahr durch das Fahren mit Licht am Tag eingespart werden können, ergibt sich ein Gesamtbetrag von 554 Mio. €. Die darüber hinaus eingesparten Kosten für Personenschäden belaufen sich auf insgesamt 462 Mio. € pro Jahr. Daraus ergeben sich pro Jahr insgesamt mehr als 1 Mrd. € eingesparte Unfallkosten.

	2002	Reduktion	
		in % ca.	absolut ca.
Unfälle mit Personenschaden	362.054	3%	11.000
dabei Verunglückte	483.255	3%	16.000
davon Getötete	6.842	3%	200
Schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden*	129.797	4%	4.700
Übrige Sachschadensunfälle	1.797.623	3%	60.000
Unfallkosten	33,8 Mrd. €	3%	1,02 Mrd. €

*inkl. sonstige Alkoholunfälle

Tabelle 10.4: Reduktionspotenzial für Unfälle, Verunglückte und Unfallkosten durch das Fahren mit Licht am Tag auf der Basis des Jahres 2002

11 Nutzen-Kosten-Analyse

Um die Effizienz der Maßnahme monetär bewerten zu können, wird der gewonnene Nutzen den durch das Fahren mit Licht am Tag zusätzlich entstehenden Kosten im Rahmen einer Nutzen-Kosten-Analyse gegenübergestellt. Mit der Nutzen-Kosten-Analyse soll darüber hinaus der nachhaltige Effekt der Maßnahme zur Verbesserung der Straßenverkehrssicherheit bewertet und ein Vergleich zwischen den verschiedenen technischen Varianten gezogen werden.

11.1 Methode

Im Rahmen der Nutzen-Kosten-Analyse werden drei Szenarios betrachtet, die sich durch die verschiedenen Möglichkeiten im Hinblick auf das Fahren mit Licht am Tag unterscheiden. Im ersten Szenario wird davon ausgegangen, dass alle Fahrzeuge mit Abblendlicht fahren, während im zweiten und dritten Szenario alle Fahrzeuge durch den Fahrzeughersteller mit speziellen Tagfahrleuchten ausgestattet sind. Die beiden letzten Szenarios unterscheiden sich dabei durch die Technik der Tagfahrleuchten. Während im zweiten Szenario von der Ausstattung mit Tagfahrleuchten in Glühlampentechnik ausgegangen wird, werden im dritten Szenario Tagfahrleuchten in LED-Technik betrachtet.



Für alle Szenarios werden die zusätzlichen Kosten und Nutzen im Vergleich zum Fahren ohne Licht (Null-Fall) gegenübergestellt.

Als positiver Nutzen gehen dabei die jährlichen Unfallkosten ein, die durch das Fahren mit Licht am Tag vermieden werden können (s. Bild 11.1). Dies schließt sowohl die Sachschadenskosten als auch die Kosten für Personenschäden ein. Neben diesem positiven Nutzen fließen die jährlichen Kosten für den Kraftstoffmehrverbrauch und die zusätzlichen CO₂-Emissionen als negativer Nutzen in die Berechnung ein. Auf der Kostenseite stehen den Nutzen die Einbaukosten für Neufahrzeuge und die jährlichen Wartungskosten (Austauschkosten für Glühlampen) für alle Fahrzeuge gegenüber.

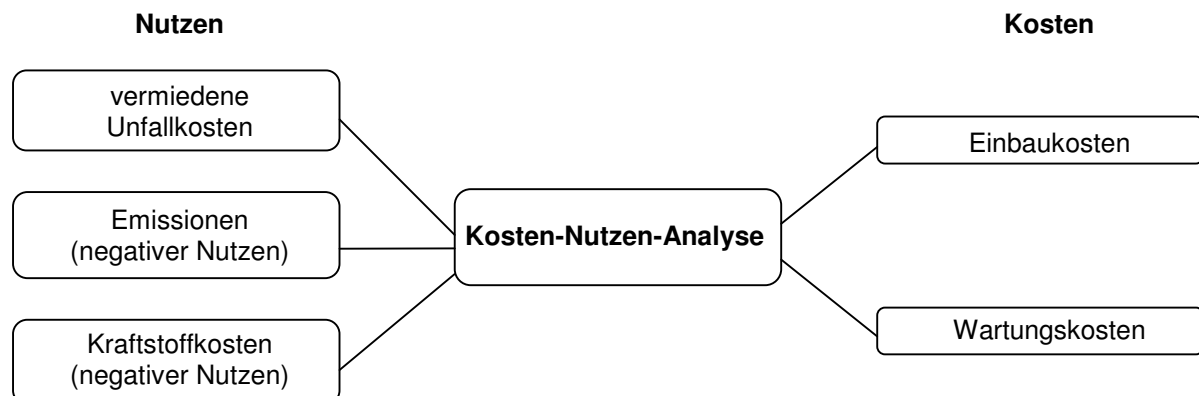


Bild 11.1: Komponenten der Nutzen-Kosten-Analyse

11.2 Ergebnisse

Nutzen

Der Nutzen in Form von eingesparten Unfallkosten beläuft sich für das Jahr 2002 auf ca. 1,02 Mrd. € (vgl. Kapitel 10.3, Tab. 10.4) – unabhängig von der gewählten technischen Variante.

Die Kosten für den zusätzlichen Kraftstoffverbrauch werden auf der Basis des jährlichen Kraftstoffmehrverbrauchs in der Untergliederung nach Otto-Kraftstoff und Diesel-Kraftstoff für die verschiedenen Szenarios berechnet. Unter Verwendung der Netto-Kraftstoffpreise⁸ ergeben sich für das Jahr 2002 zusätzliche Kosten von 220,2 Mio. € bei Abblendlicht, 52,8 Mio. € für Tagfahrleuchten in Glühlampentechnik und 21,1 Mio. € für Tagfahrleuchten in LED-Technik.

Die Kosten für die zusätzlichen CO₂-Emissionen werden für die verschiedenen Szenarios durch Anwendung des Kostensatzes für CO₂-Emissionen der Bewertungsverfahren für den Bundesverkehrswegeplan 2003 von 205 € je Tonne CO₂ berechnet. Die Kosten für zusätzliche Emissionen betragen im Jahr 2002 für Abblendlicht 410,7 Mio. €, für Tagfahrleuchten in Glühlampentechnik 98,2 Mio. € und für Tagfahrleuchten in LED-Technik 39,3 Mio. €.

Der Gesamtnutzen für das Fahren mit Licht am Tag beläuft sich im Jahr 2002 somit auf 384,7 Mio. € für das Fahren mit Abblendlicht, 864,7 Mio. € für Tagfahrleuchten in Glühlampentechnik und 955,3 Mio. € für Tagfahrleuchten in LED-Technik (s. Tab. 11.1).

Basisjahr 2002		Abblendlicht	Tagfahrleuchten	
			Glühlampen	LED
Vermiedene Unfallkosten	[Mio. €]	1015,7	1015,7	1015,7
Kosten für Mehrverbrauch	[Mio. €]	-220,2	-52,8	-21,1
Kosten für Mehremissionen	[Mio. €]	-410,7	-98,2	-39,3
Gesamtnutzen	[Mio. €]	384,7	864,7	955,3

Tabelle 11.1: Gesamtnutzen durch das Fahren mit Licht am Tag in Deutschland

Bei gleichem Nutzen durch eingesparte Unfallkosten ist der Gesamtnutzen durch das Fahren mit Licht am Tag in der Variante der Tagfahrleuchten deutlich höher als bei der Nutzung von Abblendlicht. Bei der Nutzung von Tagfahrleuchten in Glühlampentechnik ist der Nutzen mehr als doppelt so hoch wie bei der Nutzung von Abblendlicht. Bei der Nutzung von Tagfahrleuchten in LED-Technik ist der Nutzen durch noch geringeren Mehrverbrauch und geringere Mehremissionen noch größer (Faktor 2,5).

⁸ Quelle: Statistisches Bundesamt (26,6 Cent/Liter für Otto-Kraftstoff, 27,8 Cent/Liter für Diesel)

Kosten

Bei der Berechnung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses, dem Quotienten aus Nutzen und Kosten, werden neben dem volkswirtschaftlichen Nutzen auch die Kosten für Einbau und Wartung berücksichtigt.

Für das Fahren mit Abblendlicht fallen jährliche Austauschkosten für Glühlampen von ca. 239 Mio. € an (vgl. Kapitel 2.2.1). Einbaukosten entstehen in diesem Fall nicht.

Bei der Nutzung von Tagfahrleuchten (sowohl in Glühlampen- als auch in LED-Technik) fallen im Gegensatz zum Fahren mit Abblendlicht Einbaukosten an. Eine Ermittlung der Herstellereinstellungen, die für die Berechnung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses ausschlaggebend sind, war jedoch nicht möglich (vgl. Kapitel 2.2.1). Es ist davon auszugehen, dass die Einbaukosten für verschiedene Fahrzeugmodelle und Hersteller sehr unterschiedlich ausfallen können. Ebenso konnten keine Herstellereinstellungen für den Austausch von defekten Glühlampen bei Tagfahrleuchten ermittelt werden. Für Tagfahrleuchten wurden von der Industrie jedoch schon Glühlampen entwickelt, die eine deutlich längere Lebensdauer haben als herkömmliche Glühlampen und daher nur selten ausgetauscht werden müssen.

Nutzen-Kosten-Verhältnis für Abblendlicht und Tagfahrleuchten

Auf der Basis der obigen Nutzen und Kosten beträgt für das Abblendlicht das Nutzen-Kosten-Verhältnis 1,6. Dies bedeutet, dass der Nutzen durch das Fahren mit Abblendlicht am Tag 1,6 mal so hoch ist wie die dadurch entstehenden Kosten.

Ein Nutzen-Kosten-Verhältnis für das Fahren mit Tagfahrleuchten konnte aufgrund der fehlenden Informationen zu den Einbau- und Betriebskosten für diese Technik nicht bestimmt werden. Aufgrund der deutlich geringeren Kosten durch Mehrverbrauch und Emissionen ist jedoch von einem weitaus besseren Nutzen-Kosten-Verhältnis auszugehen.

