

Sichtbarkeit von Verkehrsteilnehmern

Detlef Mewes, Corina Walther, Sankt Augustin, Michael Böhm, Berlin, Hiltraut Paridon, Dresden

Mangelnde Sichtbarkeit von Verkehrsteilnehmern ist eine häufige Unfallursache. In einer orientierenden Studie wurden mittels Blickbewegungsmessungen verschiedene Einflussfaktoren auf die Erkennbarkeit von Kleidung im nächtlichen Straßenverkehr untersucht. Kleidung mit retroreflektierenden Elementen kann die Erkennbarkeit von Personen im Verkehrsgeschehen deutlich verbessern und so das Unfallrisiko senken.

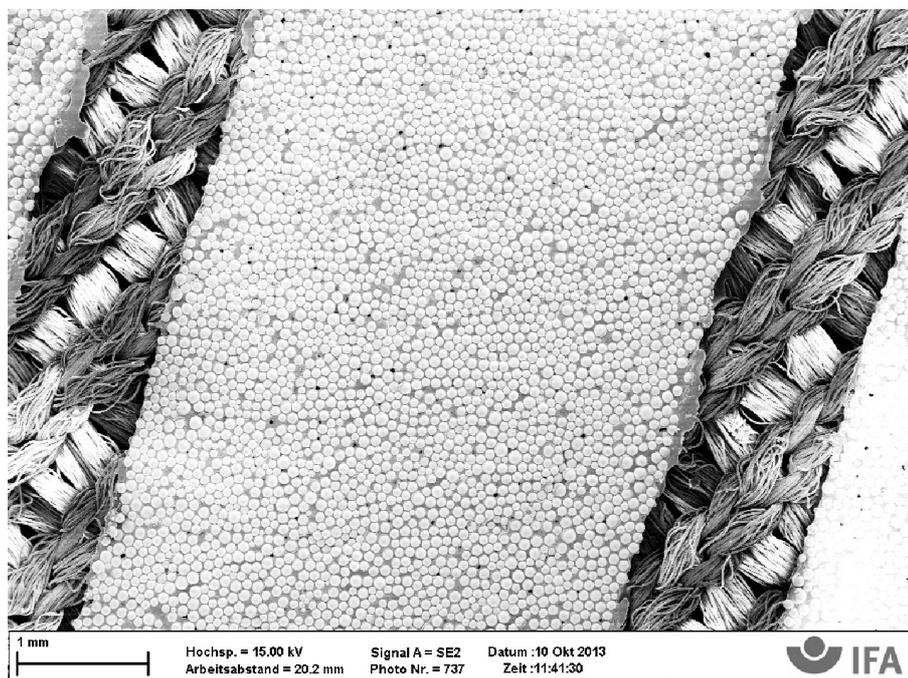


Bild 1 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines retroreflektierenden Materials.

Jeder, der sich im Straßenverkehr aufhält, sollte sich die Frage stellen, ob er rechtzeitig von anderen Verkehrsteilnehmern wahrgenommen werden kann. Nur Autofahrer haben eine Knautschzone, die vor schweren Verletzungen schützen kann. Etwa 60 % der tödlichen Fußgängerunfälle ereignen sich bei Nacht, also in einem Zeitraum, in dem deutlich weniger Fußgänger unterwegs sind als tagsüber. Mehr als 80 % der Verunfallten waren dabei dunkel gekleidet [1].

Verschiedene Untersuchungen konnten immer wieder zeigen, dass das Abblendlicht keine ausreichende Beleuchtung bietet, um schlecht sichtbare Hindernisse auf der Straße rechtzeitig zu erkennen. Die mittleren Erkennbarkeitsentfernungen liegen, abhängig von z. B. der Lichtausbeute und der Beschaffenheit der Kleidung, bei allenfalls 65 m [2 bis 5]. Setzt man Erkennbarkeitsentfernung

und Anhalteweg zueinander in Beziehung, so wird deutlich, dass Fußgänger und andere Verkehrsteilnehmer unter nächtlichen Sichtbedingungen von Autofahrern oftmals nicht rechtzeitig genug erkannt werden können. So beziffert *Lachenmayr* [6] den Anhalteweg eines Pkw aus 100 km/h unter günstigen Bedingungen, wie erhöhter Aufmerksamkeit und trockener, griffiger Fahrbahn auf 91 m. In einer anderen Quelle [7] wird für eine Geschwindigkeit von 105 km/h bei vergleichbarer Fahrbahnbeschaffenheit ein Wert von 138 m angegeben.

