

Klaus Schmedding\*, Manfred Becke\*\*

## Das SBU-Diagramm und die

### Bestimmung von Erkennbarkeitsentfernungen

#### mit Hilfe des SI-Diagramms

##### Zusammenfassung

Das Ziel lichttechnischer Gutachten ist es, Erkennbarkeitsentfernungen von Objekten zu bestimmen. Dabei stützt man sich auf die Schwellenwertkurve des Auges (DIN-Norm 5037). Diese wurde in der vorliegenden Arbeit auf die Bedürfnisse der Unfallrekonstruktion zurechtgeschnitten. Darüberhinaus wird anhand eines Beispiels dargelegt, wie man Meßwerte einer lichttechnischen Untersuchung durch Vergleich mit den Schwellenwerten des Auges übersichtlich und für den technischen Laien nachvollziehbar im sogenannten SI-Diagramm darstellen kann.

##### Summary

The aim of light technical expertises is to evaluate the ultimate distance at which a certain object can be recognized by optical perception. These expertises are usually based on the so-called threshold-curve of the human eye (DIN-norm 5037). This curve needs to be modified to meet the needs of accident investigation. This paper also gives an example in which way the collected data of light technical investigation can be related to the threshold-curve. The relation is computed to a so-called SI-Diagramm, which is highly evident even to laymans.

## 1 Einleitung

Gemäß StVO darf ein Fahrzeugführer nur so schnell fahren, daß er innerhalb der übersehbaren Strecke anhalten kann. Bei Fahrten während der Dämmerung oder Dunkelheit ist die Einhaltung dieser Vorschrift problematisch. Dadurch, daß zwar die Beleuchtungsstärke für Fern- und Abblendlicht am Pkw vorgeschrieben ist, ist das vom Fahrzeug ausgehende Licht streng definiert, nicht jedoch dessen Wirkung, die für die Beurteilung von Wahrnehmungsmöglichkeiten allein von Bedeutung ist.

Denn ein Hindernis wird von einem herannahenden Kraftfahrer nur dann erkannt, wenn ein bestimmter Kontrast zwischen dem Objekt und seiner unmittelbaren Umgebung vorhanden ist. Die Definition des Kontrastes

$$K = \frac{L_{\text{Obj.}} - L_{\text{Umfeld}}}{L_{\text{Umfeld}}}$$

zeigt, daß sich diese aus einer mathematischen Verknüpfung von Umfeld- und Objektleuchtdichte mathematisch zusammensetzt [1]. Die Leuchtdichte selbst ist ein Maß für die Beleuchtungsstärke, die je nach Reflektionsgrad des angestrahlten Hindernisses unterschiedlich intensiv zurückgeworfen wird. Die Wahrnehmung von Leuchtdichteunterschieden ist jedoch vom Adaptionsniveau des Auges abhängig.

## 2 Das SBU-Diagramm

Zur Bestimmung der für das Erkennen von Hindernissen erforderlichen Leuchtdichteunterschiede können die Berek'schen-Kurven herangezogen werden (Bild 1), die die Schwellenleuchtdichtewerte in Abhängigkeit von der Objektgröße (in Winkelminuten) der Umfeldleuchtdichte gegenüberstellt. Aus diesen Kurven liest man direkt ab, daß bei konstanter Objektgröße der Mindestleuchtdichteunterschied bei wachsender Helligkeit (Umfeldleuchtdichte) der Umgebung zunimmt.

Allerdings ist der Wertebereich des Diagrammes (nach [2]) hin-

\*Dipl.- Phys. Klaus Schmedding, Sachverständiger im Ing. Büro Schimmelpfennig und Becke

\*\*Dipl.-Ing. Manfred Becke, öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Straßenverkehrsunfälle und Kfz.-Technik, Ing. Büro Schimmelpfennig und Becke, Münsterstraße 101, 4400 Münster-Wolbeck

sichtlich der Leuchtdichteunterschiede für die Rekonstruktion von Unfällen, die sich im nächtlichen Straßenverkehr ereigneten, zu groß gefaßt, da hier eine charakteristische Bandbreite für Leuchtdichtewerte zu beobachten ist. Diese liegt für das mesopische und skotopische Sehen im Bereich von  $<0,01$  bis  $10 \text{ cd/m}^2$  (unbeleuchtete Landstraße bis Dämmerung [3]).

