

Die Nutzung von Licht als alternatives Warnkonzept in kritischen Verkehrssituationen

Clemens Grunert^{}, Mark Gonter[†], Gunnar Köther^{*} und Mark Vollrath[‡]*

^{} Volkswagen AG, Forschung und Entwicklung, Licht und Sicht, Brieffach 011/15820, 38436 Wolfsburg*

[†] Volkswagen AG, Konzernforschung/Integrierte Sicherheit und Licht, Brieffach 011/17770,, 38436 Wolfsburg

[‡] Institut für Psychologie, Abteilung für Kognitions- und Ingenieurpsychologie, TU Braunschweig, Gaußstraße 23, 38106 Braunschweig

1. Einleitung

Die Dichte des Straßenverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland nimmt stetig zu. Waren es noch 43,3 Mio. angemeldete Fahrzeuge im Jahr 1993 (Hautzinger, Heidemann & Krämer, 1996), stieg diese Zahl bis zum Jahr 2002 auf 51,9 Mio. (Hautzinger, Stock, Mayer, Schmidt & Heidemann, 2005). Dies entspricht einer Zunahme von 19,9%. Nicht nur die Fahrzeuganzahl, sondern auch die zurückgelegten Kilometer stiegen von insgesamt 625,9 Mrd. Kilometern im Jahr 1993 auf 699,3 Mrd. Kilometern im Jahr 2002. (Hautzinger et al., 1993; Hautzinger et al., 2002). Dies entspricht einem Zuwachs von 11,7%. Für den Zeitraum von 1997-2015 wird laut dem statistischen Bundesamt eine weitere Steigerung von 16% auf 1130 Mrd. Kilometer erwartet (Walter, 2006). Aber nicht nur beim Verkehrsaufkommen ist eine steigende Komplexität und damit eine erhöhte Anforderung an den Fahrer zu beobachten. Auch das Durchschnittsalter der Verkehrsteilnehmer nimmt zu (Destatis, 2009). Dem im Alter steigenden Erfahrungsschatz stehen eine Verschlechterung der perzeptiven, kognitiven und motorischen Leistungsfähigkeit gegenüber (Cohen, 2008; Schlag, 2008).

Umso überraschender ist es, dass die Anzahl der im Straßenverkehr getöteten Personen, seit dem Jahr 1970 mit 19193 Getöteten in Westdeutschland, kontinuierlich sinkt. Im Jahr 2008 war die Zahl der im Straßenverkehr Getöteten auf 4.477 gesunken (Schönebeck, Schepers, Pöppel-Decker, Leipzig, & Fitschen, 2009). Passive Sicherheitssysteme, wie Gurte und Airbags, vermindern die Folgen einer Kollision für den Fahrer. Auch aktive Sicherheitssysteme, wie Bremsassistenten, die den Fahrer durch Warnungen auf Gefahren aufmerksam machen, wirken sich positiv auf die Zahl der Unfälle sowie der im

Straßenverkehr Getöteten aus (Reif, 2010). Hierbei wird der Fahrer nicht nur bei seiner Handlung unterstützt, sondern oftmals auch durch Warnungen auf potentielle Gefahren aufmerksam gemacht.

2. Theoretischer Hintergrund

Insgesamt ist auffällig, dass bei Dunkelheit der Anteil der Getöteten mit 42% aller Getöteten Verkehrsteilnehmer deutlich höher als am Tag ist (Lerner, Albrecht & Evers, 2005). Insbesondere bei Fußgänger-PKW Unfällen zeigt sich bei Dunkelheit für den Fußgänger ein erhöhtes Risiko. (Wegwerth, Thomschke, Laschinsky & Gonter, 2008). Aktive Sicherheitsfunktionen, die den Fahrer rechtzeitig vor einer möglichen Gefahr warnen, könnten helfen, Unfälle zu vermeiden und den Anteil der getöteten Verkehrsteilnehmer bei Nacht zu reduzieren.

Zurzeit werden von den meisten Fahrzeugherstellern zwei Warnkonzepte genutzt, um den Fahrer auf Fußgänger vor dem Fahrzeug aufmerksam zu machen. Auf der einen Seite werden akustische Signale verwendet, um das Aufmerksamkeitsniveau des Fahrers zu erhöhen und eine Bremsung auszulösen. Auf der anderen Seite werden diverse Anzeigeconzepte im Fahrzeuginneren verwendet, um den Fahrer über potentielle Gefahrenquellen zu informieren (Knoll, 2009). Zwar wird auch die Verwendung einer haptischen Warnung diskutiert (Kleen & Schmidt, 2009), jedoch werden bisher auditive und visuelle Warnungen bevorzugt.

