

Klaus Schmedding\*

## Die Bedeutung des Praxisfaktors

### in der lichttechnischen Analyse:

#### - Der Versuch einer Eingrenzung -

#### Zusammenfassung

Bei der Begutachtung von Dunkelheitsunfällen wird regelmäßig durch den Vergleich der statisch vor Ort gemessenen Leuchtdichteunterschiede mit den physiologischen Mindestleuchtdichteunterschieden die Position bestimmt, in der ein Pkw-Fahrer unter ganz bestimmten äußeren Umständen ein Objekt (Beispiel: Fußgänger) hätte erkennen können. Das Bindeglied zwischen den gemessenen Werten und den Laborwerten (nach BEREK und ADRIAN) bildet der sogenannte Sicherheits- oder Praxisfaktor. Dieser bisweilen willkürlich gewählte, das Ergebnis aber stark beeinflussende Faktor, wurde bisher wenig untersucht. Ziel dieses Artikels soll es daher sein, fallbezogene Größenordnungen für diesen Faktor zu vermitteln.

#### Summary

A light technical expertise normally compares the luminous density status at the place of accident with the threshold curve of human eye, resulting of the evaluation of the ultimate recognizable distance of a certain object (example: pedestrian). The link between these theoretical and practical measurements is expressed as »security factor«. This important factor, in some cases really chosen, was rarely examined. Aim of this report is the determination of an order of magnitude of this security factor under certain conditions.

### 1 Einleitung

Dunkelheitsunfälle gehören unbestritten nicht nur aus Sicht des technischen Sachverständigen für Unfallrekonstruktion zu den am schwierigsten zu beurteilenden Unfallabläufen.

Bevor eine lichttechnische Messung vor Ort unter vergleichbaren Umständen durchgeführt werden kann, muß zunächst der gesamte Unfallablauf rekonstruiert werden. Erst hierdurch ist es möglich, die Relativpositionen zwischen dem sich nähernden Pkw und dem zu erkennenden Objekt (beispielsweise Fußgänger) im Rahmen eines Weg-Zeit-Diagramms zu bestimmen. Es müssen also die Situationen herausgegriffen werden, auf die es hinsichtlich der Vermeidbarkeitsbetrachtung ankommt. Diese werden dann vor Ort unter Beachtung der zum Unfallzeitpunkt existenten Umfeldbedingungen nachgestellt. Neben der Auffälligkeit des Sehobjektes (Kleidung des Fußgängers) spielt auch der Zustand der Beleuchtungseinrichtung und der Windschutzscheibe des Pkw eine wesentliche Rolle. Steht der, möglicherweise durch das Unfallgeschehen beschädigte Pkw bei der lichttechnischen Untersuchung nicht zur Verfügung, so muß mit einem unter lichttechnischen Gesichtspunkten vergleichbaren Fahrzeug eine solche statische Messung durchgeführt werden.

Sind alle wesentlichen Voraussetzungen für eine lichttechnische Messung gegeben, so werden üblicherweise vor Ort die Leuchtdichteunterschiede zwischen dem Objekt (beispielsweise Fußgänger) und dem direkten Umfeld mit Hilfe eines hochempfindlichen Leuchtdichtemessers bestimmt. Wahlweise läßt sich dieser Schritt durch Mittotografieren einer Grauwertstufe vor Ort am Bildschirm über ein Lichtbildauswertungsprogramm (nachdem das entstandene Lichtbild gescannt wurde) bewältigen.

Seinerzeit wurden von ADRIAN und auch BEREK Berechnungsmöglichkeiten bzw. Diagramme an die Hand gegeben, mit denen es möglich ist, den Mindestleuchtdichteunterschied zwischen einem Sehobjekt und der direkten Umgebung in der Laborsituation für einen bestimmten Adaptationszustand des Beobachters zu bestimmen. Je nachdem, auf welches Helligkeitsniveau der in diesen Untersuchungen

definierte Normalbeobachter adaptiert ist, sind Leuchtdichteunterschiede zwischen Sehobjekt und direkter Umgebung bestimmbar, die im Idealfall (in der Laborsituation) mindestens hätten vorliegen müssen, damit das Objekt noch hätte erkannt werden können.