Im nächtlichen Straßenverkehr ereignen sich prozentual gesehen Fußgänger-Pkw-Unfälle sehr oft. Da der Fußgänger i.d.R. als Silhouette (Seite-Front-Rückansicht) bei der Messung vor Ort erfaßt wird, ist die Ausdehnung des Objektes als solche konstant. Die Objektgröße bei Fußgängerunfällen in Winkelminuten anzugeben ist umständlich und überflüssig, da die Objektgröße für die Silhouette einer Seitenansicht oder Frontansicht für alle Fußgänger ungefähr gleich groß ist. Die auf die Abszisse des Berek'schen Diagramms abzutragende Objektgröße in Winkelminuten ist demnach eine Funktion der Beobachtungsentfernung.

Mit dieser Erkenntnis kann das Berek'sche Diagramm auf die Bedürfnisse der Unfallrekonstruktion umstrukturiert werden, so daß sich eine Abhängigkeit zwischen Schwellenleuchtdichtedifferenz, Beobachtungsentfernung und Umfeldleuchtdichte ergibt. Dieses wird im weiteren als SBU-Diagramm bezeichnet. In Bild 2 a und Bild 2 b wurden auf der Ordinate die mit skotopischem bis mesopischem Sehen korrespondierenden Leuchtdichtewerte aufgetragen. Man erkennt, daß sich je nach betrachteter Fußgängersilhouette für unterschiedliche Beobachtungsentfernungen aber konstanter Umfeldleuchtdichte verschiedene Schwellenleuchtdichtewerte ergeben. Allgemein muß noch angeführt werden, daß die Berek'schen Kurven und damit auch das SBU-Diagramm unter Laborbedingungen entstanden. D.h., die beim Gewinn dieser Meßwerte anwesenden Probanden waren auf das jeweilige Leuchtdichteniveau ausreichend adaptiert und konnten sich voll konzentriert auf das Problem der Erkennung des Leuchtdichteunterschiedes einstellen. Daß der Kraftfahrer im Straßenverkehr hingegen solchen idealen Bedingungen nicht ausgesetzt ist, ist unstrittig. In der Laborsituation wird nur die Wahrnehmbarkeit eines Leuchtdichteunterschiedes beurteilt, in der realen Situation muß hingegen zuerst das Objekt erkannt werden. Dementsprechend ist die Schwellenleuchtdichte, die man auf der Ordinate des SBU-Diagrammes abliest, mit einem Faktor zu multiplizieren, der die reale Unfallsituation mit dem Experiment verknüpft. Wie Messungen ergaben, können diese sogenannten »Praxisfaktoren« je nach den äußeren Umständen (Straßenverhältnisse, Witterungsbedingungen usw.) bei 3 bis 5 liegen [1].