Um das gleiche Nutzen-Kosten-Verhältnis wie für das Abblendlicht zu erreichen, müssten dem Nutzen Kosten in Höhe von 535 Mio. € bei Tagfahrleuchten in Glühlampentechnik bzw. Kosten in Höhe von 591 Mio. € bei Tagfahrleuchten in LED-Technik entgegenstehen. Dies würde bedeuten, dass bei ca. 3,5 Mio. Neufahrzeugen im Jahr 2002 in Deutschland die Herstellereinstellungen für Tagfahrleuchten in Glühlampentechnik pro Neufahrzeug bis zu 150 € bzw. 170 € für Tagfahrleuchten in LED-Technik liegen können.

Setzt man dagegen für die Tagfahrleuchten die gleichen volkswirtschaftlichen (Einbau- und Wartungs-) Kosten wie für das Fahren mit Abblendlicht an, würden sich pro Fahrzeug die Kosten für Tagfahrleuchten für beide Techniken auf ca. 70 € belaufen. Das bei gleichen Kosten bestimmte Nutzen-Kosten-Verhältnis läge dann für beide Varianten an Tagfahrleuchten deutlich höher als für Abblendlicht. Für Tagfahrleuchten in Glühlampentechnik ergäbe sich ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 3,6, für Tagfahrleuchten in LED-Technik sogar ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 4,0.

Der Nutzen und die Kosten für das Fahren mit Licht am Tag wurden unter Status-Quo-Bedingungen geschätzt. Sollten sich die Unfallzahlen bei gleich bleibenden oder steigenden Fahrleistungen weiter rückläufig entwickeln, wird sich das Nutzen-Kosten-Verhältnis verringern, da die Reduktion der Unfallzahlen geringer ausfallen wird während die Kosten für den Kraftstoffmehrverbrauch und die zusätzlichen Emissionen gleich bleiben bzw. ansteigen. Zumindest bei der Nutzung von Tagfahrleuchten als Tagesfahrlicht ist jedoch auch langfristig nicht davon

auszugehen, dass der Nutzen geringer ausfallen wird als die durch das Fahren mit Licht am Tag verursachten Kosten.

Fazit

Unabhängig von der gewählten Variante des Tagesfahrlichts liegt der Nutzen im Vergleich zu den Kosten für das Fahren mit Licht am Tag bei mindestens dem 1,6fachen.

Liegen die Kosten für Tagfahrleuchten pro Neufahrzeug unter einem Betrag von 150 € für Glühlampentechnik bzw. 170 € für LED-Technik, ist aufgrund des besseren Nutzen-Kosten-Verhältnisses diese Technik gegenüber dem Abblendlicht vorzuziehen.

Bei Annahme gleicher Kosten wie für das Fahren mit Abblendlicht erreichen Tagfahrleuchten ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von mehr als 3 – für LED-Technik ergibt sich sogar ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 4. Somit übersteigt der Nutzen die Kosten der Maßnahme um mindestens das Dreifache. Auch in diesem Fall wäre daher die Technik der Tagfahrleuchten dem Fahren mit Abblendlicht vorzuziehen.

12 Zusammenfassung

Der Vorschlag, dass alle Kraftfahrzeuge auch am Tag mit Licht fahren sollen, wird seit vielen Jahren national und international diskutiert. Ob aber das Fahren mit Licht am Tag eine effiziente Maßnahme zur nachhaltigen Verbesserung der Straßenverkehrssicherheit darstellt, wurde bisher in Deutschland nicht untersucht.

Im vorliegenden Bericht werden auf der Grundlage einer umfassenden Literaturanalyse und einer differenzierten Darstellung des Unfallgeschehens die Unfallreduktionspotenziale durch das Fahren mit Licht am Tag herausgearbeitet. Die technischen Möglichkeiten und rechtlichen Varianten des Fahrens mit Licht am Tag werden analysiert und die bestmögliche Variante extrahiert. Eine Nutzen-Kosten-Analyse der verschiedenen technischen Realisierungsmöglichkeiten bewertet die Effizienz der Maßnahme.

Von den im Rahmen des Projektes betrachteten technischen Varianten sind die Möglichkeit des Fahrens mit Abblendlicht und die der Nutzung spezieller Tagfahrleuchten in Glühlampen- oder LED-Technik als die in Deutschland sinnvoll realisierbaren Varianten zu sehen. Die beste Eignung für den Einsatz als Tagesfahrlicht haben spezielle Tagfahrleuchten. Das Fahren mit Abblendlicht ist dagegen aufgrund der eigentlichen Zweckbestimmung des Abblendlichts weniger geeignet und weniger effizient.

Tagfahrleuchten zeichnen sich im Vergleich zum Abblendlicht durch deutlich geringeren Kraftstoffmeherverbrauch und deutlich niedrigere CO₂-Emissionen aus. Während der Kraftstoffmeherverbrauch bei Abblendlicht pro Fahrzeug bei etwa 0,2l / 100km liegt, ergibt sich für Tagfahrleuchten in Glühlampentechnik ein Mehrverbrauch von maximal 0,052l / 100km und für Tagfahrleuchten in LED-Technik ein Mehrverbrauch von maximal 0,02l / 100km. Der jährliche gesamte Mehrverbrauch beträgt für Abblendlicht etwa 817 Mio. Liter. Dies entspricht einem Anteil von ca. 1,3% des gesamten jährlichen Kraftstoffverbrauchs in Deutschland. Der Mehrverbrauch bei der Nutzung von Tagfahrleuchten liegt deutlich darunter und entspricht einem Anteil von ca. 0,3% des Gesamtverbrauchs bei Glühlampentechnik bzw. 0,1% in LED-Technik.

Die Untersuchung der lichttechnischen Eigenschaften der speziellen Tagfahrleuchten ergab, dass eine Blendwirkung bei Tag praktisch ausgeschlossen werden kann. Um eine mögliche Blendwirkung in der Dämmerung zu vermeiden, wird in Kombination mit Tagfahrleuchten die Einführung eines Dämmerungsschalters als zweckmäßig erachtet. Ein Dämmerungsschalter würde darüber hinaus generell sicherstellen, dass bei der Nutzung von Tagfahrleuchten die Umschaltung auf Abblendlicht bei geringen Umgebungshelligkeiten erfolgt.

Die oft diskutierten negativen Auswirkungen einer Überdeckung der Bremsbeleuchtung beim Fahren mit Abblendlicht werden durch die Nutzung von speziellen Tagfahrleuchten als Tagesfahrlicht vermieden. Unabhängig davon verringert sich das Problem der Überdeckung der Bremsbeleuchtung durch die zunehmende Verbreitung der hochgesetzten dritten Bremsleuchten erheblich.

Im Rahmen der Analyse der Unfallzahlen für das Jahr 2002 wurde festgestellt, dass weniger als 50% aller Unfälle mit Personenschaden in Situationen stattfinden, auf die das Fahren mit Licht am Tag Auswirkungen haben kann. Dabei wurden etwa 48% aller Verunglückten und ca. 40% der insgesamt Getöteten registriert. Die Analyse der

Verkehrsunfalldaten nach saisonalen Gesichtspunkten zeigt, dass das Wirkpotenzial für das Fahren mit Licht am Tag im Sommer deutlich höher ist als im Winter.

Bei der Literaturanalyse wurde eine Vielzahl verschiedener Studien zu unterschiedlichen Aspekten des Fahrens mit Licht am Tag gesichtet und klassifiziert. Als relevant für die Analyse der Unfallreduktion in Deutschland stellten sich nur die Studien zur Unfallreduktion von Fahrzeugen bei einer landesweiten Einführung des Fahrens mit Licht am Tag heraus. Die Ergebnisse dieser Studien wurden zusammengefasst und unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Voraussetzungen der Studien und der Länder auf die Unfallzahlen in Deutschland übertragen.

Insgesamt können danach in Deutschland durch das Fahren mit Licht am Tag pro Jahr etwas mehr als 3% aller Unfälle vermieden werden.

Die häufig angeführten möglichen Nachteile für schwächere Verkehrsteilnehmer konnten durch die Literaturanalyse nicht bestätigt werden. Während die Studien für die Unfälle zwischen Kraftfahrzeugen und Radfahrern auf einen positiven Effekt hinweisen, konnten für Unfälle zwischen Kraftfahrzeugen und Fußgängern bzw. Motorradfahrern keine eindeutigen Tendenzen extrahiert werden. Um die Unterscheidbarkeit der Motorradfahrer von mehrspurigen Kraftfahrzeugen bei der Einführung einer Pflicht zum Fahren mit Licht am Tag nicht zu tangieren, sollte für motorisierte Zweiradfahrer eine andere als die bislang vorgeschriebene Signalisierungsart (Fahren mit Abblendlicht) vorgesehen werden.

Auf Basis der vorliegenden Erkenntnisse wird die folgende Variante zum Fahren mit Licht am Tag als sinnvoll angesehen:

- Neufahrzeuge müssen mit speziellen Tagfahrleuchten mit automatischer Aktivierung, gekoppelt an die Zündung, ausgestattet werden,
- ein Dämmerungsschalter zur automatischen Einschaltung des Abblendlichts ist obligatorisch für Neufahrzeuge einzuführen.

Um einen nachteiligen Sicherheitseffekt durch die Durchmischung mit beleuchteten und unbeleuchteten Fahrzeugen zu vermeiden, ist für Altfahrzeuge ohne spezielle Tagfahrleuchten das Fahren mit Licht am Tag ganzjährig auf dem gesamten Straßennetz dringend zu empfehlen.

Die Empfehlung für den bestehenden Kraftfahrzeugbestand sollte spätestens zum Zeitpunkt der Einführung der Ausstattungsvorschrift für die Neufahrzeuge ausgesprochen werden. Die Einführung der Empfehlung sollte dabei durch Medienkampagnen begleitet werden und im Herbst oder Winter beginnen.

Unabhängig von der technischen Ausführung des Tagesfahrlichts (Abblendlicht, Tagfahrleuchten in Glühlampentechnik oder in LED-Technik) liegt der Nutzen im Vergleich zu den Kosten für das Fahren mit Licht am Tag bei mindestens dem 1,6-fachen.

Liegen die Kosten für Tagfahrleuchten pro Neufahrzeug unter einem Betrag von 150 € für Glühlampentechnik bzw. 170 € für LED-Technik, ist aufgrund des besseren Nutzen-Kosten-Verhältnisses diese Technik gegenüber dem Abblendlicht vorzuziehen.