Akustische und herkömmliche visuelle Warnkonzepte funktionieren am Tag relativ problemlos, da die Gefahrenquelle normalerweise sichtbar ist und somit von dem Fahrer wahrgenommen werden kann. Bei Dunkelheit ist die Sichtbarkeit von kritischen Objekten jedoch nicht ohne weiteres gegeben. Die Sichtbarkeit einer Gefahrenquelle ist jedoch notwendig, damit der Fahrer die Warnung plausibilisieren und somit zu einer Entscheidung über die notwendige Handlung gelangen kann.

Akustische Warnungen sind meistens global. Somit erhält der Fahrer keine Information über die Position der Gefahrenquelle. Dies könnte insbesondere bei Dunkelheit zur Auslösung eines visuellen Suchverhaltens und somit zu einer Verschlechterung der Fahraufgabe führen. Hierdurch könnte wertvolle Reaktionszeit verloren gehen.

Die Nutzung von Symbolen auf einem Display im Fahrzeuginneren hat den Nachteil, dass der Fahrer seinen Blick von der Straße auf das Display im Fahrzeuginneren richten muss.

Nach Rumar (2003) muss eine Blickverlagerung auf das Display vom Fahrer erlernt werden. Weiterhin muss eine Anpassung der Augen an die neue Entfernung erfolgen (Goldstein, 2008). Diese Vorgänge benötigen Zeit und könnten insbesondere bei älteren Fahrern aufgrund von Presbyopie (Altersweitsichtigkeit) problematisch sein (Brinkwirth, 2007). Zudem muss das Symbol vom Fahrer interpretiert und verstanden werden, so dass eine unfallvermeidende Handlung ausgeführt werden kann.

Als Alternative zu den bisher verwendeten Warnkonzepten bei Dunkelheit bietet sich die Verwendung des Lichts der Frontscheinwerfer an. Zurzeit stehen dem Fahrer bereits diverse Assistenzsysteme zur Verfügung, um die Sicht des Fahrers bei Dunkelheit durch eine automatische Aktivierung des Fernlichts zu verbessern und die Ausleuchtung dynamisch an entgegenkommende Fahrzeuge anpassen. Mefford, Flannagan & Bogard (2006) gaben an, dass auf Landstraßen ohne entgegenkommendem oder vorausfahrendem Verkehr, nur 25,4% der Zeit das Fernlicht eingeschaltet wird. Aufgrund dieser Zahl ist durch Fernlichtassistenten eine Verbesserung der Sichtbarkeit von Objekten durch eine bessere Ausleuchtung zu erwarten, woraus ein Sicherheitsgewinn resultieren sollte. Eine andere Möglichkeit, den Fahrer bei Dunkelheit während kritischen Situationen zu unterstützen, ist die Verwendung eines lichtbasierten Warnkonzeptes. Hierunter wird die Verwendung des Lichts der Frontscheinwerfer verstanden, um den Fahrer gezielt vor Gefahren zu warnen.

Dabei sind direkte und indirekte lichtbasierte Warnungen vorstellbar. Zum einen lassen sich Gefahrenquellen direkt anleuchten, um so den Fahrer zu warnen und seinen Blick zu lenken. Damit könnte beispielsweise eine akustische Warnung unterstützt werden. Zum anderen könnte durch Symbole, die mit Licht auf die Straße projiziert werden, eine visuelle Warnung im Blickfeld dargeboten werden. Diese könnte ggf. Anzeigen im Fahrzeuginneren ersetzen.

Bei beiden Vorgehensweisen ist keine Verlagerung des Fixationspunktes und der Aufmerksamkeit in das Fahrzeuginnere mehr notwendig. Nach Rockwell (1988) werden zur Blickverlagerung in das Fahrzeuginnere etwa 1,25 Sekunden benötigt, die folglich eingespart werden könnten. Durch die Vermeidung einer Blick- und Aufmerksamkeitsverlagerung von der Straße in das Fahrzeuginnere bleibt zudem das Situationsbewusstsein erhalten. Hierdurch sollte der Fahrer schneller auf Gefahren reagieren können (Endsley, 1988). Es ist daher naheliegend, bei Dunkelheit das Licht der Frontscheinwerfer zur Verdeutlichung des Fahrzeugverhaltens und als Handlungsaufforderung zu nutzen.

