

Klaus Schmedding\*

## Erkennbarkeitsentfernung von

## Fußgängern unter besonderer

## Berücksichtigung von Gegenverkehr

### Zusammenfassung

Die Rekonstruktion von Dunkelheitsunfällen (Fußgänger-Pkw-Unfall bei Dunkelheit) erfordert eine technische Beurteilung von Erkennbarkeitsentfernungen für die spezielle Unfallsituation. Letztere bilden die Basis für die fallabschließende Vermeidbarkeitsbetrachtung. In der Regel wird man an lichttechnischen Messungen vor Ort unter vergleichbaren Bedingungen nicht vorbeikommen. Für stetig wiederkehrende Unfallkonstellationen mit vergleichbaren äußeren Umständen lassen sich aber zuverlässige Aussagen zu Erkennbarkeitsentfernungen beispielsweise von Fußgängern treffen, die dann unter Berücksichtigung vernünftiger Toleranzgrenzen direkt in die Analyse einfließen können. Ziel dieses Artikels soll es daher sein, die Rahmenbedingungen einer solchen Standardisierung aufzuzeigen und an einem konkreten Beispiel zu erläutern.

### 1 Einleitung

Im Jahre 1982 wurde von SCHMIDT-CLAUSEN [1] in der Zeitschrift »Deutsches Auto Recht« ein Artikel veröffentlicht, der auf die Komplexität dieser Unfallkategorie hinweist. Er betonte hier mit Nachdruck, daß die seinerzeit veröffentlichten Diagramme, die auf dynamischen Fahrversuchen basierten, nur für ganz bestimmte äußere Voraussetzungen gelten, die keinesfalls verallgemeinert werden dürften.

Da die Rahmenbedingungen in einer Untersuchung nicht im Detail erläutert wurden, muß dieser Beurteilung zugestimmt werden; die dort gewonnenen Daten sind sicher nicht auf den Dunkelheitsunfall schlechthin anwendbar, insbesondere dann, wenn örtliche Straßenbeleuchtungen existieren oder andere Lichtquellen im Sichtbereich des Beobachters liegen.

Nach einer Vielzahl durchgeführter lichttechnischer Untersuchungen konnte aber eine gewisse Systematik bei einfach gelagerten lichttechnischen Fallkonstellationen erkannt werden. Als Beispiel ist eine unbeleuchtete, trockene, oder gänzlich nasse Schwarzdecke bei Anwesenheit optisch unauffälliger Bebauung unter lichttechnischen Aspekten standardisierbar. Dazu waren natürlich umfangreiche Messungen durchzuführen, mit dem Ziel, die Grenzen der Anwendbarkeit solcher Diagramme klar aufzuzeigen. Mit einfließen konnten in die Vielzahl der statischen Leuchtdichtemessungen auch die in dynamischen Versuchsreihen gemessenen und bereits vorgestellten Erkennbarkeitsentfernungen [2]. Abschließend soll auch die direkte Abhängigkeit zwischen der Erkennbarkeitsentfernung von Fußgängern und existierendem Gegenverkehr (Blendquelle) mit einbezogen werden. Die hier gemessenen Schleierleuchtdichten beeinflussen direkt den Adaptionzustand des Beobachters, also seine sinnesphysiologischen Fähigkeiten.

### 2 Ausgangspunkte

In den bereits angeschnittenen dynamischen Fahrversuchen konnten die Positionen bestimmt werden, in denen die Probanden nach Erkennen der Fußgängertrappen eine Bremsung einleiteten. Aus der Abhängigkeit Praxisfaktor / Reaktionsdauer [2] ließen sich aber keine konkreten Erkennbarkeitsentfernungen ableiten. Es konnte aber gezeigt werden, daß aufgrund der bei Dunkelheitsunfällen verlängerten Reaktionszeit (Sehen, Wahrnehmen, Erkennen) Praxisfaktoren von 3 – 5 in lichttech-

\*Dipl.-Phys. Klaus Schmedding, Sachverständiger im Ing.-Büro Schimmelpfennig + Becke, Münsterstr. 101, 4400 Münster-Wolbeck

nisch unkritischen, d.h. einfachen Situationen durchaus bei entsprechender Wahl der Reaktionszeit realistisch sind. Mit dieser Vorgabe, die auch HARTMANN [3] bestätigt, sind auf der Basis stationärer, lichttechnischer Messungen für einfache Licht-/Dunkelheitsverhältnisse ohne weiteres sog. Erkennbarkeitsdiagramme entwerfbar.