Bei Annahme gleicher Kosten wie für das Fahren mit Abblendlicht erreichen Tagfahrleuchten ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von mehr als 3 – für LED-Technik ergibt sich sogar ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 4. Somit übersteigt der Nutzen

die Kosten der Maßnahme um mindestens das dreifache. Auch in diesem Fall wäre daher die Technik der Tagfahrleuchten dem Fahren mit Abblendlicht vorzuziehen.

Im Hinblick auf eine nachhaltige Verbesserung der Straßenverkehrssicherheit kann das Fahren mit Licht am Tag somit als eine effiziente Maßnahme angesehen werden.

Literaturverzeichnis

- [1] ADAC (2004): **Lichtpflicht am Tag im Ausland**. Mitteilungen der Juristischen Zentrale, Nr.15/2004, 11.11.2004.
- [2] Allen, M. J.; Clark, J. R. (1964): **Automobile Running Lights - a Research Report**. American Journal of Optometry, 41, 293 – 315
- [3] Allen, M. J. (1979): **The Current Status of Automobile Running Lights**. Journal of the American Optometric Association 50, 179-180
- [4] Andersson, K.; Nilsson, G.; Salusjärvi, M. (1976): **The Effect of Recommended and Compulsory Use of Vehicle Lights on Road Accidents in Finland**. VTI Rapport Nr. 102 1976, Linköping
- [5] Andersson, K.; Nilsson, G. (1981): **The Effects on Accidents of Compulsory Use of Running Lights During Daylight in Sweden**. VTI Rapport Nr. 208A 1981, Linköping
- [6] Arora, H. et al. (1994): **Effectiveness of Daytime Running Lights in Canada**. TP 12298 (E), Transport Canada, Ottawa
- [7] Arora, H. (1989): **Critique of a Study of the Effectiveness of Daytime Running Lights**.
- [8] Attewell, R. (1996): **Road Safety Evaluation of Daytime Running Lights for Motor Cycles**. INSTAT Australia. Report to Federal Office of Road Safety
- [9] Attwood, D. A. (1981): **The Potenzial of Daytime Running Lights as a Vehicle Collision Countermeasure**. SAE Technical Paper 810190. Society of Automotive Engineers
- [10] BAST(2004): **Volkswirtschaftliche Kosten durch Straßenverkehrsunfälle in Deutschland, 2002**. Wissenschaftliche Informationen der Bundesanstalt für Straßenwesen 4/04, Bergisch Gladbach
- [11] Bergkvist, P. (2001): **Daytime Running Lights (DRLs) - a North American Success Story**. In the proceedings of the 17th international Conference on the enhanced safety of vehicles. Amsterdam, June 4th – 7th
- [12] Bosch (2002): **Kraftfahrtechnisches Taschenbuch**. Vieweg, 24. Auflage
- [13] Braess/Seiffert (Hrsg) (2000): **Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik**, S.130 u. 188
- [14] Brooks, A. M. (2004): **Excerpts from a Driving Simulator Study of Enhanced Motorcycle Conspicuity**. Dynamic Research Inc., Torrance, ACEM-Studie
- [15] Brouwer, R. F. T. et al. (2004): **Do other Road Users Suffer from the Presence of Cars that have Their Daytime Running Lights on?** Rep. No. TM-04-C001, TNO Human Factors, Soesterberg, The Netherlands
- [16] Cairney, P.; Styles, T. (2003): **Review of the Literature on Daytime Running Lights (DRL)**. CR218, Australian Transport Safety Bureau, Department of Transport and Regional Services, Melbourne
- [17] Cantilli, E. J. (1965): **Daylight "Lights on" Plan by Port of New York Authority**. Traffic Engineering 37:17, Dec 1965
- [18] Cantilli, E. J. (1970): **Accident Experience with Parking Lights as Running Lights**. Highway Research Report No. 32. National Research Council, Transportation Research Board, Washington, DC. oder: Highway Research Record, 332, 1 – 13
- [19] Clayton, A. B.; Mackay, M.G. (1972): **Aetiologlogy of Traffic Accidents**. Health Bulletin, 31(4), 277-280
- [20] CNSR (2004): **Faut-il recommander l'utilisation des feux de jour?** Empfehlungspapier des Comité des Experts des Conseil National de la Sécurité Routière, 20.09.2004..
- [21] Cobb, J. (1999): **Vehicle Lighting and Signalling**. Transport Research Laboratory, Report No. 338
- [22] Collard, D. (1996): **Estimating DRL Effectiveness by Light Condition and Collision Type**. Report No. TMVS 9602, Transport Canada

- [23] Commandeur, J. et al. (2004): **Scenarios for the Implementation of Daytime Running Lights in the European Union**. Study in the Framework of a European Commission Project, Work Package 4, R-2003-29, SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam
- [24] Commandeur, J. (2004): **State of the Art with Respect to Implementation of Daytime Running Lights**. Study in the Framework of a European Commission Project, Work Package 1, R-2003-28, SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam
- [25] Dahlstedt, S. (1986): **A Comparison of Some Daylight Motorcycle Visibility Treatments**. National Swedish Road and Traffic Research, Report No. 302A
- [26] DIW (2004): **Verkehr in Zahlen 2004/2005**
- [27] Donne, G. L. (1990): **Research into Motorcycle Conspicuity and its Implementations**. SAE Technical Paper No. 900749, International Congress and Exposition
- [28] ECMT (Hrsg.) (1980): **Report on the Safety of Users of Two-Wheeled Motor Vehicles**. Annual Report and Resolutions of the Council of Ministers, 27, pp 122 – 128
- [29] Elvik, R.; Christensen, P.; Olsen, S. F. (2003): **Daytime Running Lights – A Systematic Review of Effects on Road Safety**. TOI report 688/2003, Oslo, Norwegen
- [30] Elvik, R. (1993): **The Effects on Accidents of Compulsory Use of Daytime Running Lights in Norway**. *Accid. Anal. and Prev.* Vol. 25, No. 4, pp 383-398
- [31] Elvik, R. (1996): **A Meta-Analysis of Studies Concerning the Safety Effects of Daytime Running Lights on Cars**. *Accid. Anal. and Prev.* Vol. 28, No. 6, pp 685-694
- [32] Farmer, C. M.; Williams, A. F. (1996): **Comment on Theeuwes and Riemersma's Revisit of Daytime Running Lights**. *Accid. Anal. and Prev.* Vol. 28, No. 4, pp 541-542
- [33] Farmer, C. M.; Williams, A. F. (2002): **Effects of Daytime Running Lights on Multiple-Vehicle Crashes in the United States**. *Acc. Anal. and Prev.* Vol 34, pp 197-203
- [34] Foldvary (1967): **A Method of Analyzing Collision Accidents: Tested on Victorian Road Accidents which Occurred in 1961 and 1962, Part 2**. *Australian Road Research* 3, 41-55
- [35] Hagenzieker, M. (1990): **Visual Perception and Daytime Running Lights (DRL): A Literature Survey**. SWOV Institute for Road Safety Research, Report No. R-90-43
- [36] Hansen, L. K. (1993): **Daytime Running Lights in Denmark - Evaluation of the Safety Effect**. Danish Council of Road Safety Research. Copenhagen, March 1993
- [37] Hansen, L. K. (1994): **Daytime Running Lights (DRL): Experience with Compulsory Use in Denmark**. Road Safety in Europe and Strategic Highway Research Program, Lille, Sep 1994
- [38] Hautzinger, H.; Tassaux-Becker, B.; Hamacher, R. (1996): **Verkehrsunfallrisiko in Deutschland – Verkehrsmobilität in Deutschland zu Beginn der 90er Jahre**. Band 5, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Unterreihe „Mensch und Sicherheit“, Heft M 58
- [39] Hautzinger, H. et al. (2004): **Fahrleistungserhebung 2002. Teil: Begleitung und Auswertung. Band 1: Inländerfahrleistung 2002. Untersuchung im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen, Projekt Nummer FE 82.201/2001, Heilbronn/Mannheim**
- [40] Hella (2004): **Tagesfahrlicht**. Präsentation Hella, St. Augustin DVR
- [41] Helmers, G. (1988): **Daytime Running Lights - a Potenz Traffic Safety Measure?** VTI Rapport Nr. 333A 1988, Linköping
- [42] Herslund, M.-B. (1993): **Looked-but-Failed-to-See Errors at Give-Way Intersections and Roundabouts**. Centre for Traffic and Transport, Technical University of Denmark, Lyngby
- [43] Hills, B.L. (1980): **Vision, Visibility and Perception in Driving**. *Perception* 9, 183-216
- [44] Hocherman, I.; Hakkert, A. S. (1991): **The Use of Daytime Running Lights During the Winter Months in Israel; Evaluation of a Campaign**. In the proceedings of the 3rd workshop: International Cooperation on Theories and Concepts in Traffic Safety. In *Engineering Bulletin*, 94, 123 – 131. Lund University, Lund
- [45] Hollo, P. (1995): **Changes of the DRL-Regulations and their Effect on Traffic Safety in Hungary**. VTI konferens 4A part 1