Bisher war die dynamische und situationsbezogene Nutzung von Licht zur gerichteten Warnung vor Gefahren technisch nur begrenzt realisierbar. In den letzten Jahren hat jedoch die LED-Technik große Fortschritte gemacht, so dass die ersten Fahrzeuge mit LED-Vollscheinwerfer angeboten werden. Durch die Möglichkeit der Schaltung einzelner Module ist eine größere Variabilität in der Lichtverteilung möglich. Auch der Einsatz spezieller Module zur Erzeugung einer lichtbasierten Warnung wäre eine Alternative, da bei LEDs deutlich schnelle Ansprechzeiten möglich sind als bei herkömmlichen Halogen- oder Xenonscheinwerfern (Schubert, 2009).

Damit eine Warnung den Fahrer in kritischen Situationen unterstützen kann, ist zum einen die Verständlichkeit der Warnung für den Fahrer relevant. Zum anderen muss die Warnung auch von Kunden akzeptiert werden, damit die Wirksamkeit nicht beispielsweise durch Abschaltung der Funktion eingeschränkt wird. Daher ist es notwendig, die allgemeine Kundenakzeptanz des Konzepts einzuschätzen, bevor ein lichtbasiertes Warnkonzept auf Wirksamkeit untersucht werden sollte.

3. Methode

Um eine erste subjektive Bewertung der Idee, lichtbasierte Warnungen bei Dunkelheitsfahrten als Warnkonzept zu erhalten, wurden 26 Probanden befragt. Die Probanden waren zwischen 30 und 58 Jahren alt und durchschnittlich seit 25,5 Jahren im Besitz eines Führerscheins. Die mittlere Fahrleistung betrug pro Jahr etwa 25.000 Kilometer. 73% der Probanden gaben an, dass sie im vergangenen Jahr mindestens 30% ihrer Fahrten bei Dunkelheit unternommen hätten.

In einem Lichtkanal wurde den Probanden eine lichtbasierte Warnung gezeigt. Die Darbietung der Warnung war an eine Reaktionsaufgabe gekoppelt. Hierbei wurde die Auslegung der Warnung bzgl. der verwendeten Helligkeit und der Seite der Darbietung variiert. Insgesamt wurde die lichtbasierte Warnung zwanzig Mal dargeboten, um ein Gefühl für die Wirkung der Warnung bei den Probanden zu erzeugen und somit eine Bewertung zu ermöglichen. Anschließend sollten die Probanden eine globale Einschätzung der erlebten lichtbasierten Warnung im Vergleich zu dem Erleben von bisherigen Nachtfahrten abgeben. Hierzu wurde ein rechnergestützter Fragebogen verwendet. Als Antwortskala wurde die 15-stufige Skala nach Heller (1982) verwendet (Abbildung 1). Bei dieser Skala wird zunächst eine von fünf Oberkategorien gewählt.

Anschließend erfolgt innerhalb der gewählten Kategorie eine Differenzierung in drei weiteren Stufen, um eine möglichst präzise Beantwortung der Frage zu ermöglichen.

viel besser			etwas besser			unverändert			etwas schlechter			viel schlechter		
+	0	-	+	0	-	+	0	-	+	0	-	+	0	-

Abbildung 1: Exemplarisches Item der verwendeten Antwortskala (Heller, 1982)

4. Ergebnisse

Die Probanden gaben an, dass sie bei Dunkelheit mit einer lichtbasierten Warnung besser auf Gefahren reagieren (Abbildung 2) und sich bei Nachtfahrten sicherer als bisher fühlen würden (Abbildung 3).

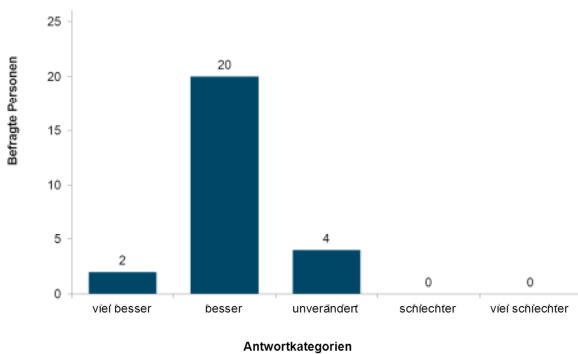


Abbildung 2: Würden Sie mit einer lichtbasierten Warnung im Straßenverkehr anders auf Gefahren reagieren?