Dies zeigt der Vergleich statischer lichttechnischer Messungen an verschiedenen Orten, wobei folgende lichttechnische Voraussetzungen an allen Orten wiederzufinden waren:

- keine ortsfeste Straßenbeleuchtung im direkten Sichtbereich,
- unauffällige örtliche Bebauung (keine weißen Hauswände...),
- asphaltierte, mäßig abgefahrene Schwarzdecke.

Zwischen den insgesamt vier verschiedenen statischen Messungen variierten demgegenüber:

- Bewölkungszustand und Jahreszeit (wolkenlos ohne Mondeinfluß bis bedeckt)
- Fahrbahnbreite.

Desweiteren wurden unterschiedliche Pkw-Typen, die aber alle H 4-Scheinwerfersysteme besaßen, benutzt. Vor Versuchsbeginn wurden die Scheinwerfer-Streuscheiben und auch die Windschutzscheibe der benutzten Pkw gereinigt. Die Scheinwerfersysteme waren korrekt eingestellt (-1%).

Genauestens unterschieden werden muß hinsichtlich des Fahrbahnzustandes. Gesicherte Aussagen in engen Bereichen sind sicherlich nur bei völlig trockener Fahrbahn möglich. Bei zunehmendem Feuchtigkeitsgrad der Fahrbahn verändern sich naturgemäß auch deren Reflexionseigenschaften. Das auf die Fahrbahn auftreffende Licht wird in Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsgrad mehr oder minder diffus gestreut bzw. gerichtet von der nassen Fahrbahnoberfläche weggebrochen. Allgemein kann aber festgehalten werden, daß bei zunehmendem Feuchtigkeitsgrad die Erkennbarkeitsentfernung im Mittel geringer ausfällt als bei einer vollkommen trockenen Fahrbahn, da im letzteren Fall die ohne besondere Vorzugsrichtung von der Fahrbahnoberfläche weggebrochenen Lichtanteile zur Aufhellung auch höherer Bereiche des Objektes dienen. Es soll daher vorab zunächst nur auf die Zusammenhänge, die für eine trockene Straße gelten, eingegangen werden.

### 3 Ergebnisse

Der Vergleich der an vier verschiedenen Orten durchgeführten statischen Leuchtdichtemessungen führte zu guter Reproduzierbarkeit der Meßwerte. Es wurden stetig die gleichen Fußgängertrappen benutzt. Auffällig gut paßten auch die seinerzeit gemessenen Erkennbarkeitsentfernungen unter Berücksichtigung einer Reaktionszeit von bis zu 2 s in das Gesamtbild.

Das Bild 1 zeigt das entworfene Erkennbarkeitsdiagramm, das für folgende äußere Begleitumstände Anwendung finden kann:

- trockene Fahrbahn (keine altersbedingten Glanzeffekte),
- keine ortsfeste Beleuchtung,

