

VRR – Unfallrekonstruktion

Einführung in den Dunkelheitsunfall

von Dipl.-Ing. Lars Hoffmeister, Düsseldorf*

Das Unfallrisiko ist zur Nachtzeit erheblich höher als während der Tagesstunden. Wird allein die Schwere der Dunkelheitsunfälle (getötet, schwer verletzt, leicht verletzt,) betrachtet, so folgt, dass ca. 45 % der Todesopfer im Straßenverkehr bei Dämmerung und Dunkelheit getötet werden. Bei Schwerverletzten liegt ein geringerer Anteil von 35 % und bei den Leichtverletzten von 28 % vor. Die Ursachen für ein derart hohes Unfallrisiko sind geringe Erkennbarkeitsentfernungen sowie vermindertes Reaktionsvermögen. Sehr häufig ereignen sich bei Dunkelheit Fußgänger/Fahrzeug-Unfälle. Einen geringeren Anteil verzeichnen Fahrzeugunfälle mit abgestellten Fahrzeugen sowie Kollisionen mit Tieren oder auf der Fahrbahn liegenden Teilen. Die Rekonstruktion eines Dunkelheitsunfalls ist im Gegensatz zu einem alltäglichen Straßenverkehrsunfall während der Hellstunden erheblich komplexer und aufwendiger, da lichttechnische Messungen nahezu unverzichtbar sind. Der folgende Artikel soll einen Überblick über die Komplexität bei der Analyse eines Dunkelheitsunfalls geben. Der technische Sachverständige muss im Rahmen der Rekonstruktion des Dunkelheitsunfalls die Erkennbarkeitsentfernungen ermitteln, um anschließend eine Aussage über die Annäherungsgeschwindigkeit eines Fahrzeuges und die Vermeidbarkeitsmöglichkeiten des Fahrzeugführers zu erarbeiten.

I. Lichttechnische Grundlagen

Wichtige Fachausdrücke

Ein Rekonstruktionsgutachten, das sich mit der Thematik „Dunkelheitsunfall“ auseinandersetzt, beinhaltet z.T. immer wiederkehrende und wichtige lichttechnische Fachterminologie. Im Folgenden werden die wichtigsten Fachausdrücke genannt und kurz erklärt:

* Der Autor ist öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Straßenverkehrsunfälle, Schimmelpfennig + Becke, Düsseldorf.

a) Leuchtdichte

Die Leuchtdichte ist die wichtigste Größe. Physikalisch bezeichnet die Leuchtdichte das Maß für die Helligkeit. Die Einheit der Leuchtdichte ist Candela pro Quadratmeter (cd/m^2). Um einen Eindruck von der Größenordnung der Leuchtdichte zu bekommen, seien folgende Beispiele genannt. Die Leuchtdichte der Sonne beträgt $16.000.000 \text{ cd}/\text{m}^2$. Der blaue Himmel weist eine Leuchtdichte von $5.000 \text{ cd}/\text{m}^2$ auf. Im Gegensatz hierzu beträgt die Leuchtdichte beim Nachthimmel etwa $0,0004 \text{ cd}/\text{m}^2$. Beim Dunkelheitsunfall werden Leuchtdichten unterhalb von $0,1 \text{ cd}/\text{m}^2$ betrachtet. Aufgrund der vielen Nullen vor und hinter dem Komma wird bei der lichttechnischen Messung die Leuchtdichte durch die Exponentenschreibweise angegeben.

b) Objektleuchtdichte

Als Objektleuchtdichte wird die Leuchtdichte des zu untersuchenden Objektes bezeichnet.

c) Umfeldleuchtdichte

Die Umfeldleuchtdichte beschreibt die Leuchtdichte des direkten Umfeldes des zu untersuchenden Objektes.

d) Leuchtdichtedifferenz

Die Leuchtdichtedifferenz gibt den Leuchtdichteunterschied zwischen dem Objekt und dem direkten Umfeld an. Umgangssprachlich kann man diese Größe als Kontrast bezeichnen.

e) Schwellenleuchtdichtedifferenz

Die Mindestleuchtdichtedifferenz (Mindestkontrast) ab der ein Objekt vor dem Hintergrund vom menschlichen Auge wahrgenommen wird, heißt Schwellenleuchtdichtedifferenz. Hierbei handelt es sich um einen im Labor ermittelten Wert.

f) Praxisfaktor

Durch den Praxisfaktor wird die im Labor ermittelte Schwellenleuchtdichtedifferenz auf eine reale Situation angepasst. Aus Fahrversuchen folgt für eine nicht zu sehr gestörte Umgebung ein Praxisfaktor von 3 - 5. Über den Praxisfaktor und die Schwellenleuchtdichtedifferenz wird die erforderliche Leuchtdichtedifferenz vereinfacht ausgedrückt der notwendige Kontrast ermittelt, um das Objekt vor dem Hintergrund erkennen zu können.