Solche idealen Voraussetzungen liegen für den Kraftfahrer im Straßenverkehr hingegen nicht vor. In der realen Situation muß zuerst das Objekt erkannt werden. Dementsprechend ist der Mindestleuchtdichteunterschied mit einem Faktor zu multiplizieren, der die reale Unfallsituation mit dem Experiment verknüpft. Darauf wurde bereits in einer Vielzahl von erschienenen Untersuchungen [1/2/3] hingewiesen.

Diese sogenannten Praxisfaktoren fanden auch in dem hier seinerzeit entwickelten SBU-Diagramm [1] Berücksichtigung.

Folgt man an dieser Stelle den Ausführungen von HARTMANN [2], so sei, wie entsprechende Fahrversuche gezeigt hätten, das Drei- bis Vierfache desjenigen Schwellenwertes zum Erkennen notwendig, der sich für die gleichen Leuchtdichteverhältnisse aus den Berek'schen Kurven ergeben.

Viele Gutachter benutzen regelmäßig deutlich höhere Praxisfaktoren bis zu 10 (auch darüber hinaus), ohne daß es hierfür eine technisch fundierte Begründung gibt.

Zu diesem Zweck wurden bei Dunkelheit dynamische Fahrversuche durchgeführt und so aufbereitet, daß sich eine Abhängigkeit des Praxisfaktors von der Versuchssituation und, wie sich noch herausstellen wird, von der Reaktionsdauer aufzeigen läßt.

### 2 Versuchsdurchführung

Als Versuchsstrecke wurde eine ca. 3 km lange unbeleuchtete Landstraße mit einer Breite von 6 m gewählt, die weiträumig abgesperrt wurde. Im genannten Abschnitt existierte, von der Straße zurückgezogene, ländliche Bebauung, die auf die Umfeldleuchtdichte- bzw. Adaptationsleuchtdichte des Beobachters keinen Einfluß hatte. Bei Versuchsdurchführung war der Himmel bedeckt, die Fahrbahn trocken, astronomische Leuchtdichteinflüsse existierten nicht.

Entlang der Versuchsstrecke wurden insgesamt sechs Fußgänger-Attrappen mit unterschiedlicher Kleidung in unregelmäßigen Abständen, sowohl in Fahrbahnlangs- als auch in Fahrbahnquerrichtung positioniert (vgl. Tab. 1). Das Versuchsfahrzeug war so präpariert, daß nur eine maximale Bewegungsgeschwindigkeit von 35 km/h gefahren werden konnte. Die Versuchsfahrer wurden angewiesen, bei Erkennen der Fußgänger-Attrappen dieses durch Betätigen des Bremspedals zu quittieren, um einen direkten Bezug zum Abwehrautomatismus des Normalfahrers in Gefahrensituationen zu schaffen.

Gekoppelt mit dem Bremslichtschalter war ein Farbschußgerät, das den jeweiligen Bremsbeginn in Relation zum Sehobjekt auf der Fahrbahn markierte. Dieser wurde von »Streckenposten«, die sich in der Nähe dieser Attrappen aufhielten, festgehalten. Hierdurch war es möglich, die von den insgesamt 14 Versuchspersonen eingeleiteten Bremspunkte zu bestimmen.