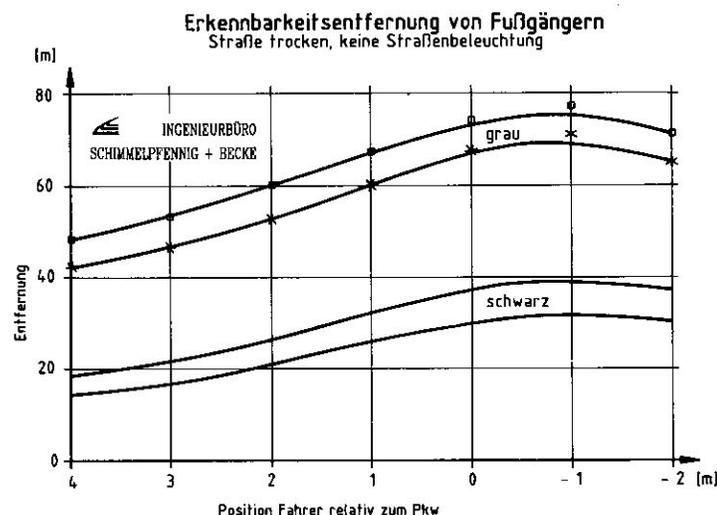


Bild 1 Fahrer blickt 25 m bis 60 m vor die Pkw-Front

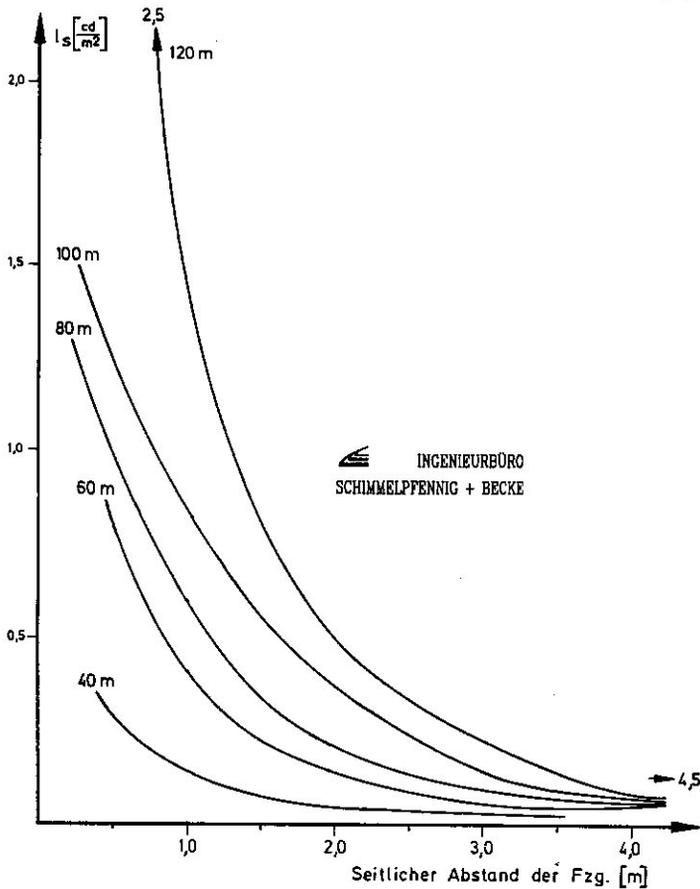


Bild 2 Normale Scheinwerfereinstellung (= -1%) H4 Abblendlicht, Parameter: Fahrzeugentfernung in Fahrbahn­längsrichtung