- [46] Hollo, P. (1998): **Changes in the Legislation on the Use of Daytime Running Lights by Motor Vehicles and their Effect on Road Safety in Hungary.** *Accid. Anal. and Prev.* Vol. 30, No.2, pp 183-199
- [47] Hörberg, U.; Rumar, K. (1975): **Running Lights – Conspicuity and Glare.** Report 178m, Department of Psychology, University of Uppsala, Sweden
- [48] Hörberg, U.; Rumar, K. (1979): **The Effects of Running Lights on Vehicle Conspicuity in Daylight and Twilight.** *Ergonomics*, 22, 165 – 173
- [49] Hörberg, U. (1977): **Running Light – Twilight Conspicuity and Distance Judgement.** Report 215, Department of Psychology, University of Uppsala, Sweden
- [50] Höse, M.; Hengemühl, P. (2000): **Alternativ-Lösung für Tagfahrlicht.** Dokumentation eines Projektes der FH Köln, Fachbereich Design
- [51] Hurt, H.H.; Ouellet, J.V.; Thom, D.R. (1981): **Motorcycle Accident Cause, Factors, and Identification of Countermeasures.** NHTSA Report DOT HS 805 862 3, US department of Transportation, Washington D.C
- [52] IFZ (2004): **Das Signalbild von motorisierten Zweirädern.** Präsentation IFZ, Expertengespräch im DVR
- [53] Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (2002): **Aktualisierung des Daten- und Rechenmodells: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1980-2020.** Endbericht, UFOPLAN Nr. 201 45 112, Heidelberg, 31. Oktober 2002, S. 107
- [54] Janoff, J. S. et al. (1970): **Daytime Motorcycle Headlight and Taillight Operation.** NHTSA, DOT HS 800 321, report F-C2588, Franklin Institute, Philadelphia, PA
- [55] Japan (2003): **Safety Effects of "Automatic Headlamps on" on Two-Wheeled Vehicles in Japan.** Informal Document No.3, UN-ECE, 50th GRE, 15.01.2003
- [56] Japan (2003): **Study on the Effects of Four-Wheeled Vehicles' Daytime Running Lights on the Improvement of Their Conspicuity and on the Impairment of Conspicuity of Motorcycles.** Informal Document No. 10, UN-ECE, 51st GRE, 15-19 September 2003
- [57] KfV (Hrsg.) (1993): **"Fahren mit Licht auch am Tag"; Ergebnisse des Großversuchs beim Kraftwagendienst der Österreichischen Bundesbahnen und bei der österreichischen Post- und Telegraphenverwaltung.** Institut für Verkehrstechnik und Unfallstatistik, Kuratorium für Verkehrssicherheit, Wien
- [58] Kirkpatrick, M.; Baker, C.; Heasley, C. (1987): **A Study of Daytime Running Light Design Factors.** NHTSA, DOT HS 807 193
- [59] Kirkpatrick, M.; Marshall, R. (1989): **Evaluation of Glare from Daytime Running Lights.** NHTSA, DOT HS 807 502
- [60] Klöckner, J. H.; Nicklisch, F. (1991): **Auswirkungen des Tagesfahrlichtes auf die Verkehrssicherheit.** *Zeitschrift für Verkehrssicherheit* 37, Nr. 1, pp 12-17
- [61] Koornstra, M; Bijleveld, F.; Hagenzieker, M. (1997): **The Safety Effects of Daytime Running Lights. A Perspective on Daytime Running Lights (DRL) in the EU: the Statistical Re-Analysis and a Meta-Analysis of 24 Independent DRL-Evaluations as Well as an Investigation of Possible Policies on a DRL-Regulation in the EU.** Rep. R-97-36, SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam
- [62] Koornstra, M. J.; Bijleveld, F. D. (1999): **A Letter to the Editor about An Evaluation of the Impact of Daytime Running Lights on Traffic Safety in Canada.** *Journal of Safety Research*, Vol.30, No.1, pp 1-4
- [63] Koornstra, M. J. (1993): **Daytime Running Lights: is Safety Revisited.** Rep. D-93-25. SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam
- [64] Kreispolizeibehörde Minden (1999): **Projekt "Licht am Tag".** - Erfahrungsbericht der Polizei zum Projekt
- [65] Langham, M.; Hole, G. (1998): **Looking and Failing to See Error, the Cost of Experience?** *Applied Psychology and COGS Vision*, University of Sussex, Brighton oder School of

- Cognitive and Computing Sciences. Sussex Centre for Neuroscience, University of Sussex, Brighton
- [66] Lassarre, S. (2002): **Évaluation de l'expérimentation des feux de croisement de jour dans les Landes**. Rapport INRETS no. 244, Décembre 2002
- [67] Lau, E. (2000): **Daytime Running Light Effectiveness. A Preliminary Evaluation**. Presented at a Government/Industry Meeting, June 19-21, 200 Washington, DC
- [68] Lindeijer, J. E. et al. (1990): **Design of a Study into the Effects of DRL on Accident Rates – Methods of Analysis and Evaluation Techniques**. Concept 14/11/90, SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam
- [69] LTSA (Hrsg.) (2000): **Benefit-Cost Analysis of Daytime Running Lights (DRL)**. Land Transport Safety Authority, Internal Report
- [70] LVW-NDS (2000): **Der Modellversuch "Licht an - auch am Tage"**. Bericht der Landesverkehrswacht Niedersachsen zur niedersächsischen Plakataktion Okt 98 – Sep 99
- [71] Muller, A. (1984): **Daytime Headlight Operation and Motorcyclist Fatalities**. Accident Analysis & Prevention, 16, 1 – 18
- [72] NHTSA (Hrsg.) (2000): **A Preliminary Assessment of the Crash-Reducing Effectiveness of Passenger Car Daytime Running Lamps**. Technical Report DOT HS 808 645, National Highway Traffic Safety Administration, U.S. Department of Transportation, Washington D.C
- [73] NHTSA (Hrsg.) (2004): **An Assessment of the Crash Reducing Effectiveness of Passenger Vehicle Daytime Running Lamps (DRL)**. Technical Report DAT HS 809 760, National Highway Traffic Safety Administration, U.S. Department of Transportation, Washington D.C
- [74] Olson, P.L.; Halstead-Nussloch, R.; Sivak, M. (1981): **The Effect of Improvements in Motorcycle/Motorcyclist Conspicuity on Drive Behaviour**. Human Factors 23 (2), 237-248
- [75] Paine, M. (2003): **A Review of Daytime Running Lights**. Vehicle Design and Research Pty Limited. für NRMA Motoring & Services and RACV
- [76] Perel, M. (1991): **Evaluation of the Conspicuity of Daytime Running Lights**. Auto and Traffic Safety, Summer, 32 – 37
- [77] Perlot, A.; Prower, S. (2003): **Review of the Evidence for Motorcycle and Motorcar Daytime Lights**
- [78] Polak, P. H. (1987): **Daytime Running Lights: The Attention Light – A Literature Survey of Daytime Running Lights for Motor Vehicles and their Effect on Road Safety in the Netherlands**. R-87-36, SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam
- [79] Poole, D. (1999): **Daytime Running Lights: Small Scale Fleet Study**. Royal Automobile Club of Western Australia, Report No. TS99/2
- [80] Prower, S. (1998): **Daytime Lights for Motorcars. Three Page Critical Review of Findings of Koornstra et al 1997**. British Motorcyclists Federation
- [81] Prower, S. (2001): **How NHTSA 2000 ,A Preliminary Assessment of the Crash Reducing Effectiveness of Passenger Car Daytime Running Lamps' Fails to Overcome the Problems of Method of the Daytime Running Light Studies**. British Motorcyclists Federation
- [82] Radin Umar, R.S.; Mackay, M.G.; Hills, B.L. (1995): **Preliminary Analysis of Motorcycle Accidents: Short-Term of the Running Headlights Campaign and Regulation**. Journal of Traffic Medicine, UK
- [83] Radin Umar, R.S.; Mackay, M.G.; Hills, B.L. (1996): **Modelling of Conspicuity-Related Motorcycle Accidents in Seremban and Shah Alam, Malaysia**. Accident Analysis and Prevention 28, 325-332
- [84] Rumar, K. et al. (1993): **Daytime Running Lights (DRL)**. CIE Technical Report, CIE 104, Wien
- [85] Rumar, K. (2003): **Functional Requirements for Daytime Running Lights**. The University of Michigan, Report No. UMTRI-2003-11, CE-3602, Item 7.1.15

- [86] Schepers, A.; Nicklisch, F. (1998): **Stellungnahme zu „The Safety Effects of Daytime Running Lights“**. Bundesanstalt für Straßenwesen, unveröffentlicht.
- [87] Schieber, F. (1998): **Analytic Study of Daytime Running Lights as Potenzial Sources of Disability and Discomfort Glare und Ambient Illumination Conditions Ranging from Dawn through Dusk**. Heimstra Human Factors Laboratories, University of South Dakota, Oct 26, 1998
- [88] Sparks, G. A. et al. (1991): **The Effect of Daytime Running Lights on Crashes between Two Vehicles in Saskatchewan: A Study of a Government Fleet**. Acc. An. & Prev. 25, p. 619-625, 1993
- [89] Sparks, G. A.; Neudorf, R. D.; Smith, A. E. (1989): **Daytime Running Lights Reduce Accidents - A Two Year Fleet Experience in Saskatchewan**. Saskatoon, Canada. Traffic Safety Services Department. SaskAuto
- [90] Stein, H. (1985): **Fleet Experience with Daytime Running Lights in the United States**. SAE Technical Paper 851239. Warrendale, PA, Society of Automotive Engineers
- [91] Stone, M. (1999): **Questions of Probability in Daytime-Running Light Argument**. Accident Analysis and Prevention 31 (1999) p. 479-483
- [92] Theeuwes, J.; Riemersma, J. (1990): **Daytime Running Lights. A Review of Theoretical Issues and Evaluation Studies**. NTIS Alert, National Technical Information Service, 5285 Port Royal Road; Springfield; VA; 22161
- [93] Theeuwes, J.; Riemersma, J. (1995): **Daytime Running Lights as a Vehicle Collision Countermeasure: The Swedish Evidence Reconsidered**. Acc. An. & Prev. Vol. 27 No 5, p. 633-642
- [94] Theeuwes, J.; Riemersma, J. (1996): **Comment on Williams and Farmer's Evaluation of Daytime Running Lights**. Accid. Anal. and Prev. Vol. 28, No. 6, pp 799-800
- [95] Thompson, P. A. (2003): **Daytime Running Lamps (DRLs) for Pedestrian Protection**. [SAE paper 2003-01-2072]. Bericht von General Motors zum PAL-Symposium der TU Darmstadt zur Lichttechnik in Kfz, 2003
- [96] Tofflemire, T. C.; Whitehead, P. C. (1997): **An Evaluation of the Impact of Daytime Running Lights on Traffic Safety in Canada**. Journal of Safety Research, Vol. 28, No. 4, pp. 257-272
- [97] Tofflemire, T. C.; Whitehead, P. C. (1999): **Reply to Koornstra and Beijlevelds Letter to the Editor**. Journal of Safety Research, Vol.30, No.1, pp 4-5
- [98] unb. (1992): **Motorcycle Safety in Victoria (Chapter 4 and Appendix)**. Road Safety Commission, Government of Victoria, Australia
- [99] UN-ECE: **Regelung Nr. 20 H-4 Scheinwerfer. FEE Fahrzeugtechnik EG/ECE**. Kirschbaum Verlag Bonn
- [100] UN-ECE: **Regelung Nr. 48 Anbau der Beleuchtungseinrichtungen. FEE Fahrzeugtechnik EG/ECE**. Kirschbaum Verlag Bonn
- [101] UN-ECE: **Regelung Nr. 87 Tagfahrleuchten. FEE Fahrzeugtechnik EG/ECE**. Kirschbaum Verlag Bonn
- [102] UN-ECE: **Regelung Nr. 98 Scheinwerfer mit Gasentladungs-Lichtquellen. FEE Fahrzeugtechnik EG/ECE**. Kirschbaum Verlag Bonn
- [103] Vaaje, K. (1986): **Kjo/relys om dagen rduserer ulykkestallene**. Arbeidsdokument 15.08.1986, Q-38 CRASH, Transporto/konomisk Institutt, Oslo
- [104] Waller, P. F.; Griffin, L. I. (1977): **The Impact of a Motorcycle Lights-on Law**. Proceedings of the 21st Conference of the American Association for Automotive Medicine. American Association for Automotive Medicine, Morton Grove, IL, pp. 14-25
- [105] White, J. G. (1998): **Information on Daytime Running Lights**. TMSR 9801. Transport Canada, Standards and Regulations Division, Technical Memorandum
- [106] Williams, A. F.; Lancaster, K. A. (1995): **The Prospects of Daytime Running Lights for Reducing Vehicle Crashes in the United States**. Public Health Reports 110, 233-239