Eine Möglichkeit, die Sichtbarkeit zu erhöhen, sind retroreflektierende Materialien, die z. B. auch Bestandteil von Warnkleidung sind [8]. In gewerblichen Bereichen, z. B. im Rettungsdienst, bei der Sicherung von Baustellen oder bei Straßenreinigungsarbeiten, hat man schon seit vielen Jahren die Unfallgefahr

erkannt und die Tragepflicht von Warnkleidung eingeführt. Warnkleidung besteht aus Mindestflächen an retroreflektierenden und fluoreszierenden Materialien.

Reflexstreifen aus retroreflektierendem Material sorgen bei Nacht bzw. Dunkelheit für das Zurückstrahlen von auftreffendem Scheinwerferlicht und damit für eine hohe Wahrnehmbarkeit. Die Reflexion, die größtenteils in Richtung der Strahlenquelle erfolgt, nennt man Retroreflexion. Sie wird von kleinsten Prismen oder verspiegelten Kügelchen erreicht, die in Reflektoren oder Gewebe eingearbeitet werden (Bild 1). Um die Wahrnehmbarkeit bei Tageslicht zu erreichen, werden fluoreszierende Hintergrundmaterialien eingesetzt. Fluoreszierende Farbstoffe wandeln hierbei Anteile der unsichtbaren UV-Strahlung in sichtbare Remission um, weshalb das menschliche Auge die Farben als intensiv leuchtend wahrnimmt. Die Kombination von retroreflektierenden und fluoreszierenden Materialien ist notwendig, um auch bei Dämmerung und Schlechtwetterverhältnissen jederzeit gut sichtbar zu sein. Sicherheitstechnische Anforderungen an Warnkleidung für den professionellen Bereich sind in der DIN EN ISO 20471 [9] festgelegt.

In der Vergangenheit hat man bereits eine Vielzahl von Studien zur Erkennbarkeit von Verkehrsteilnehmern durchgeführt, z. B. [10 bis 14], die zeigen, dass retroreflektierende Materialien und Markierungen geeignet sind, die Sichtbarkeit bei Nacht erheblich zu verbessern. Allerdings wurden diese Untersuchungen in den meisten Fällen mit vorbereiteten Probanden in einer ansonsten eher reizarmen Umgebung ohne ablenkende Effekte durchgeführt. Hierbei besteht – wie bei allen Erkennbarkeitsexperimenten – das generelle Problem, dass die Probanden allein aufgrund der gegebenen

	schwarze Kleidung	Reflektormotiv	Konturmarkierung	Garnweste	Warnweste DIN EN ISO 20471	fluoreszierende Weste
Reflexionsgrad %	1,4	1,4	1,7	-	78,5	78,5
Reflektorfläche (nur Front) cm ²	-	15	600	2500	700	-
Rückstrahlwert cd/(lx*m ²)	-	64	468	60	468	-

Bild 2 Untersuchte Kleidungsstücke.

Instruktionen ihre Aufmerksamkeit selektiv auf die zu entdeckenden Zielreize richten. Dies schränkt die Praxisrelevanz der gewonnenen Ergebnisse mitunter stark ein. Deshalb wurde für die vorliegenden Untersuchungen ein neuer Ansatz mittels Blickbewegungsmessungen gewählt. Das Ziel war dabei, die Auffälligkeit unterschiedlicher Reflektorkonfigurationen nicht auf abgesperrten, weitgehend ereignislosen Strecken zu bewerten, sondern in verschiedenen realen Verkehrssituationen, um so praxisrelevantere Ergebnisse zu erhalten.



Bild 3 Blickfassungssystem.

Versuchsmaterial

Bild 2 zeigt die in der Studie verwendeten Kleidungsstücke. Um nicht nur die Unterschiede zwischen den verschiedenen Reflektorkonfigurationen zu bewerten, sondern auch den generellen Nutzen von retroreflektierender Kleidung abschätzen zu können, war eine Versuchsbedingung ohne Reflexmaterial erforderlich. Neben vollständig schwarzer Kleidung wurden ein Langarmhemd mit kleinflächigem, laminiertem Reflektormotiv auf der Brust, eine Jacke mit einer Konturmarkierung an Armen und Torso, eine Weste aus vollflächig retroreflektierendem Garn und eine Warnweste nach DIN EN ISO 20471 sowie eine baugleiche Weste verwendet, von der die Retroreflektorstreifen entfernt worden waren.