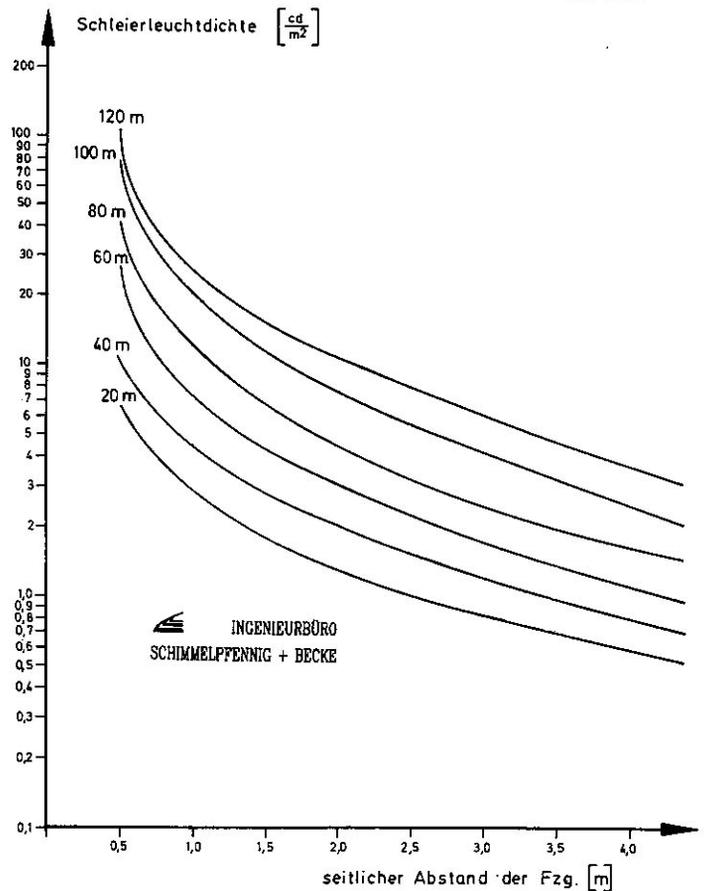


Bild 4 Blendfahrzeug mit eingeschaltetem Fernlicht

- Ausleuchtung durch H 4-Abblendlicht,
- optisch nicht beeinflussende Randbebauung,
- Blickrichtung 25 – 50 m vor die Pkw-Front (Adaptationsleuchtdichte 0,05 – 0,1 cd/m<sup>2</sup>).

Letztere Einschränkung bedarf einer kurzen Erläuterung:

Die Adaptationsleuchtdichte ist die Helligkeit, auf die sich das Beobachteraue einstellt. Liegen helle Lichtquellen im direkte Fixationsraum des Beobachters, so wird diesem hierdurch die Fähigkeit genommen, kontrastarme Gegenstände auch im direkten Fixationsbereich noch aufzulösen. Bei einer unbeleuchteten Straße ohne optisch auffällige Randbebauung adaptiert das Auge des Beobachters auf die Helligkeit, die von dem Pkw-eigenen Scheinwerferlicht ausgeht. Er fixiert üblicherweise seinen Blick etwa 25 – 50 m vor seinen Pkw, wo gewöhnlicherweise Leuchtdichten im Bereich von 0,05 – 0,1 cd/m<sup>2</sup> vorliegen (trockene Fahrbahn).

Eine Änderung dieses Adaptationszustandes tritt in der Situation ein, in der hellere Objekte in das Blickfeld des Beobachters geraten. Bei einer Fahrt auf einer völlig dunklen Landstraße kommt hier sicherlich als erstes das Licht von entgegenkommenden Pkw-Scheinwerfern in Frage.

Dieses Licht fällt in das Beobachteraue und legt sich quasi wie ein Schleier auf die Netzhaut; man bezeichnet daher diese, zusätzlich ins Augenmedium eintretende »Helligkeit« auch als Schleierleuchtdichte. Solche Schleierleuchtdichten lassen sich experimentell in statischen Leuchtdichtemessungen leicht bestimmen. Es existiert bekanntermaßen eine direkte Abhängigkeit zwischen der Entfernung der Pkw in Längs- als auch in Fahrbahnquerrichtung und auch der Scheinwerfereinstellung des entgegenkommenden Pkw.

Solche Schleierleuchtdichten wurden von mir sowohl für trockene als auch für nasse Fahrbahnen gemessen. Das Bild 2 zeigt Schleierleuchtdichten für einen entgegenkommenden Pkw, der einen Abstand von 40 – 120 m zum Beobachteraue aufweist. Auf der Abszisse ist der seitliche Abstand der Fahrzeuge in Metern aufgetragen, wobei sich dieses Maß auf die jeweils zugewandten Fahrzeugseiten bezieht. Bei einer normal dimensionierten Überlandstraße von etwa 7 m Breite wäre ein seitlicher Abstand für Fahrpositionen inmitten der Fahrspuren von ca. 2 m zu