-
- [107] Williams, M.J.; Hoffman, E.R. (1977): **The Influence of Motorcycle Visibility on Traffic Accidents**. University of Melbourne
- [108] Williams, M.J.; Hoffman, E.R. (1979): **Conspicuity of Motorcycles**. Conspicuity of Motorcycles. Human Factors 21, 612-626
- [109] Williams, P. R. (1989): **Driving at Dusk and the Conspicuity Role of Vehicle Lights: A Review**. Australian Road Research, 19, 227 – 287
- [110] Yuan, W. (2000): **The Effectiveness of the "Ride-Bright" Legislation for Motorcycles in Singapore**. Accident Analysis and Prevention, 32, 559 - 563
- [111] Zador, P. L. (1985): **Motorcycle Headlight-Use Laws and Fatal Motorcycle Crashes in the US 1975 - 83**. American Journal of Public Health 75, 543-546
- [112] Ziedman, K.; Burger, W. (1993): **Effect of Ambient Lighting and Daytime Running Light (DRL) Intensity on Peripheral Detection of DRL**. Transportation Research Record, Transportation Research Board Business Office; 2101 Constitution Avenue; NW Washington; DC; 20418
- [113] (1987): **Gesetz zu dem Übereinkommen vom 8. November 1968 über den Straßenverkehr** Bundesgesetzblatt Z1998 A, S. 809 ff., 11.10.1997, Bonn
- [114] **www.kfz-tech.de**

Anhang

Anhang 1

2002	Pkw		Lkw		Sattelz.	Bus	
	Otto	Diesel	Otto	Diesel	Diesel	Otto	Diesel
Berechnungsgrundlagen							
Kraftstoffdichte [kg/l]	0,747	0,833	0,747	0,833	0,833	0,747	0,833
Spez. Heizwert [MJ/kg]	43,5	42,5	43,5	42,5	42,5	43,5	42,5
Wirkungsgrad Generator	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Wirkungsgrad Motor	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4
Leistungsaufnahme der Beleuchtung [W]							
Abblendlicht	140	140	140	210	210	140	210
TFL	35	35	35	35	35	35	35
TFL-LED	14	14	14	14	14	14	14
Durch TFL benötigter Kraftstoff [l/100km]							
Abblendlicht	0,207	0,142	0,207	0,214	0,214	0,207	0,214
TFL	0,052	0,036	0,052	0,036	0,036	0,052	0,036
TFL-LED	0,021	0,014	0,021	0,014	0,014	0,021	0,014

Tabelle 1: Berechnung des durch Tagesfahrlicht entstehenden streckenbezogenen Kraftstoffmeherverbrauchs

2002	Pkw		Lkw		Sattelz.	Bus		alle Fahrzeuge		Gesamt
	Otto	Diesel	Otto	Diesel	Diesel	Otto	Diesel	Otto	Diesel	
Berechnungsgrundlagen										
Inländerfahrleistung [Mio. km]	431.246	152.315	3.144	55.198	13.702	3	3.631	434.393	224.846	659.239
...davon relevant für TFL	277.722	98.091	2.050	35.989	8.043	2	2.338	279.774	144.461	424.236
Gesamtverbrauch [Mio. Liter]	36.633	10.529	390	11.230	5.001	1	1.097	37.024	27.857	64.881
Emissionen an CO ₂ [kt]	86.883	27.847	925	29.701	13.227	2	2.901	87.811	73.675	161.486
Umrechnungsfaktor zur Emissionsberechnung	3,175 kg CO ₂ / kg Kraftstoff									
Zusatzverbrauch durch TFL [Mio. l]										
Abblendlicht	574,3	139,6	4,2	76,9	17,2	0,0	5,0	578,6	238,7	817,3
TFL	143,6	34,9	1,1	12,8	2,9	0,0	0,8	144,6	51,4	196,1
TFL-LED	57,4	14,0	0,4	5,1	1,1	0,0	0,3	57,9	20,6	78,4
Anteil am Gesamtverbrauch [%]										
Abblendlicht	1,57	1,33	1,09	0,68	0,34	0,40	0,46	1,56	0,86	1,26
TFL	0,39	0,33	0,27	0,11	0,06	0,10	0,08	0,39	0,18	0,30
TFL-LED	0,16	0,13	0,11	0,05	0,02	0,04	0,03	0,16	0,07	0,12
Mehremissionen an CO₂ durch TFL [kt]										
Abblendlicht	1.362	369	10	203	45	0	13	1.372	631	2.003
TFL	341	92	3	34	8	0	2	343	136	479
TFL-LED	136	37	1	14	3	0	1	137	54	192
Anteil an gesamten Emissionen [%]										
Abblendlicht	1,57	1,33	1,09	0,68	0,34	0,40	0,46	1,56	0,86	1,24
TFL	0,39	0,33	0,27	0,11	0,06	0,10	0,08	0,39	0,18	0,30
TFL-LED	0,16	0,13	0,11	0,05	0,02	0,04	0,03	0,16	0,07	0,12

Tabelle 2: Berechnung des absoluten und relativen Kraftstoffmehrverbrauchs durch Tagesfahrlicht sowie der zugehörigen CO₂-Emissionen.

Anhang 2

Schätzung des Tageslichtanteils der Gesamtfahrleistungen für Kraftfahrzeuge in Deutschland (2002)

Basis:

- Fahrleistungen der Fahrleistungserhebung 2002 [39] nach Uhrzeitgruppen
- Unfallraten nach Uhrzeitgruppen, umgerechnet auf Unfallraten nach Lichtverhältnissen
- Lichteinschaltquoten in Deutschland (geschätzt, vgl. Kap. 7.4)
- Witterungsinformationen des DWD⁹

Als Basis für die Schätzung werden die nach Uhrzeiten unterteilten Fahrleistungen aus der Fahrleistungserhebung aus dem Jahr 2002 herangezogen. Über die entsprechend untergliederten Unfallzahlen aus der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik werden die Unfallraten nach den Uhrzeitengruppen ermittelt. Die Unfallraten aus den eindeutig der Dunkelheit oder dem Tageslicht zuordnenbaren Uhrzeitengruppen werden dann als Anhaltspunkte für die Unfallraten bei Dunkelheit oder Tageslicht festgesetzt und über die Unfallzahlen die Fahrleistungsanteile bei Tageslicht ermittelt. Aufgrund der Abschätzung des Status Quo der Lichteinschaltquoten in Deutschland werden von diesem Fahrleistungsanteil für alle Fahrzeugklassen pauschal 15% in Abzug gebracht. Darüber hinaus wird der Fahrleistungsanteil bei Tageslicht noch um 5% reduziert, um die Fahrleistungen bei schlechter Witterung herauszufiltern.

2002	Pkw		Omnibusse *		Lkw		Sattelz.	
	Otto-Motor	Diesel	Otto-Motor	Diesel	Otto-Motor	Diesel	Otto-Motor	Diesel
Fahrleistung** [Mio. km]	431.246	152.315	3	3.631	3.144	55.198	0	13.702
Bestand [1.000]	37.297	7.308	0	85	264	2.368	0	179
VK/DK-Verbrauch [Mio. Liter]	36.633	10.529	1	1.097	390	11.230	0	5.001

Quelle: DIW

*einschließlich Oberleitungsbussen

** Inländerfahrleistung (einschließlich Auslandsstrecken)

Tab. 1: Inländerfahrleistung, Bestand und Verbrauch verschiedener Verkehrsteilnehmergruppen, 2002

	Pkw	Lkw	Sattelz.
Tageslichtanteil	ca. 80%	ca. 81%	ca. 73%
ohne			
Fz. mit Licht (-15%)	ca. 68%	ca. 69%	ca. 62%
Schlechtwetterzeiten (-5%)	ca. 65%	ca. 65%	ca. 59%

Tab. 2: Tageslichtanteil (ohne Dämmerung) von Fahrleistungen nach Fahrzeuggruppen

⁹ Witterungsreport Express des Deutschen Wetterdienstes

Anhang 3

Personenbezogene Ursachen	
Abstand	- ungenügender Sicherheitsabstand - starkes Bremsen des Vorfahrenden ohne zwingenden Grund
ruhender Verkehr / Verkehrssicherung	- unzulässiges Halten oder Parken - mangelnde Sicherung haltender oder liegengebliebener Fahrzeuge und von Unfallstellen
Ladung – Besetzung	- Überladung, Überbesetzung - unzureichend gesicherte Ladung oder Fahrzeugzubehörteile
technische Mängel / Wartungsmängel	- Beleuchtung - Bereifung - Bremsen - Lenkung - Zugvorrichtung - andere Mängel
allgemeine Ursachen	
Glätte oder Schlüpfrigkeit der Fahrbahn	- Verunreinigung durch ausgeflossenes Öl - andere Verunreinigung durch Straßenbenutzer - Schnee, Eis - Regen - andere Einflüsse (u.a. Laub, angeschwemmter Lehm)
Zustand der Straße	- Spurrillen im Zusammenhang mit Regen, Schnee, Eis - anderer Zustand der Straße - nicht ordnungsgemäßer Zustand der Verkehrszeichen oder –einrichtungen
Mangelhafte Sicherung von Bahnübergängen	
Seitenwind	
Unwetter oder sonst. Witterungseinflüsse	
Hindernisse	- nicht oder unzureichend gesicherte Arbeitsstelle auf der Fahrbahn - Wild auf der Fahrbahn - andere Tiere auf der Fahrbahn - sonstige Hindernisse auf der Fahrbahn