Methodik

Mittels Blickbewegungserfassung wurde die Informationsaufnahme von

Versuchspersonen während des Steuerns eines Pkw analysiert. Dabei trugen die Versuchspersonen eine mit zwei Kameras ausgestattete Brille (**Bild 3**). Damit ist es möglich, gleichzeitig die Augenbewegungen des Fahrers zu erfassen und dessen Umwelt aus seinem Blickwinkel aufzuzeichnen. Durch die Verknüpfung beider Informationen kann man feststellen, wie oft und wie lange bestimmte Dinge fixiert wurden.

Um im Gegensatz zu früheren Untersuchungen eine weitgehende Unvoreingenommenheit der Pkw-Fahrer zu gewährleisten, wurde der tatsächliche Zweck der Untersuchung zunächst verschleiert, indem den Versuchspersonen per Instruktionsblatt vor Antritt der Versuchsfahrten mitgeteilt wurde, dass diese dem Vergleich verschiedener Kfz-Scheinwerfer dienen sollen. Die Probanden befuhrten eine vordefinierte Strecke im Stadtgebiet von Berlin. Die Kleidungsstücke wurden dabei an drei verschiedenen Streckenpunkten von Fußgängern präsentiert. Die Fußgänger waren in den Versuch eingeweihte Personen, die jeweils am Straßenrand frontal zum Fahrzeug stehend positioniert waren. Als Darbietungsorte ausgewählt wurden eine zweispurig ausgebaute und gut beleuchtete Hauptverkehrsstraße, eine wenig frequentierte Anwohnerstraße sowie ein unbeleuchteter Außerortsabschnitt.

Anschließend absolvierten die Probanden eine zweite Versuchsfahrt, auf der sie instruiert wurden, auf bestimmten Streckenabschnitten jeden Fußgänger anzuzeigen. Hierdurch war es möglich, die in der ersten Fahrt mit unvorbereite-

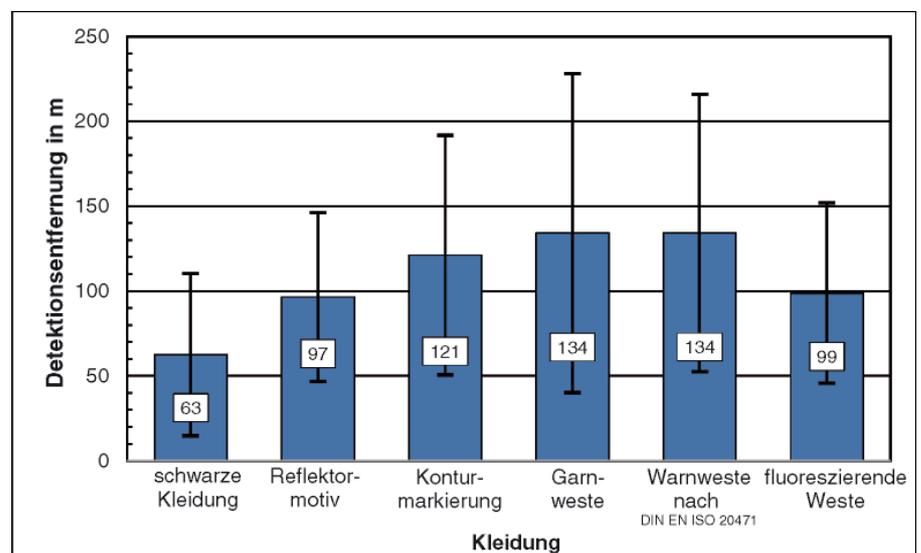


Bild 4 Detektionseinstellung der verschiedenen Kleidungsstücke.

ten Versuchspersonen erhobene Detektionseinstellung der Erkennung als Fußgänger gegenüber zu stellen.