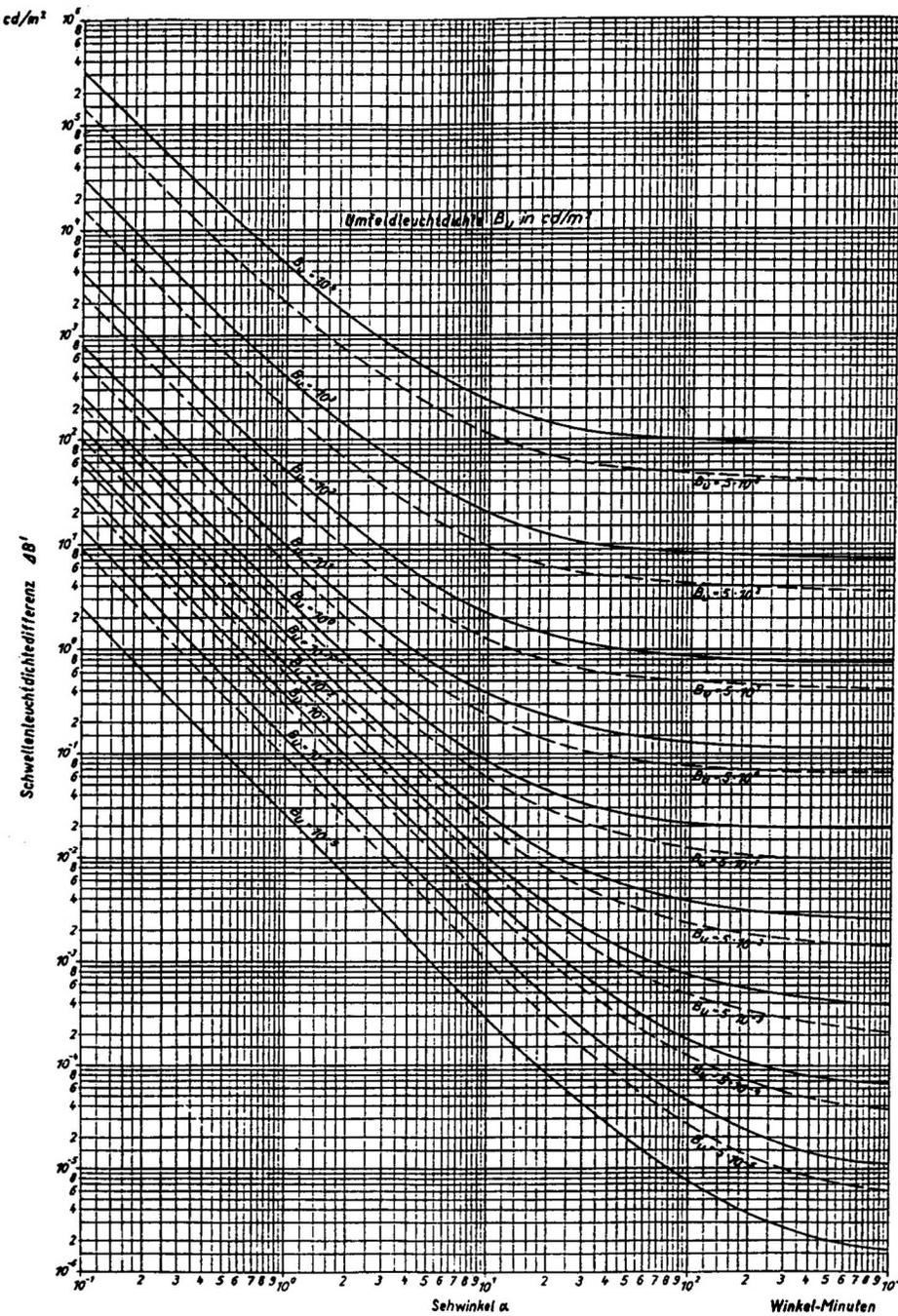
Einfach einbezogen werden können diese »Praxisfaktoren« in das SBU-Diagramm durch variable Einteilungen der Ordinate, die durch Multiplikation der Schwellenleuchtdichten mit den anzusetzenden »Praxisfaktoren« entstanden. Man erhält also insgesamt vier verschiedene Ordinaten, deren Einteilungen sich nach der Größe des Praxisfaktors richten. Damit besitzt das SBU-Diagramm gegenüber der bislang klassischen Vorgehensweise (Auswertung der Berek'schen Kurven und Vergleich mit den tatsächlichen Leuchtdichteunterschieden [4]) den Vorzug, daß man direkt über der Beobachtungsentfernung je nach Erscheinungsbild des Fußgängers auf den Ordinaten den Mindestleuchtdichteunterschied für die gegebene Situation ablesen kann.