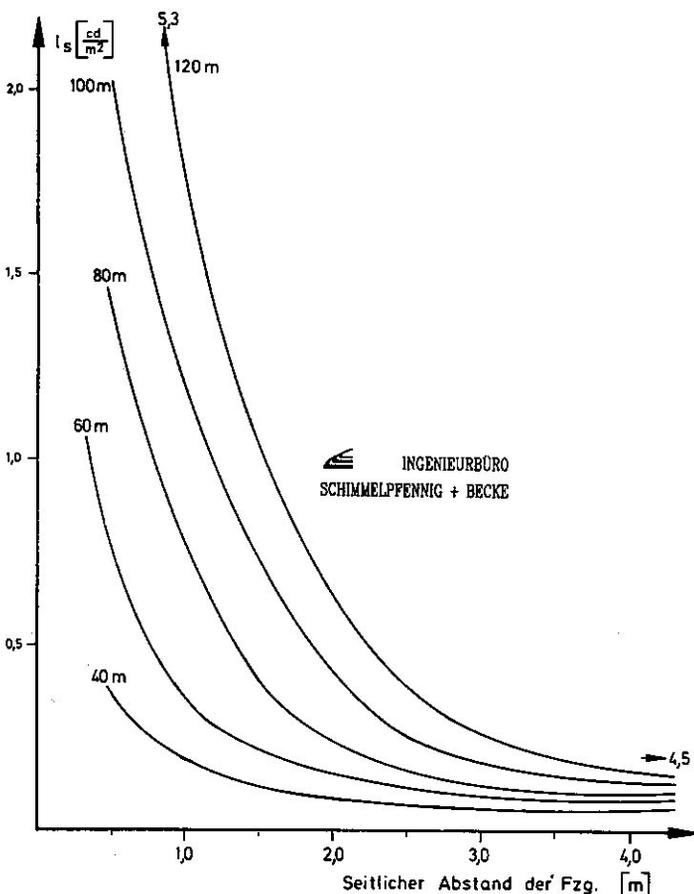


Bild 3 Scheinwerfereinstellung (+1%) H4 Abblendlicht

Abh. dL ( tats. ) / Beob.entf.  
für L ( Adapt. ) - 0,05 cd/qm

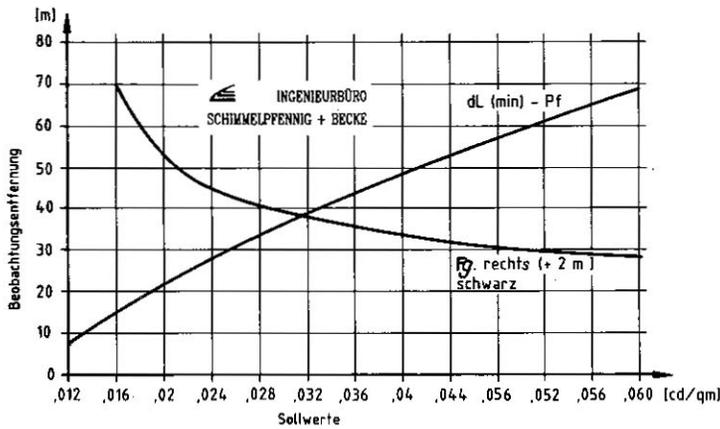


Bild 5 Praxisfaktor 4

Abnahme der Erkennbarkeitsentfernung bei  
varrierender Begegnungsentfernung

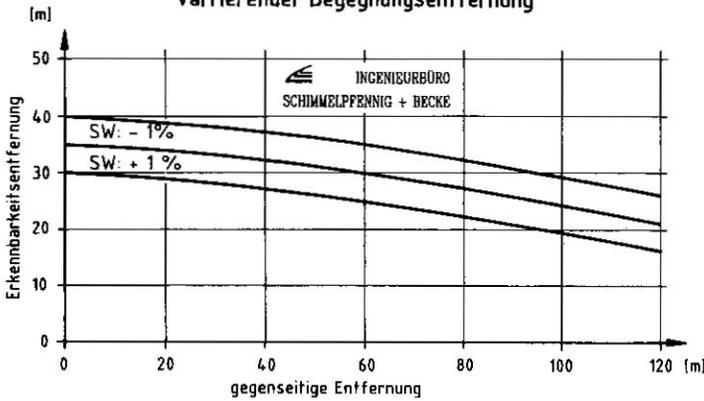


Bild 6 Fußgängerposition am rechten Fahrbahnrand (+ 2 m)

diskutieren. Dies würde beispielsweise bei einer gegenseitigen Distanz von 120 m zu einer zusätzlich ins Augenmedium fallenden Schleierleuchtdichte von  $0,5 \text{ cd/m}^2$  führen.