An der Studie nahmen insgesamt 27 Personen im Alter von 20 bis 73 Jahren teil. Das Durchschnittsalter betrug 37 Jahre. Das Teilnehmerfeld setzte sich aus 15 Frauen und 12 Männern zusammen.

Ergebnisse

In Bild 4 ist die mittlere Detektionseinstellung, die mithilfe der Blickbewegung bestimmt wurde, bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h wiedergegeben. Zusätzlich dargestellt sind jeweils die Maximal- und Minimalwerte der Detektionseinstellung. Der Vergleich der einzelnen Kleidungsvarianten lässt erkennen, dass nur großflächige Markierungen (Jacke mit Konturmarkierung, Warnweste nach DIN EN ISO 20471, vollflächig reflektierende Garnweste) geeignet sind, die Auffälligkeit von Fußgängern merklich zu verbessern. Dagegen liegt das Reflektormotiv auf dem Niveau der lediglich fluoreszierenden Weste. Diese beiden Varianten führen gegenüber schwarzer Kleidung nur zu einer vergleichsweise geringen Verbesserung der Auffälligkeit.

Betrachtet man die Detektionseinstellung separat nach dem Darbietungsort, so zeigt sich, dass die Wahrnehmbarkeit auf der gut beleuchteten Hauptverkehrsstraße mit dem vielfältigen, komplexen Verkehrsgeschehen deutlich niedriger ist als außerorts oder auf einer ruhigen Anwohnerstraße (Bild 5). Außerdem fällt auf, dass es insbesondere außerorts große Unterschiede hinsichtlich der Detek-

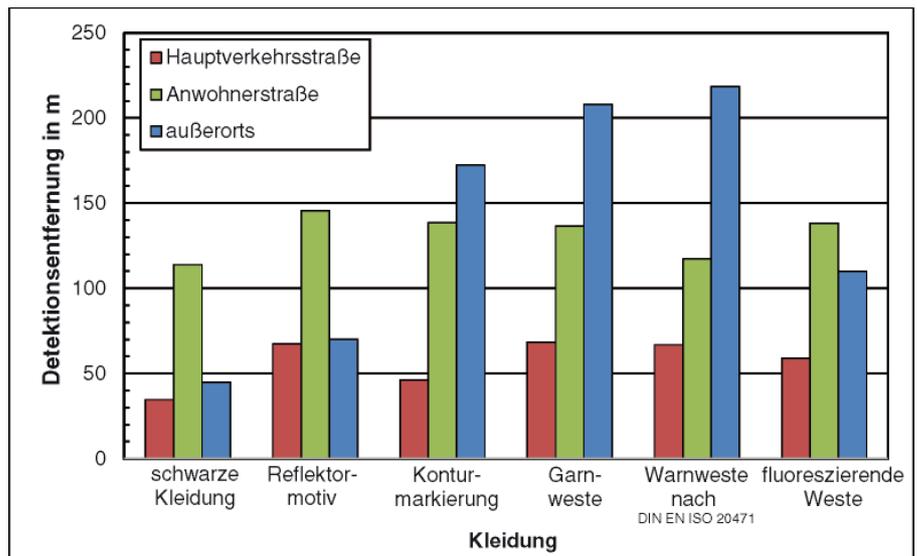


Bild 5 Einfluss des Straßentyps auf die Detektionseinstellung.

tionseinstellung gab. Die Jacke mit Konturmarkierung, die Garnweste und die Warnweste mit Reflektorstreifen sah man deutlich früher als die anderen Kleidungsstücke.

Bei der in der zweiten Versuchsfahrt mit Instruktion erhobenen Erkennung als Fußgänger schnitten die schwarze Kleidung und das Reflektormotiv am schlechtesten ab (Bild 6). Im Mittel waren Fußgänger, unter Zugrundelegung einer Fahrgeschwindigkeit von wiederum 50 km/h, erst in einer Entfernung von etwa 60 m als solche erkennbar. Die anderen Kleidungsstücke verbesserten die Erkennbarkeit deutlich auf nahezu 90 m, wobei aber kein nennenswerter Unterschied zwischen den jeweiligen Kleidungsstücken bestand.