## 3 Das SI-Diagramm

Darüber hinaus können die Differenzen von den durch Messungen ermittelten Werten für Objekt- und Umfeldleuchtdichte bei verschiedenen Beobachtungsentfernungen diesem Schwellenleuchtdichtewert grafisch gegenübergestellt werden. Diese Vorgehensweise soll anhand einer durchgeführten Meßreihe erläutert werden.

Bei diesem Versuch wurden die Leuchtdichteunterschiede zwischen einer dunkel (schwarz) gekleideten Person, die sich am rechten Rand einer beleuchteten Straße aufhielt, und ihrer Umge-

Bild 1

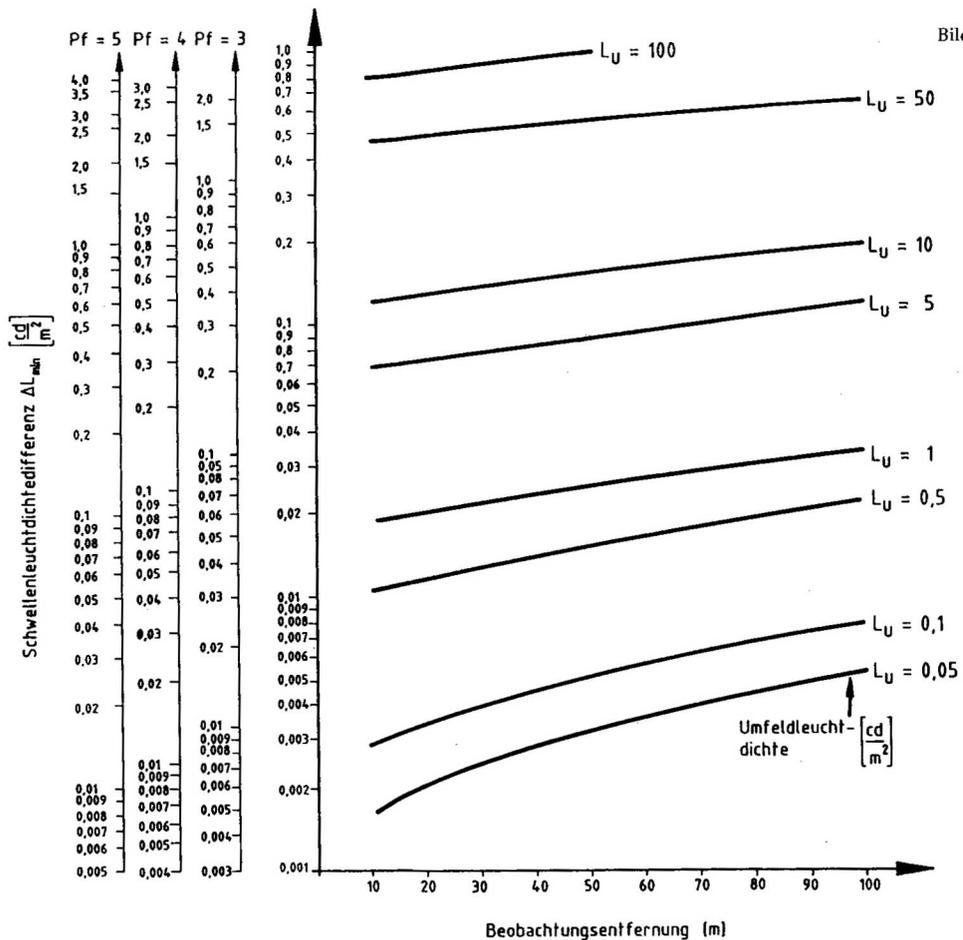
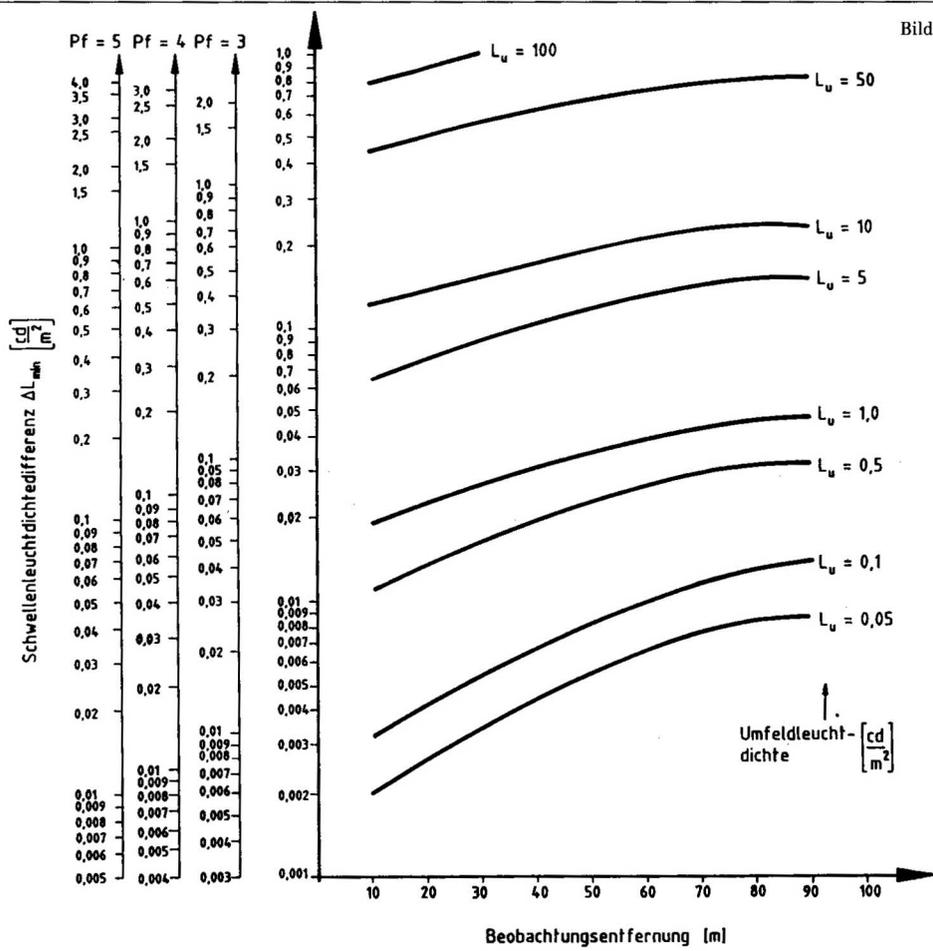