Für trockene Fahrbahnen wurde auch der Einfluß unkorrekt eingestellter Scheinwerfer untersucht. Solche Fehleinstellungen können auch mit unsachgemäßer Pkw-Beladung zusammenhängen oder im Anhängerbetrieb entstehen. Dem **Bild 3** entnimmt man direkt, daß bei einer nur um 2% nach oben abweichenden Scheinwerfereinstellung die Schleierleuchtdichte im Augenmedium um ca. 30% ansteigt. Dies ist angesichts der ansonsten völlig dunklen Umgebung eklatant. Das **Bild 4** zeigt, welche Schleierleuchtdichten auftreten, wenn das entgegenkommende Fahrzeug mit eingeschaltetem Fernlicht bewegt wird. Diese liegen bei gleicher Distanz oberhalb von  $10 \text{ cd/m}^2$ . Die Blendung des Beobachters führt zu größten Sichteinbußen.

Aber auch für das korrekt bzw. um 2% nach oben hin abweichende, fehleingestellte Scheinwerferlicht sind bereits deutliche Erkennbarkeitseinbußen aufzeigbar.

Dies soll für einen 2 m rechts der Fahrzeugmitte stehenden Fußgänger erläutert werden. Dieser soll sich angesichts einer normalen Straßenbreite von 7 m am rechten Fahrbahnrand aufhalten.

Das **Bild 5** zeigt das SI-Diagramm [4] für einen Beobachter, der den vor ihm liegenden Straßenraum in einem Bereich eng um 50 m fixiert. Als Abszissenwert wäre eine Adaptationsleuchtdichte von  $0,05 \text{ cd/m}^2$  anzugeben. Der zu höheren Abszissenwerten hin ansteigende Graph gibt die Sollwertkurve wieder; das sind die Mindestleuchtdichteunterschiede, die unter Berücksichtigung der realen Unfallsituation zwischen dem Fußgänger und dem direkten Umfeld vorliegen müssen, damit der Fußgänger noch erkannt werden kann. Der monoton fallende Graph ist die sog. Istwertkurve, d.h. der statisch gemessene Leuchtdichteunterschied zwischen dem Fußgänger, der in diesem Fall schwarz gekleidet

sein soll und dem direkten Umfeld. Man erkennt, da sich diese Kurven für eine Beobachtungsentfernung von knapp 40 m schneiden. Das bedeutet, daß der physiologisch nicht beeinträchtigte Normalbeobachter in dieser Situation den schwarz gekleideten Fußgänger am rechten Fahrbahnrand frühestens hätte erkennen können.

Nähert sich aber kurz zuvor in einer Distanz von gut 100 m, möglicherweise aus einer Kurve heraus ein Pkw mit eingeschaltetem Abblendlicht, so adaptiert das Beobachterauge auf eine höhere Leuchtdichte mit der Konsequenz, daß der ansonsten gleich gebliebene Leuchtdichteunterschied zwischen dem Fußgänger und der direkten Umgebung für eine Erkennbarkeit nicht mehr ausreicht. Wie sich bezüglich der gegenseitigen Distanz der Pkw für die angenommene 7 m breite Landstraße die Erkennbarkeitsentfernungen auf den schwarz gekleideten Fußgänger am rechten Fahrbahnrand ändern, zeigt die **Bild 6**. Bei abnehmender gegenseitiger Entfernung bis hin zu kleinsten Werten ist aufgrund des zunehmend stumpfen Blendwinkels eine nennenswerte Beeinträchtigung des Beobachters nicht mehr gegeben. Hier beträgt die Erkennbarkeitsentfernung je nachdem, welchen Bereich der Pkw-Fahrer im Straßenraum fixiert, zwischen 35 und 40 m.

In der Situation, in der die gegenseitige Distanz zwischen den Fahrzeugen noch 60 m beträgt, sinkt bereits die Erkennbarkeitsentfernung für den Fall, daß das Scheinwerferlicht am entgegenkommenden Fahrzeug korrekt eingestellt war, auf einen Wert von ca. 30 – 35 m. Ist das entgegenkommende Fahrzeug unkorrekt beladen (Anhängerbetrieb) bzw. liegt eine Scheinwerferfehleinstellung um 2 Prozentpunkte nach oben vor, so reduziert sich die Erkennbarkeitsentfernung um weitere rund 5 m auf einen Bereich von ca. 25 – 30 m. Für gegenseitige Entfernungen oberhalb von 100 m sinken die Erkennbarkeitsentfernungen auf unter 20 m für den Fall, daß das Scheinwerferlicht des entgegenkommenden Pkw nicht korrekt eingestellt ist. Bei schneller Zunahme der Pkw-Distanzen tritt dann aber wieder der umgekehrte Effekt ein, nämlich dann, wenn aufgrund des fotometrischen Entfernungsgesetzes die auf den Beobachter gerichtete Bestrahlungsstärke gemäß Beziehung:

$$E = \frac{1}{r^2} \cos \epsilon \cdot \Omega$$

geschwächt wird. Noch drastischer fallen die Reduktionen dieser Erkennbarkeitsentfernungen für den Fall einer nassen Straße aus. So entstehen aufgrund der mit zunehmender Feuchtigkeit mehr und mehr in Blickrichtung des Beobachters gerichteten Strahlung so hohe Leuchtdichten auf der Fahrbahn, die zu weitaus niedrigeren Erkennbarkeitsentfernungen führen können [5, 6].

Für den Extremfall der völlig nassen Straße (Spiegelung an der Wasseroberfläche) können dann extreme Erkennbarkeitsminimierungen aufgezeigt werden, bis hin zu Werten unter 10 m für vergleichbare Fußgängerpositionen.

Daß entgegenkommender Verkehr nicht nur nachteilige Effekte auf die Erkennbarkeit von Fußgängern haben muß, zeigen frühere Untersuchungen [7, 8]. Schreitet beispielsweise ein Fußgänger von links nach rechts über die Fahrbahn, so kann durchaus gerade bei größeren Distanzen zum entgegenkommenden Pkw das kurzzeitige Verdecken des Scheinwerfers des entgegenkommenden Fahrzeugs eine Reaktionsaufforderung für den Beobachter darstellen, mit der Konsequenz früherer Erkennungsmöglichkeiten.

#### 4 Ausblicke

Bei der Durchführung lichttechnischer Untersuchungen bzw. bei der Anwendung solcher standardisierter Diagramme ist daher insbesondere dann, wenn Einfluß von Gegenverkehr zu berücksichtigen ist, größte Sorgfalt geboten, da hierdurch ganz entscheidende Erkennbarkeitsdefizite entstehen können. Darüber hinaus sind natürlich noch eine Vielzahl weiterer äußerer Begleitumstände, wie der Zustand der Windschutzscheibe bzw. der eigenen Scheinwerfersysteme als wesentliche Einflußfaktoren zu berücksichtigen, die im Einzelfall zu einer weiteren Herabsetzung solcher Erkennbarkeitsentfernungen führen können. Es ist daher wünschenswert, bei der Erstattung lichttechnischer Gutachten nicht nur die äußeren Umstände, sondern auch den genauen Fahrzeugzustand

zu kennen. Da auf diesen aber in den seltensten Fällen zurückgegriffen werden kann, muß das verwertbare Material genauestens geprüft werden.

#### Literaturnachweis

- [1] Schmidt-Clausen H. J.: Das lichttechnische Gutachten bei Dunkelheitsunfällen, DAR 1/82
- [2] Schmedding K.: Der Praxisfaktor, Frühjahr 1992, Zeitschrift »Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik«
- [3] Hartmann E.: »Der Dunkelheitsunfall«, F. Enke Verlag, Stuttgart 1984
- [4] Schmedding K. u. Becke M.: SBU/SI-Diagramm, Zeitschrift »Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik«, Heft 1, 1990
- [5] Hartmann E./Schinke M.: Die physiologische Bedeutung im nächtlichen Straßenverkehr bei verschiedenen feuchten Straßendecke, Lichttechnische Gemeinschaftstagung, Lugano 16. bis 18. Juni 1982
- [6] Schmedding K.: Schleierleuchtdichten in Abhängigkeit von Fahrbahnzustand in Vorbereitung
- [7] Schimmelpfennig K.-H. u. Hebing N.: Blendung und Kontrast im ..., Zeitschrift »Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik«, Heft 6, 1984
- [8] Becke M.: EZW-Kurven, Zeitschrift »Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik«, Heft 12, 1982 ■