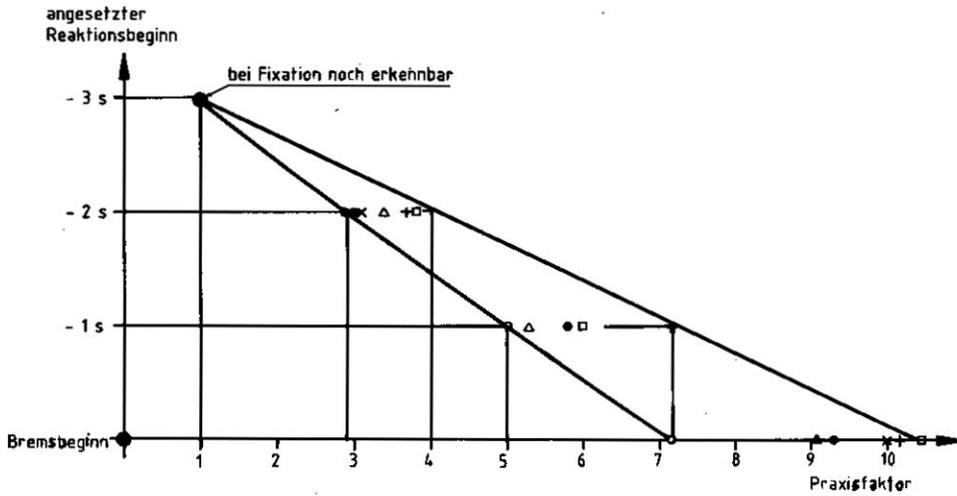
### 3 Versuchsergebnisse

Aus der Versuchsdurchführung ergibt sich, daß die experimentell gemessenen Entfernungen Bremsbeginn/Fußgänger-Attrappe den Reaktionsweg des Probanden nicht enthalten. Da im Rahmen statischer lichttechnischer Versuchsmessungen immer auf die Position abgestellt wird, in der der Pkw-Fahrer das Objekt erstmals erkennen konnte, und im Anschluß daran erst den Reaktionsprozeß ansetzt, bot es sich im Nachhinein an, statische lichttechnische Messungen an folgenden Punkten durchzuführen:

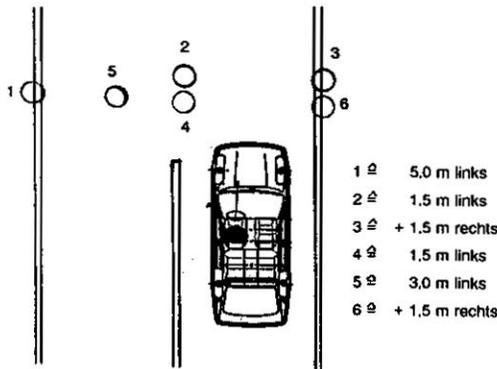
- Bremsbeginn
- 10 m davor (entsprechend 1 s Reaktionsdauer)
- 20 m davor (entsprechend 2 s Reaktionsdauer)
- 30 m davor (entsprechend 3 s Reaktionsdauer).

So lag beispielsweise der Bremsbeginn bei 11 der insgesamt 14 Probanden für die dunkelgrau gekleidete, am rechten Fahrbahnrand stehende Testpuppe bei  $41 \pm 4$  m. Sie wurde dementsprechend bei den statischen Leuchtdichtemessungen aus Beobachtungsentfernungen von 41 m, 51 m, 61 m und 71 m anvisiert. Die letzten drei Werte beziehen sich auf fiktive Reaktionszeiten zwischen 1 und 3 s.

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



- Pos. 1: □
- Pos. 2: △
- Pos. 3: ○
- Pos. 4: +
- Pos. 5: ×
- Pos. 6: ●



Position der  
Fußgänger-Attrappen

- Streckenlänge rund 3 km
- nach ca. 450 m Pos. 1: hellgraue Hose / dunkelgrauer Pullover
- nach ca. 400 m Pos. 2: mittelgraue Hose / beigefarbener Pullover
- nach ca. 500 m Pos. 3: dunkelgraue Hose / mittelgrauer Kittel
- nach ca. 400 m Pos. 4: dunkelgraue Hose / olivgrüner Pullover
- nach ca. 550 m Pos. 5: dunkelgraue Hose / roter Pullover
- nach ca. 650 m Pos. 6: dunkelgraue Hose / dunkelgrauer Pullover

2950 m  
gefährte Geschwindigkeit: = 10 m/s

- 14 Versuchspersonen
- Pkw war mit Farbspritzgerät ausgerüstet, das bei Betätigung des Bremspedals einen Farbstrich auf die Fahrbahndecke sprühte

Da als Sehobjekte 6 Fußgänger-Attrappen zur Verfügung standen, waren insgesamt  $6 \times 4 = 24$  Objekt-(Infeld)-Leuchtdichten und ein Vielfaches mehr an umliegenden Umfeldleuchtdichten zu messen. Die Adaptationsleuchtdichte der Probanden lag, entsprechend der äußeren Rahmenbedingungen (Blick ins Scheinwerfer-Fernfeld) bei  $\leq 0,1 \text{ cd/m}^2$ .