bung aus Entfernungen von 60 bis 10 m in 2 m-Schritten aus einem Pkw heraus mit eingeschaltetem Abblendlicht gemessen.

Für diese gemessenen Umfeldleuchtdichten wurden die Schwellenleuchtdichtedifferenzen (multipliziert mit dem Praxisfaktor) auf der Ordinate abgegriffen. Diese, der reale Situation angepaßten Sollwerte für die Differenzleuchtdichte, die eine Wahrnehmung des Objektes garantieren, können jetzt mit den Istwerten zwischen Objekt und Umfeld aus den lichttechnischen Messungen im sogenannten SI (Soll-Istwert)-Diagramm verglichen werden.

Dort, wo sich Soll- und Istwert-Kurve schneiden, gibt die x-Koordinate dieses Schnittpunktes die maximale Erkennbarkeitsentfernung wieder. Für den durchgeführten Versuch ergab sich ein Wert von ca. 48 m (Bild 3b).

Mit abnehmender Beobachtungsentfernung steigt der Meßwertgraph stark an, wobei sämtliche Meßwerte deutlich oberhalb der »Sollwertkurve« liegen. Diese starke Graphensteigung offenbart, daß ab einer Entfernung von < 48 m eine sicherere Erkennbarkeit eines »normalsichtigen« Beobachters gegeben ist. Mit Hilfe dieser Meßwertdarstellung sind schnell und leicht konkrete Aussagen zur Erkennungsmöglichkeit im jeweiligen Fall möglich. Darüber hinaus sind aber auch äußere Einflüsse, wie z.B. Blendung durch Gegenverkehr, der durch die Überlagerung der sogenannten Schleierleuchtdichte zur Schwellenleuchtdichte einfließt, durch einen weiteren Graphen in diesem Diagramm darstellbar. Man erhält dann ggf. einen weiteren Schnittpunkt mit der Meßwertkurve, dessen Abszissenkoordinate die Erkennbarkeitsentfernung für diesen Fall wiedergibt.



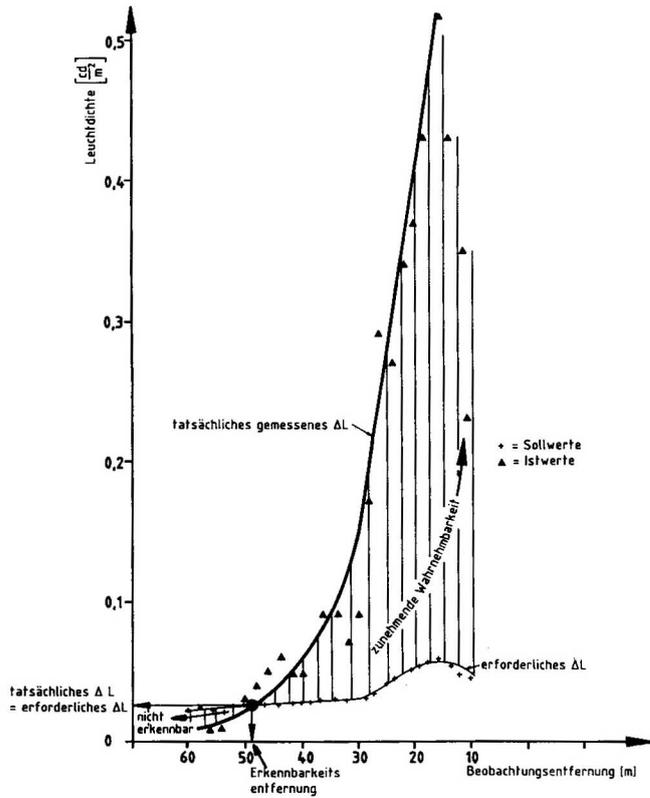


Bild 3 SI-Diagramm

Andere, sichtbehindernde extraokulare Ursachen (z.B. verschmutzte Windschutzscheibe, verkratztes Motorradhelmvisier) lassen sich nur qualitativ durch Abschätzen der beeinträchtigenden Schleierleuchtdichte in dieser Darstellung erfassen. Genauso kann mit anderen zu berücksichtigenden Faktoren (chemische Faktoren, Sehhilfen, Krankheiten) verfahren werden (vgl. [1] und [3]).

Innerhalb dieses Diagrammes sind aber auch variable Praxisfaktoren schnell zu berücksichtigen, die zu einer Verschiebung der »Sollwertkurve« in y-Richtung führt. Auch die Differenz zwischen den Leuchtdichtewerten gibt qualitativ an, wie auffällig das Objekt in der jeweiligen Einstellung ist. Unerwähnt bleiben soll aber nicht, daß sich bei variablen Einstellungen zwischen Beobachter und Objekt nicht derart »glatte« Kurven im SI-Diagramm ergeben müssen. Dann ist natürlich eine Meßreihe mit kleinen Beobachtungsintervallen notwendig, um einen gesicherten Kurvenverlauf darstellen zu können.

**Literaturnachweis**

- [1] Gramberg-Danielsen, Hartmann, »Der Dunkelheitsunfall«, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1984
- [2] Deutsche Normen, DIN-Blatt 5037, Bl.2, Juni 1963
- [3] Gramberg-Danielsen, »Sehen und Verkehr«, Springer Verlag 1967
- [4] Krochmann, Skript zur Vorlesung, Lichtmeßtechnik