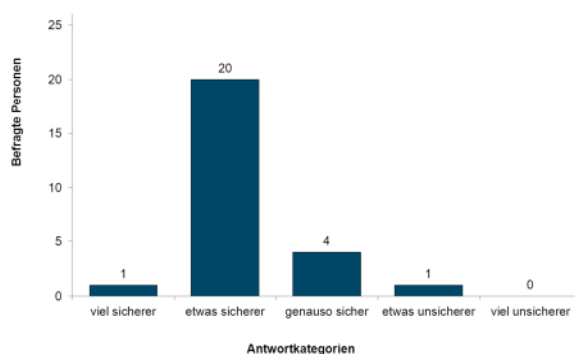


Abbildung 3: Wie sicher würden Sie sich bei Nachtfahrten mit einer lichtbasierten Warnung im Vergleich zu herkömmlichen Nachtfahrten fühlen?

Zudem wurde die lichtbasierte Warnung als unterstützend eingeschätzt (Abbildung 4). Auch im Bereich Fußgängerschutz wurde erwartet, dass lichtbasierte Warnungen helfen können, besser auf Fußgänger zu reagieren (Abbildung 5).

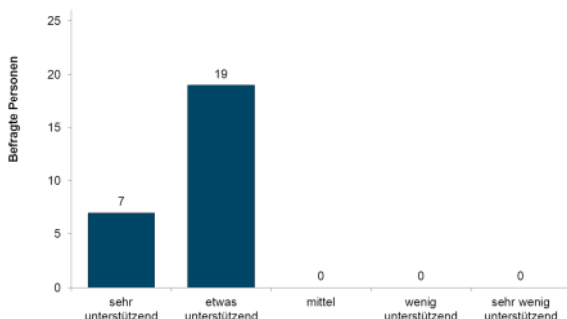


Abbildung 4: Welchen Einfluss hat eine lichtbasierte Warnung auf den Fahrer?

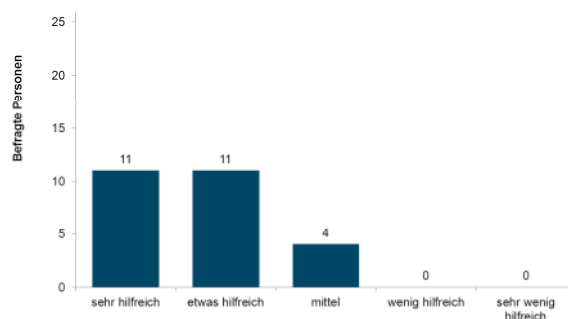


Abbildung 5: Wie hilfreich wäre eine lichtbasierte Warnung im Straßenverkehr, um Fußgänger zu erkennen?

Insgesamt wurde die Idee, den Fahrer bei Dunkelheit mit einer lichtbasierten Warnung auf Gefahren aufmerksam zu machen und unfallvermeidende Handlungen auszulösen, sehr positiv bewertet. Es wird nicht nur ein Komfortgewinn und eine Verbesserung des

subjektiven Sicherheitsgefühls erwartet, sondern auch eine objektive Verbesserung der eigenen Reaktion im Gefahrenfall. Daraus ergibt sich, dass lichtbasierte Warnungen aus Kundensicht eine Möglichkeit darstellen, bestehende Assistenzsysteme bei Dunkelheit zu optimieren.

Die Ergebnisse der Befragung zeigen, dass aus Kundensicht eine Verwendung lichtbasierter Warnungen ein sinnvoller Schritt sein könnte, um den Fahrer bei Nachtfahrten in kritischen Situationen zu unterstützen. Aufgrund dieser positiven Bewertungen ist davon auszugehen, dass lichtbasierte Warnungen aus Kundensicht das Potential besitzen, bestehende Warnkonzepte für Nachtfahrten durch eine neue Art der Warnung zu ergänzen.

5. Fazit & Ausblick

Aufgrund der zunehmenden Komplexität der Umwelt ist es erforderlich, dass der Fahrer bei der Identifikation und Reaktion auf mögliche Gefahren unterstützt wird. Hierzu ist es notwendig, eine möglichst verständliche und akzeptierte Warnung zu verwenden, um komplexes Entscheidungsverhalten zu vermeiden und schnelle und angemessene Reaktionen hervorzurufen.

Hierbei bietet ein lichtbasiertes Warnkonzept für Fahrten bei Dunkelheit aus Kundensicht eine neue Möglichkeit, dieses Verständnis zu erzeugen und die Reaktion im Gefahrenfall zu verbessern. Um zu einer Bewertung der Wirksamkeit im Vergleich zu herkömmlichen Warnkonzepten zu gelangen, sind direkte Untersuchungen im Feld notwendig. Die gewonnene subjektive Einschätzung zeigt, dass eine hohe Akzeptanz lichtbasierter Warnungen zu erwarten ist. Als nächster Schritt sollten weitere Untersuchungen durchgeführt werden, um zum einen die positive Beeinflussung des Fahrerverhaltens durch die Verwendung von lichtbasierten Warnungen abzuschätzen. Zum anderen ist ein subjektiver Vergleich mit bestehenden Warnkonzepten bei Dunkelheit notwendig, um eine Abschätzung der Höhe des subjektiven und objektiven Verbesserungspotentials im Vergleich zu herkömmlichen Konzepten zu erhalten.