Aus den hier entwickelten SBU-Diagrammen konnten für die jeweiligen Meßentfernungen pro Attrappen die Mindestleuchtdichteunterschiede zwischen Sehobjekt (Attrappen) und Umfeld in Abhängigkeit vom Adaptationszustand bestimmt werden (Tab. 2), der unter Laborbedingungen mindestens hätte vorliegen müssen, damit das Sehobjekt hätte erkannt werden können. Es zeigt sich, daß zwischen den tatsächlichen Leuchtdichteunterschieden Attrappen/Umfeld und den Mindestleuchtdichteunterschieden aus dem SBU-Diagramm für eine Meßposition am Bremspunkt Faktoren zwischen 7,2 und 10,4 vorlagen. Bei 5 der insgesamt 6 Meßwerte lag die relative Ungenauigkeit nur bei  $9,7 \pm 7\%$ .

Verschiebt man die mögliche Erkennbarkeitsentfernung 3 s zeitlich vor den Bremsbeginn (entsprechend 30 m davor), so war mit dem hochemp-

	Position 1				Position 2			
	Bremsbeg. 52 m	-1 sec. 62 m	-2 sec. 72 m	-3 sec. 82 m	Bremsbeg. 61 m	-1 sec. 71 m	-2 sec. 81 m	-3 sec. 91 m
$\Delta L$ mindestens (nach Berek) $\bullet 10^{-3} \text{ cd/m}^2$	5,3	6,7	8,0	10,0	6,6	7,6	8,8	9,4
$\Delta L$ tatsächlich (gemessen) $\bullet 10^{-3} \text{ cd/m}^2$	55	45	30	0	60	40	30	0
Praxisfaktor	10,4	6,0	3,8	/	9,1	5,3	3,4	/

	Position 3				Position 4			
	Bremsbeg. 45 m	-1 sec. 55 m	-2 sec. 65 m	-3 sec. 75 m	Bremsbeg. 42 m	-1 sec. 52 m	-2 sec. 62 m	-3 sec. 72 m
	4,9	6,0	7,0	8,0	4,4	5,5	6,7	7,9
	36	30	20	0	45	40	25	0
	7,2	5,0	2,9	/	10,2	7,2	3,7	/

	Position 5				Position 6			
	Bremsbeg. 35 m	-1 sec. 49 m	-2 sec. 59 m	-3 sec. 69 m	Bremsbeg. 41 m	-1 sec. 51 m	-2 sec. 61 m	-3 sec. 71 m
	4,1	5,1	6,4	7,8	4,3	5,2	6,6	8,0
	40	30	20	0	40	30	20	0
	9,8	5,9	3,1	/	9,3	5,8	3,0	/

findlichen Leuchtdichtemesser eine Auflösung zwischen dem Objekt und dem Umfeld nicht mehr möglich. Das Objekt war bei langer Fixation noch erkennbar, meßtechnisch aber nicht mehr erfassbar. Der tatsächlich vorhandene, sehr geringe Leuchtdichteunterschied zwischen Objekt und Umgebung wurde von der hochvergüteten Optik des Leuchtdichtemessers nicht übertragen. Da die Leistungsgrenze des verwendeten Leuchtdichtemessers im kleinsten Meßfeld (6') beim Übergang der 3. zur 2. Stelle hinter dem Komma erreicht ist, ein sehr geringer »Helligkeitsunterschied« bei genügend langer Fixation aber erkennbar war, kann in guter Näherung davon ausgegangen werden, daß an diesen Meßpunkten der reale Leuchtdichteunterschied Objekt/Umfeld in etwa dem Mindestleuchtdichteunterschied nach BEREK entspricht. Im SI-Diagramm hätte man also hier den Schnittpunkt zwischen Sollwertkurve (Praxisfaktor 1) und Istwertkurve gefunden.