Tab 1: Nicht relevante Ursachen in Bezug auf das Fahren mit Licht am Tag

Anhang 4 (Bilder 1 und 2)

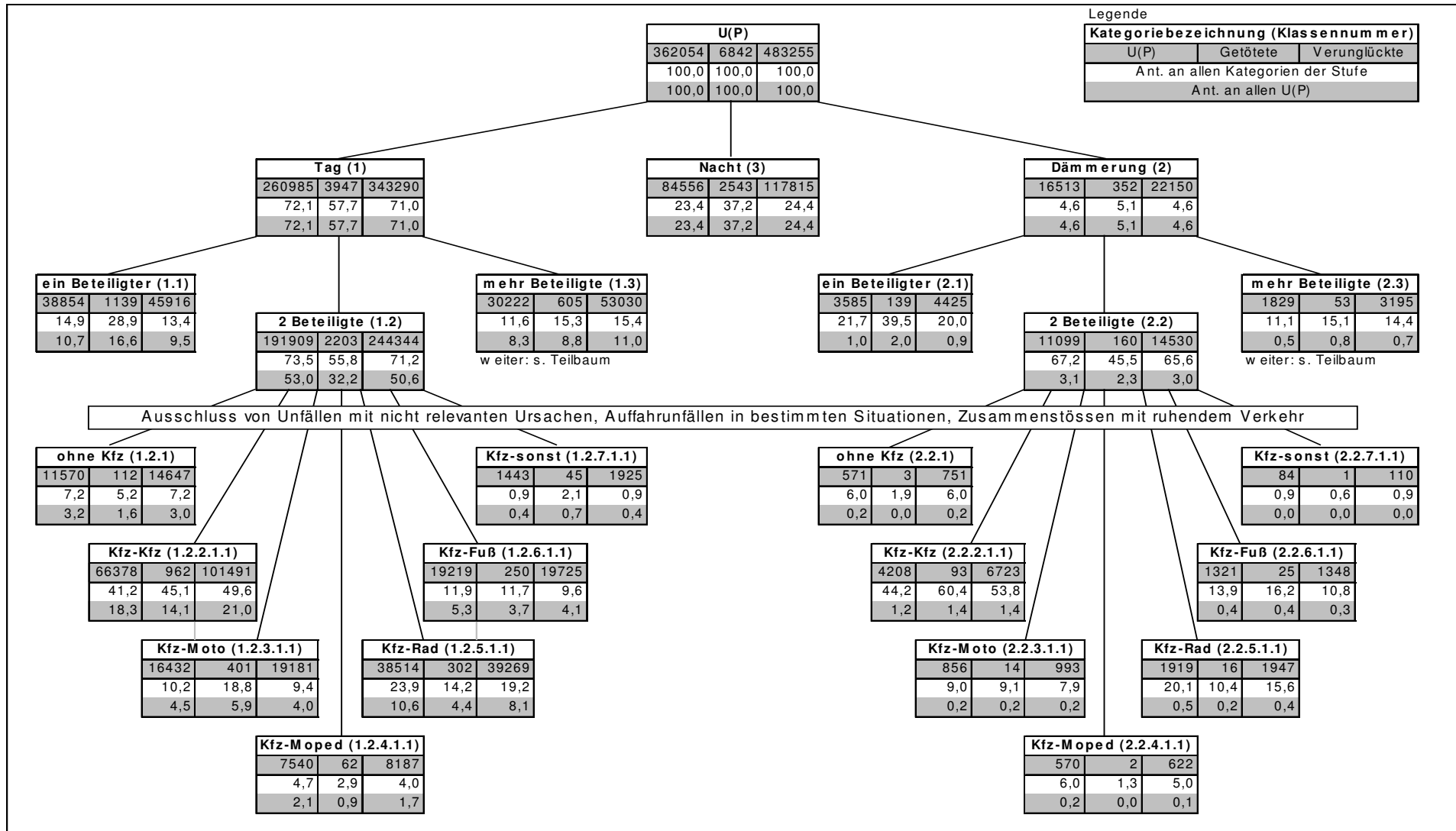


Bild 1: Klassifikations-Struktur für Unfälle mit Personenschaden [U(P)], 2002

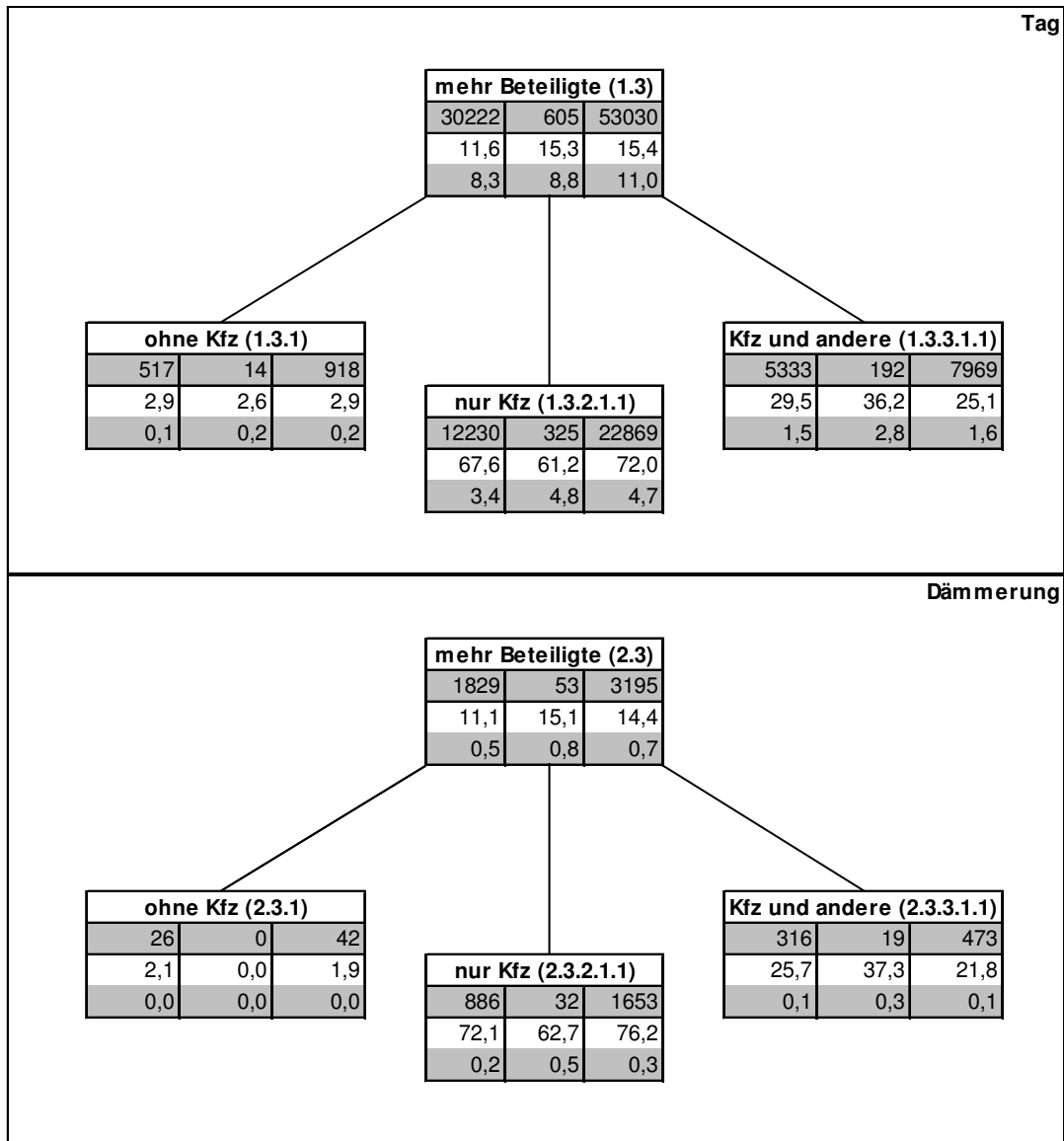


Bild 2: Teilbaum der Klassifikationsstruktur für Unfälle mit Personenschaden [U(P)] für Unfälle mit mehr als drei Beteiligten, 2002

Anhang 5

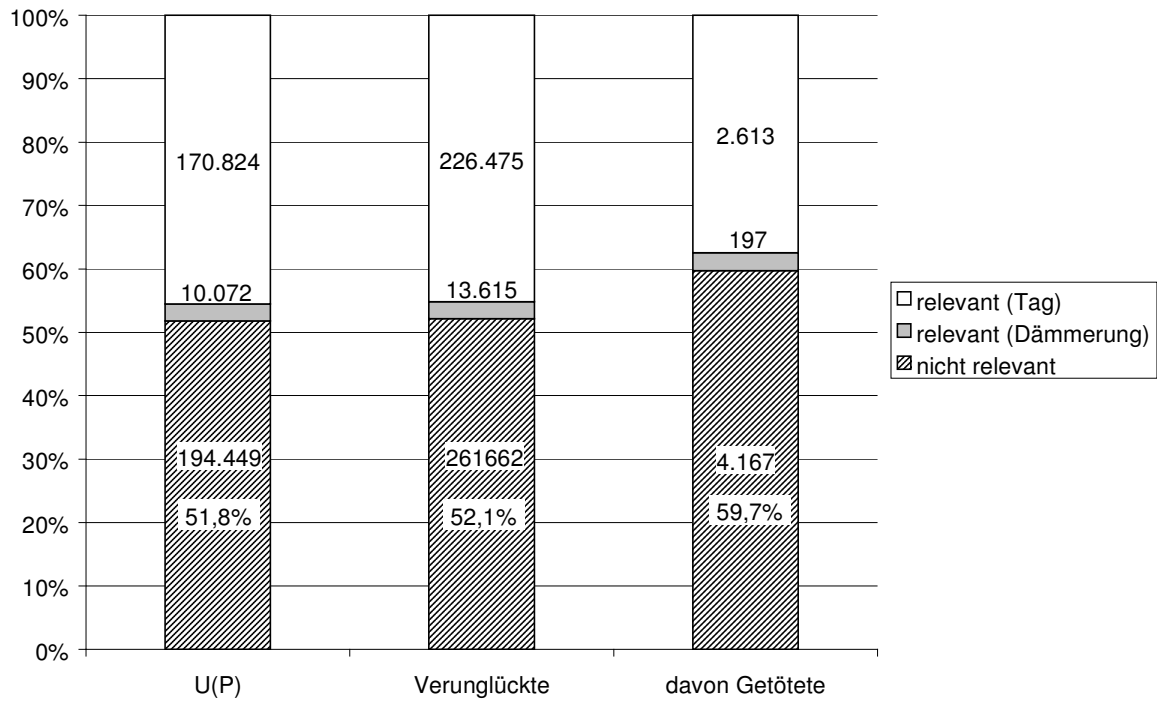


Bild 1: Unfälle mit Personenschaden [U(P)], Verunglückte und Getötete nach ihrer Relevanz für das Fahren mit Licht am Tag, 2001