Der Darbietungsort hatte dagegen auch auf die Erkennbarkeit einen signifikanten Einfluss (Bild 7). Die Seobjekte wurden in der Anwohnerstraße deutlich früher als Fußgänger identifiziert. Dies dürfte sowohl auf die günstigen Wahrnehmungsbedingungen (beleuchtet, geringe Komplexität der Verkehrssituation) als auch auf eine generell erhöhte Erwartung von Fußgängern in Wohngebieten zurückzuführen sein. Außerorts wurden die schwarze Kleidung sowie das Langarmhemd mit dem kleinflächigen Reflektormotiv besonders spät erkannt.

Je nachdem, ob man die bloße Detektion oder die Erkennung als Fußgänger als relevantes Kriterium wählt, ergeben sich beträchtliche Entfernungsdifferenzen. Dies gilt sowohl pauschal wie auch einzelfallbezogen für jede Kleidungsvariante, wie ein Vergleich der Bilder 3 und 5 zeigt. So betrug im Falle der Warnweste nach DIN EN ISO 20471 die durchschnittliche Detektionseinstellung über alle Darbietungsorte 134 m. Die Erkennung als Fußgänger war aber erst bei einer mittleren Entfernung von 90 m möglich. Bei der zu Vergleichszwecken in die Untersuchung einbezogenen schwarzen Kleidung waren die mittlere Detektionseinstellung und die Erkennung als Fußgänger mit 63 und 57 m praktisch identisch.

Bewertung

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass kleinteilige Markierungen offenbar keine positiven Auswirkungen auf die Detektion und die Identifikation von Fußgängern haben, was auch schon in früheren Studien gezeigt werden konnte [3; 11].

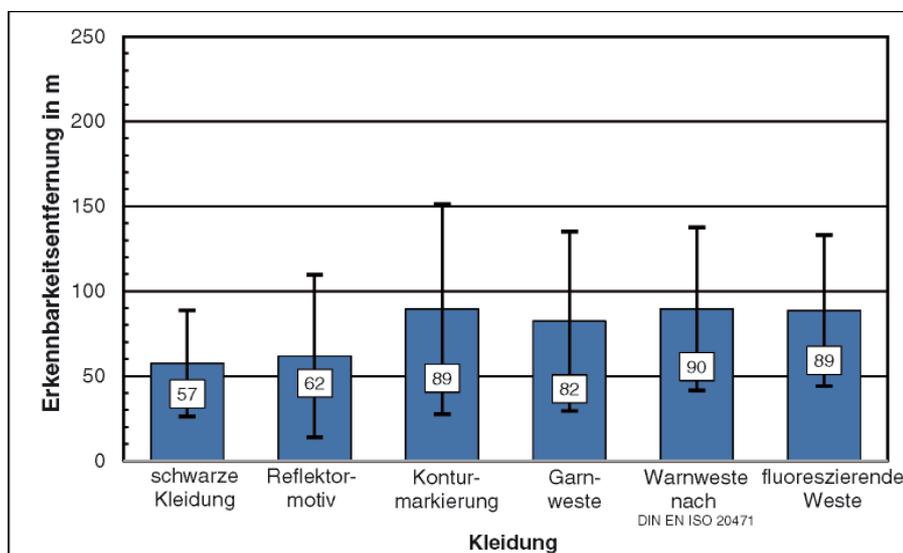


Bild 6 Erkennbarkeitseinstellung der verschiedenen Kleidungsstücke.