Die durch den Vergleich der statischen mit den dynamischen Messungen erarbeiteten Größen entsprechen per Definition dem zuvor ausführlich beschriebenen Praxisfaktor.

Es kann anhand dieser Versuchsreihe direkt eine Beziehung zwischen der vor der einsetzenden Bremsung liegenden Zeit (Reaktionszeit) und dem Praxisfaktor erarbeitet werden. Würde man auch unter diesen Voraussetzungen mit der üblicherweise bei Tageslichtunfällen angesetzten Schrecksekunde arbeiten, so hätte man gemäß Diagramm 1 mindestens einen Praxisfaktor zwischen 5 und 7 anzusetzen.

Das Ansetzen einer solchen Reaktionsdauer ist aber unter Berücksichtigung der ungünstigen Sichtverhältnisse sicher nicht gerechtfertigt. Damit das Objekt vom Beobachter erkannt werden kann, muß es zunächst wahrgenommen werden. Dies setzt voraus, daß es sichtbar ist. Insbesondere der Wahrnehmungsprozeß setzt einen visuellen Reiz auf den Beobachter voraus, der sich bei Dunkelheitsunfällen auf jeden Fall auf einen ausreichend großen Leuchtdichteunterschied beziehen muß. Erst danach setzt der Erkennungsprozeß ein, währenddessen dem zunächst registrierten Leuchtdichteunterschied ein Objekt zugeordnet wird.

Zuzüglich der auch bei Tageslichtunfällen zu berücksichtigenden Blickzuwendungsdauer, die einen Bereich oberhalb von 0,5 s einnehmen kann, erscheint es daher technisch sinnvoll, verlängerte Reaktionszeiten im Rahmen der Bewertung von Dunkelheitsunfällen zu diskutieren. Dies führt zwangsläufig zu dem, aus dem Diagramm 1 ableitbaren Ergebnis, daß angesichts des verlängerten Reaktionsprozesses bei Dunkelheit niedrige Praxisfaktoren für solche Situationen nicht oberhalb von 3 bis 4 anzusetzen sind.

#### 4 Zusammenfassung

Gewiß läßt sich das aus dieser Untersuchung zu ziehende Resümee nicht beliebig auf die Gesamtheit der lichttechnischen Aufbereitung von Dunkelheitsunfällen übertragen. Gerade in kritischen Situationen, unter lichttechnisch ungünstigen Bedingungen, wird man auch höhere Praxisfaktoren diskutieren können. Letztlich lassen sich diese aber nicht willkürlich hochschrauben. Vielmehr bedarf es einer feinfühligere Bewertung der dem Pkw-Fahrer zuzubilligenden Reaktionszeit. Für praxisübliche Reaktionsdauern zwischen 1,5 und 2,0 s bieten sich daher in ähnlich gelagerten Fällen die dynamisch ermittelten Praxisfaktoren an.

Es ist daher vorgesehen, zu dieser Thematik eine Reihe weiterer dynamischer Fahrversuche bei Dunkelheit auch unter ungünstigeren lichttechnischen Bedingungen durchzuführen, um auch für andere Situationen entsprechende Abhängigkeiten konstruieren zu können. Wir versprechen uns von dieser Methodik zumindest situationsabhängige Praxisfaktoren grob eingrenzen zu können, statt diese ohne technische Begründung einfach festzulegen.

#### Literaturnachweis

- [1] Schmedding K. und Becke M.: Das SBU-Diagramm und die Bestimmung von Erkennbarkeitsentfernungen mit Hilfe des SI-Diagramms. Der Verkehrsunfall Heft 1 (1990)
- [2] Gramberg-Danielsen B. und Hartmann E.: Der Dunkelheitsunfall. Ferd. Enke Verlag, Stuttgart (1984)
- [3] Kuckuck G. und Reuter W.: Die Methodik der Aufklärung von Dunkelheitsunfällen aus rechtlicher und lichttechnischer Sicht. DAR Heft 10 (1976) ■