Anhang 6: Definition des Verletzungsschwere-Index, Unfallkostensätze

Der Verletzungsschwere-Index (VSI) ist ein Maß für den Grad der Schwere der Verletzungen eines Beteiligten unter der Voraussetzung, dass eine Verletzung stattgefunden hat. Zur Gewichtung werden die Unfallkostensätze herangezogen.

$$VSI = \frac{\frac{K_{GT}}{\sum K} \cdot GT + \frac{K_{SV}}{\sum K} \cdot SV + \frac{K_{LV}}{\sum K} \cdot LV}{VU} \cdot 100 = \frac{K_{GT} \cdot GT + K_{SV} \cdot SV + K_{LV} \cdot LV}{\sum K \cdot VU} \cdot 100,$$

mit

K_{GT} = Kosten für einen Getöteten

K_{SV} = Kosten für einen Schwerverletzten

K_{LV} = Kosten für einen Leichtverletzten

GT = Anzahl der Getöteten

SV = Anzahl der Schwerverletzten

LV = Anzahl der Leichtverletzten

VU = Anzahl der Verunglückten

$$\sum K = K_{GT} + K_{SV} + K_{LV}$$

Mit den derzeit gültigen Unfallkostensätzen beträgt das Minimum des VSI 0,3 und das Maximum 94. Bei gleicher Anzahl Getöteter, Schwerverletzter und Leichtverletzter hat der VSI den Wert 33,3.

Unfallkostensätze 2002:

Kosten für einen Getöteten	1.186.839 €
Kosten für einen Schwerverletzten	84.132 €
Kosten für einen Leichtverletzten	3.769 €

Anhang 7: Lichteinschaltquoten in der Schweiz

		jede Witterung			gute Witterung		
		2001	2002	2003	2001	2002	2003
Pkw	innerorts	?	24	38	10	21	38
	außerorts	?	28	44	6	24	40
	Autobahn	?	57	57	24	34	45
	Gesamt	?	36	46	12	25	39
Lkw	innerorts	?	28	43	7	23	40
	außerorts	?	28	52	3	24	49
	Autobahn	?	56	61	12	30	-
	Gesamt	?	42	55	6	26	45

Tab. 1: Lichteinschaltquoten in der Schweiz für Pkw und Lkw nach Witterung und Ortslage, 2001 - 2003

Annahmen zur Schätzung der Lichteinschaltquoten in der Schweiz bei jeder Witterung in 2001

Annahme 1:

Die Einschaltquoten sind bei schlechter Witterung höher als die Quoten bei guter Witterung.

Annahme 2:

Der Anstieg der Einschaltquoten ist für jede Witterung insgesamt geringer als für gute Witterung.

Annahme 3:

Der Anstieg der Lichteinschaltquoten ist im ersten Jahr stärker als im zweiten Jahr der Aktion.

Annahme 4a:

Die Einschaltquoten bei guter und schlechter Witterung nähern sich im Verlauf der Aktion aneinander an.

Annahme 4b:

Der Quotient des Verhältnisses der Einschaltquoten (gute / jede Witterung) entwickelt sich linear.

Folgerungen der Annahmen zu den Einschaltquoten

2001	unter Annahme				
	1	2	3	4a	4b
Pkw	> 12	> 17	< 28	> 17	22
Lkw	> 6	> 10	< 32	> 10	14

Tab. 2: geschätzte Lichteinschaltquoten in der Schweiz für Pkw und Lkw bei jeder Witterung, 2001

Anhang 8: Ergebnisse der Studien zum Fahren mit Licht am Tag

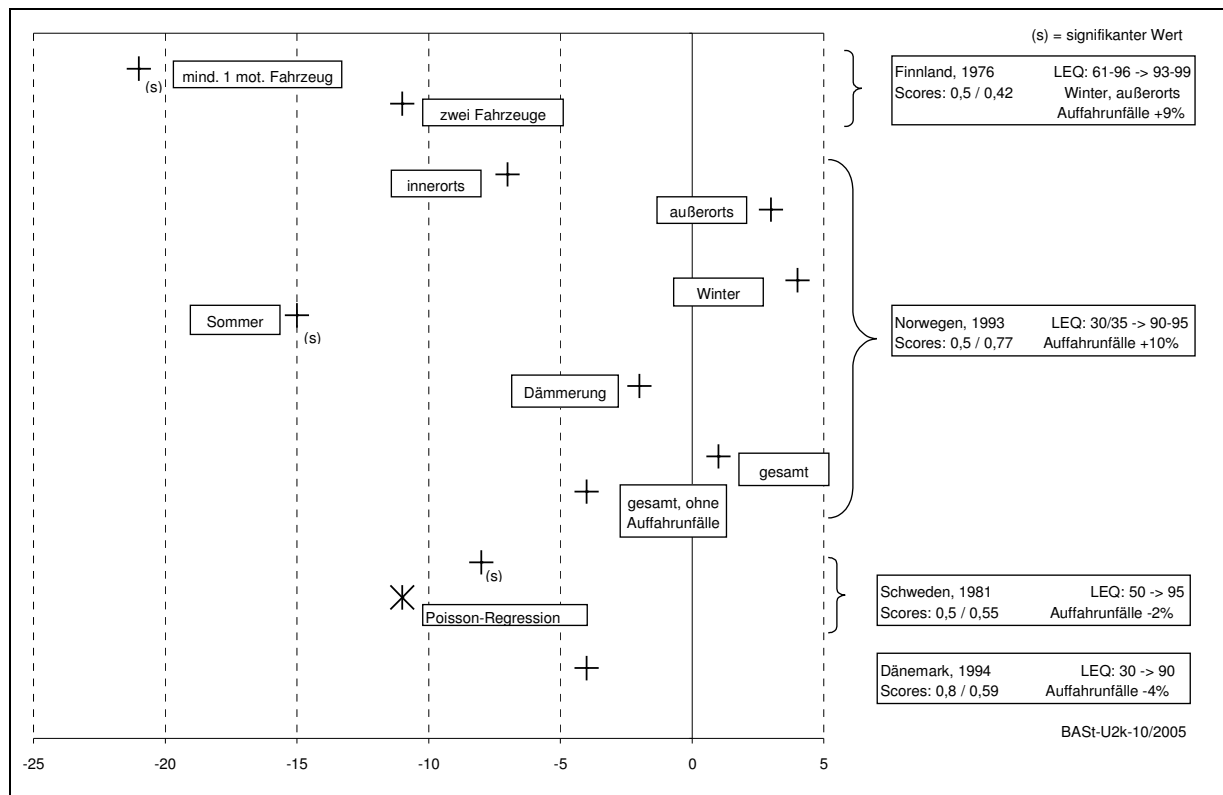


Bild 1: Unfälle mit Personenschaden mit mindestens einem Kraftfahrzeug, für das das Fahren mit Licht am Tag als Pflicht eingeführt wurde

Erläuterungen:

LEQ = Lichteinschaltquoten

Score = Länderscore / Studienscore

⊕ = Schätzer auf der Basis von Odds-Ratios

⊗ = Schätzer auf der Basis einer Regression

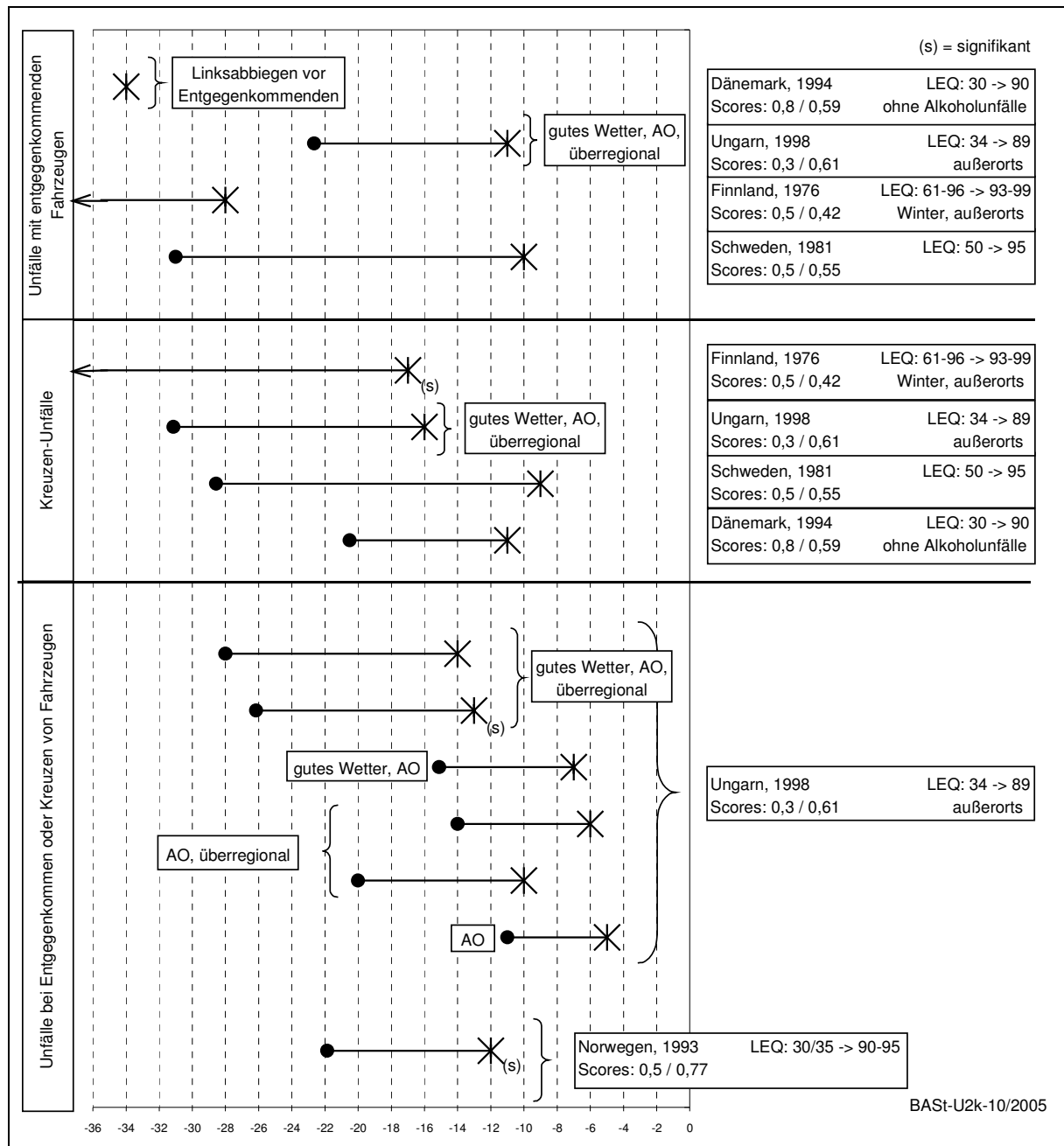


Bild 2: Unfälle mit Personenschaden zwischen zwei Fahrzeugen, für die das Fahren mit Licht am Tag als Pflicht eingeführt wurde

Erläuterungen:

LEQ = Lichteinschaltquoten

Score = Länderscore / Studienscore

✱ = Schätzer auf der Basis von Odds-Ratios

● = Schätzer für den intrinsischen Effekt

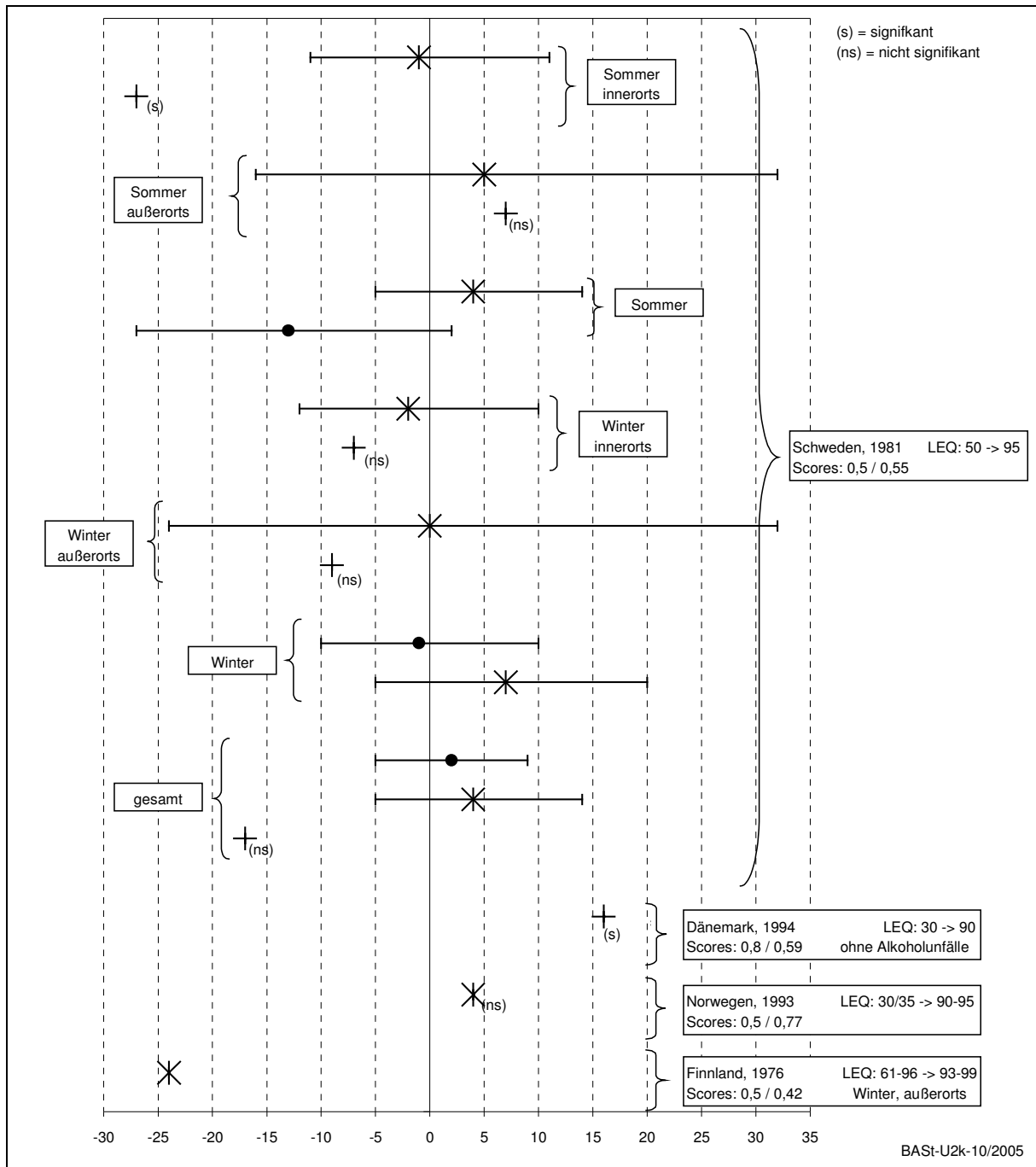


Bild 3: Unfälle mit Personenschaden zwischen einem Fahrzeug, für das das Fahren mit Licht am Tag als Pflicht eingeführt wurde und einem Fußgänger

Erläuterungen:

LEQ = Lichteinschaltquoten

Score = Länderscore / Studienscore

✱ = Schätzer auf der Basis von Odds-Ratios

● = alternativer Schätzer auf der Basis von Odds-Ratios

† = Schätzer auf der Basis einer Regression

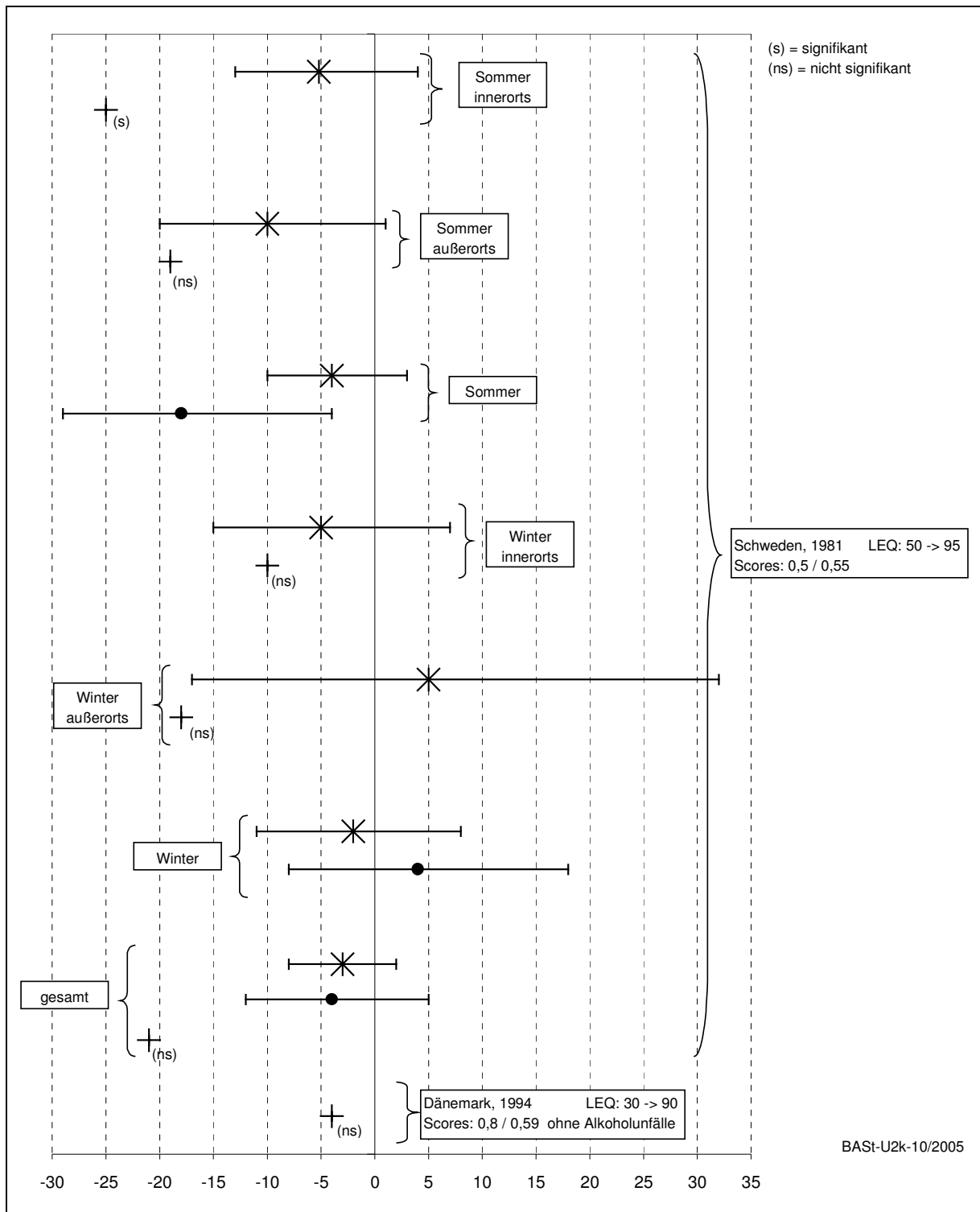


Bild 4: Unfälle mit Personenschaden zwischen einem Fahrzeug, für das das Fahren mit Licht am Tag als Pflicht eingeführt wurde und einem Radfahrer

Erläuterungen:

LEQ = Lichteinschaltquoten

Score = Länderscore / Studienscore

✱ = Schätzer auf der Basis von Odds-Ratios

● = alternativer Schätzer auf der Basis von Odds-Ratios

⊕ = Schätzer auf der Basis einer Regression