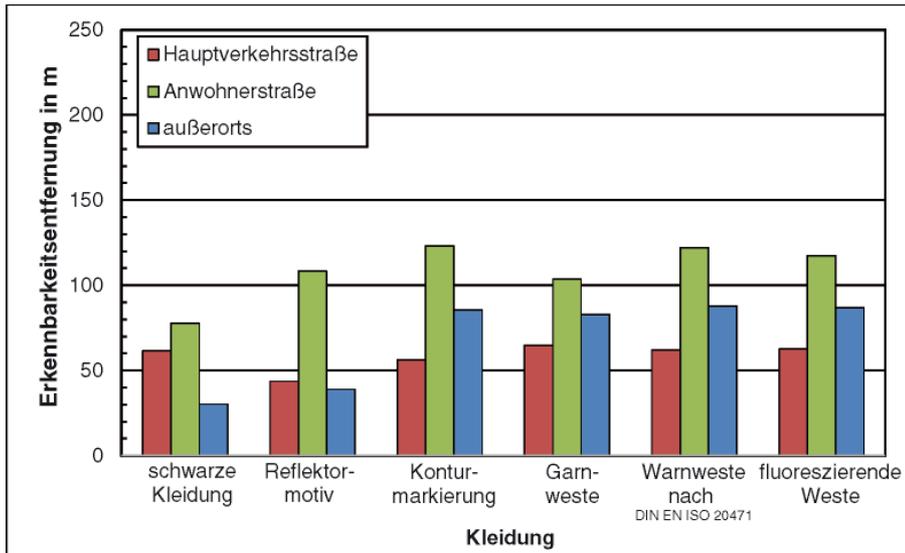


Bild 7 Einfluss des Straßentyps auf die Erkennbarkeitsentfernung.

Somit ist zu befürchten, dass sich gerade Träger von Freizeitkleidung mit eher spärlicher Reflektorbekleidung, z. B. Markenlogos oder schmale Paspeln, in trügerischer Sicherheit wiegen. Außerorts werden Fußgänger mit dunkler Kleidung besonders spät erkannt. In den beleuchteten Innerortsbereichen erbrachten Reflektoren – ungeachtet ihrer Form und Größe – keinerlei signifikante Vorteile für die Detektion und Erkennung von Fußgängern. Die Identifikation der Fußgänger als solche gelang unabhängig von der Markierungsstrategie in der Anwohnerstraße signifikant besser als in der Hauptverkehrsstraße oder außerorts. Somit erbrachten Reflektoren auf beleuchteten Innerortsstrecken keine messbaren Vorteile für den Träger. Hieraus die Schlussfolgerung abzuleiten, dass im urbanen Raum auf derartige Erkennungshilfen grundsätzlich verzichtet werden könne, wäre jedoch eine unzulässige Verallgemeinerung der Ergebnisse, da bereits eine geringfügige Verschlechterung der Beleuchtungssituation dramatische Folgen haben kann. Zudem wird sich niemand je nach Beschaffenheit der zurückzulegenden Wegstrecke an- oder gar umziehen. Daher ist eine generelle Empfehlung zur Nutzung von Retroreflektoren aufrecht zu halten. Retroreflektierende Garne können trotz mitunter schlechterer Rückstrahlwerte aufgrund der gezeigten Performance eine interessante Möglichkeit sein, die Akzeptanz von Freizeitkleidung im Hinblick auf die Sichtbarkeit zu erhöhen.

Aufgrund der generierten Befunde stellt sich die Frage, wie mittels geeigneter Reflektorkonfigurationen nicht nur

die Auffälligkeit schwächerer Verkehrsteilnehmer erhöht, sondern auch deren Identifikation gefördert werden kann. Dies kann insbesondere über die Anordnung des Warnmaterials gelingen: namentlich neue Formen, wie etwa eine Konturmarkierung, besitzen ein hohes Potenzial. Diese Maßnahme muss dabei nicht auf Kleidungsstücke beschränkt bleiben, wie **Bild 8** anschaulich belegt. Die in dieser Studie getestete Variante einer Konturmarkierung an Armen und Torso ist den Beweis einer verbesserten Identifikation gegenüber konventionel-

len Warnwesten zwar schuldig geblieben, aber womöglich ist nur eine vollständige Konturmarkierung des gesamten Körpers hierzu in der Lage. Diesbezüglich bedarf es aber noch weiterer Untersuchungen, um Klarheit zu erlangen. Besonders wichtig erscheint es dabei, die Effekte von Bewegung zu erfassen, die in diese Untersuchung keinen Eingang gefunden haben.

Zusammenfassung und Ausblick

Mittels Blickbewegungsmessungen wurde untersucht, wann Pkw-Fahrer in realen inner- und außerstädtischen Verkehrssituationen Fußgänger einerseits detektieren und andererseits diese auch als solche identifizieren. Die eingesetzte Methode der Blickbewegungsmessung mit naiven Probanden, die über das eigentliche Ziel der Untersuchungen nicht informiert waren, hat sich dabei als gut geeignet erwiesen, um die Erkennbarkeit von Kleidung zu bewerten. Es zeigte sich, dass dunkle Kleidung und Kleidung mit kleinflächigen Reflektoren besonders schlecht erkannt werden. Insgesamt am besten schnitt die Warnweste nach DIN EN ISO 20471 ab. Einen beträchtlichen Einfluss auf die Erkennbarkeit haben auch die örtlichen Gegebenheiten, wie etwa die Lichtverhältnisse und die Verkehrsdichte.