6. Literaturverzeichnis

- Brinkwirth, S. (2007). *Autos nicht für Ältere, sondern für alle*. Hamburg: Diplomica Verlag.
- Cohen, A. S. (2008). Wahrnehmung als Grundlage der Verkehrsorientierung bei nachlassender Sensorik während der Alterung. In B. Schlag (Hrsg.), *Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter* (S. 65-84). Köln: Verlag TÜV Rheinland.
- DESTATIS. (2009). *Bevölkerung Deutschlands bis 2060 - 12. koordinierte Bevölkerungsvoraus-berechnung, Begleitmaterial zur Pressekonferenz am 18. November 2009*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Endsley, M. R. (1988). Situation Awareness Global Assessment Technique (SAGAT). *Proceedings of the National Aerospace and Electronics Conference* (pp. 789-795). New York: IEEE.
- Goldstein, B. (2008). *Wahrnehmungspsychologie*. Heidelberg: Springer.
- Hautzinger, H., Heidemann, D., & Krämer, B. (1996). *Inländerfahrleistung 1993*. Bergisch Gladbach: Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Heft M 61.
- Hautzinger, H., Stock, W., Mayer, K., Schmidt, J., & Heidemann, D. (2005). *Fahrerleistungserhebung 2002 - Inländerfahrleistung*. Bergisch Gladbach: Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Heft V 120.
- Heller, O. (1981). Theorie und Praxis des Verfahrens der Kategorienunterteilung (KU). In O. Heller (Hrsg.), *Forschungsbericht 1981* (S. 1-15). Würzburg: Psychologisches Institut der Universität Würzburg.
- Kleen, A., & Schmidt, G. (2009). Haptische Ausweichempfehlungen in Kollisionssituationen: Effektivität und Aspekte der Kontrollierbarkeit. 8. *Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme*. Berlin: Zentrum Mensch-Maschine-Systeme.
- Knoll, P. (2009). Anzeigen für Fahrerassistenzsysteme. In H. Winner, S. Hakuli, & G. Wolf (Hrsg.), *Handbuch Fahrerassistenzsysteme* (S. 330-342). Wiesbaden: Vieweg + Teubner.
- Lerner, M., Albrecht, M., & Evers, C. (2005). *Das Unfallgeschehen bei Nacht*. Bergisch Gladbach: Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Heft M 172.
- Mefford, M. L., Flannagan, M. J., & Bogard, S. E. (2006). *Real-World Use of High-Beam Headlamps, Technical Report UMTRI-2006-11*. Ann Arbor: The University of Michigan, Transport Research Institute.
- Pierowicz, J., Jocoy, E., Lloyd, M., Bittner, A., & Pirson, B. (2000). *Intersection collision avoidance using ITS countermeasures*. Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.
- Reif, K. (2010). Sicherheitssysteme. In K. Reif (Hrsg.), *Fahrstabilisierungssysteme und Fahrerassistenzsysteme* (S. 176-191). Wiesbaden: Vieweg + Teubner.

- Rockwell, T. H. (1988). Spare visual capacity in driving-revisited: New Empirical Results for an old Idea. In A. G. Gale (ed.), *Vision in vehicles II* (pp. 317-324). Amsterdam: North-Holland.
- Rumar, K. (2003). *Infrared Night Vision Systems and Driver Needs - SAE Technical Paper 2003-01-0293*. Warrendale: Society of Automotive Engineers.
- Schlag, B. (2008). Älter werden und Auto fahren. *Report Psychologie*, S. 75-85.
- Schönebeck, S., Schepers, A., Pöppel-Decker, M., Leipnitz, C., & Fitschen, A. (2009). *Voraussichtliche Entwicklung von Unfallanzahlen und Jahresfahrleistung in Deutschland - Ergebnisse 2009*. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt).
- Schubert, E. F. (2006). *Light-Emitting Diodes*. Cambridge: University Press.
- Walter, K. (2006). *Verkehr in Deutschland 2006*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Wegwerth, C., Thomschke, S., Laschinsky, Y., & Gonter, M. (2008). Active Safety Light. *VISION proceedings, ref 2008-02*. France: Versailles Satory.