Zukünftige interessante Forschungsfragen, die mit Blickbewegungsmessun-



Bild 8 Markierung eines Rollstuhls durch Speichenreflektoren.

gen beantwortet werden könnten, wären beispielsweise, wie sich die Erkennbarkeit ändert, wenn schlechtes Wetter vorherrscht, sich die Zielpersonen bewegen und nicht statisch am Straßenrand positioniert sind oder auch wie sich die Erkennbarkeit durch Kleidungsmodifikationen weiter verbessern lässt. Darüber hinaus ist natürlich auch die Akzeptanz der Kleidung ein wichtiger Aspekt, denn nur Sicherheitskleidung, die man auch trägt, kann dazu beitragen, Unfälle zu vermeiden. TS 340

Autor

Dr. **Detlef Mewes**, Dipl.-Ing. **Corina Walther**, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin. Dr. **Michael Böhm**, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, TU Berlin, Dr. **Hiltraut Paridon**, Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG), Dresden.

Literaturverzeichnis

- [1] *Langwieder, K.; Bäuml, H.*: Charakteristik von Nachtunfällen. In: Proceedings of the 2nd International Symposium on Progress in Automobile Lighting, S. 326-338. München: UTZ 1997.
- [2] *Olsen, P. L.; Sivak, M.*: Comparison of head lamp visibility distance and stopping distance. *Perceptual and Motor Skills* 57 (1983), S. 1177-1178.
- [3] *Blomberg, R.; Hale, A.; Preusser, D.*: Experimental evaluation of alternative conspicuity-enhancement techniques for pedestrians and bicyclists. *J. Safety Research* 17 (1986) 1, S. 1-12.
- [4] *Flannagan, M. J.; Sivak, M.; Traube, E. C.; Kojima, S.*: Effects of overall low-beam intensity on seeing distance in the presence of glare. *Transportation Human Factors* 2 (2000) 4, S. 313-330.
- [5] *Locher, J.; Völker, S.*: The influence of vehicle beam patterns on safety and acceptance. In: Lighting. SAE Congress 2004 Detroit, Report No. SP 1875, S. 227-231. Warrendale: SAE International 2004.
- [6] *Lachenmayr, B.*: Sehen und gesehen werden: Sicher unterwegs im Straßenverkehr. Aachen: Shaker Verlag 1995.
- [7] *Leibowitz, H. W.; Owens, D. A.; Tyrell, R. A.*: The assured clear distance ahead rule: Implications for nighttime traffic safety and the law. *Accident Analysis and Prevention* 30 (1998) 1, S. 93-99.
- [8] *Walther, C.*: Sehen und gesehen werden. *Polizei Verkehr + Technik* 56 (2011), S. 28-30.
- [9] DIN EN ISO 20471: Hochsichtbare Warnkleidung – Prüfverfahren und Anforderungen. Berlin: Beuth Verlag 2013.
- [10] *Sayer, J. R.; Mefford, M. L.*: High visibility safety apparel and the nighttime conspicuity of pedestrians in work zones. *J. Safety Research* 35 (2004) 5, S. 537-576.
- [11] *Wood, J. M.; Tyrell, R. A.; Carberry, T. P.*: Limitations in driver's ability to recognize pedestrians at night. *Human Factors* 47 (2005) 3, S. 644-653.
- [12] *Cassidy, P. E.; Brooks, B. E.; Anderson, N. J.*: Size isn't everything: The effects of size and brightness of retroreflective materials on nighttime conspicuity. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 49th Annual Meeting 2005, S. 1931-1934.
- [13] *Tuttle, S.; Sayer, J. R.; Buonarosa, M. L.*: The conspicuity of first-responder safety garments. *J. Safety Research* 40 (2009) 3, S. 191-196.
- [14] *Tyrell, R. A.; Wood, J. M.; Chaparro, A.; Carberry, T. P.; Chu, B. S.; Marszalek, R. P.*: Seeing pedestrians at night: Visual clutter does not mask biological motion. *Accident Analysis and Prevention* 41 (2009) 3, S. 506-512.