II. Durchführung einer lichttechnischen Untersuchung

Die Kernfrage bei der Analyse eines Dunkelheitsunfalls, wann ein Fahrzeugführer reagierte, oder ob die Reaktion zu spät erfolgte, lässt sich bis auf einige Ausnahmen nur beantworten, wenn vor Ort unter vergleichbaren Umständen lichttechnische Messungen durchgeführt werden. Bevor solche Untersuchungen in Angriff genommen werden, muss der gesamte Unfallablauf rekonstruiert werden. D.h., die Relativposition zwischen dem sich nähernden Fahrzeug und dem zu erkennenden Objekt (z.B. Fußgänger) muss im Rahmen eines Weg-Zeit-Diagramms bestimmt werden. Entscheidend ist bei der Voranalyse die Position des Fahrzeuges an der Unfallstelle bezogen auf die Vermeidbarkeit des Unfallgeschehens. Die hierauf aufbauende Durchführung der lichttechnischen Untersuchung ist von zahlreichen Parametern abhängig. Im Folgenden werden nur einige Parameter stichprobenartig aufgeführt: Fahrzeugtyp (Scheinwerferart), Witterungsverhältnisse (Bewölkung), Fremdbeleuchtung, Belaubung, Mondstellung, Gegenverkehr als Blendquelle, Objektgröße, Objektfarbe, etc.

Wenn nahezu die gleiche Situation wie beim tatsächlichen Unfallgeschehen vorliegt, so werden üblicherweise vor Ort die Leuchtdichteunterschiede – im Folgenden vereinfacht als Kontrastunterschiede bezeichnet – zwischen dem Objekt und dem direkten Umfeld mit Hilfe eines Leuchtdichtemessgerätes ermittelt. Ein Leuchtdichtemessgerät ähnelt zunächst einem Fernrohr, mit dem das zu messende Objekt angepeilt wird. Das Leuchtdichtemessgerät gibt dann die Leuchtdichte des einzumessenden Punktes in Candela pro Quadratmeter an. Die Abb. 1 zeigt ein Leuchtdichtemessgerät der Firma LMT. Einen Blick durch die Visiereinrichtung verdeutlicht die Abb. 2. In der Mitte ist der kreisrunde Punkt zu erkennen, mit dem das zu messende Objekt bzw. das Umfeld angepeilt wird. Im unteren Teil wird die vom Gerät ermittelte Leuchtdichte angezeigt. Die Anzeige in der Abb. 2 bedeutet: $1,001 \text{ E}^2 = 1,001 \times 10^2 = 10$

Lichttechnische Messungen
an Ort und Stelle



Abb. 1: Leuchtdichtemessgerät

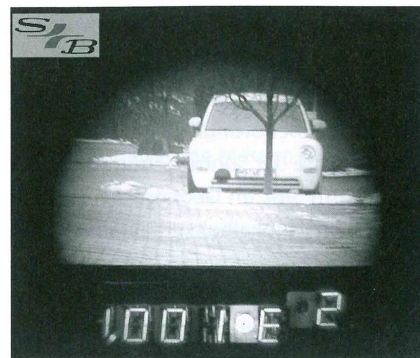


Abb. 2: Zielvorrichtung

Bei der lichttechnischen Messung an der Unfallstelle wird die „tatsächliche Leuchtdichtedifferenz“ bestimmt. Anschaulicher ausgedrückt wird bestimmt, wie groß der Kontrast zwischen bspw. einem Fußgänger und seinem direkten Umfeld ist.

Ein weißes Kaninchen ist im Schnee schlecht oder nicht zu erkennen, weil der Kontrast sehr gering ist, ebenso eine schwarz gekleidete Person vor einer schwarzen Wand. Einen sehr hohen Kontrast bildet eine weiß gekleidete Person vor einer schwarzen Wand und umgekehrt.

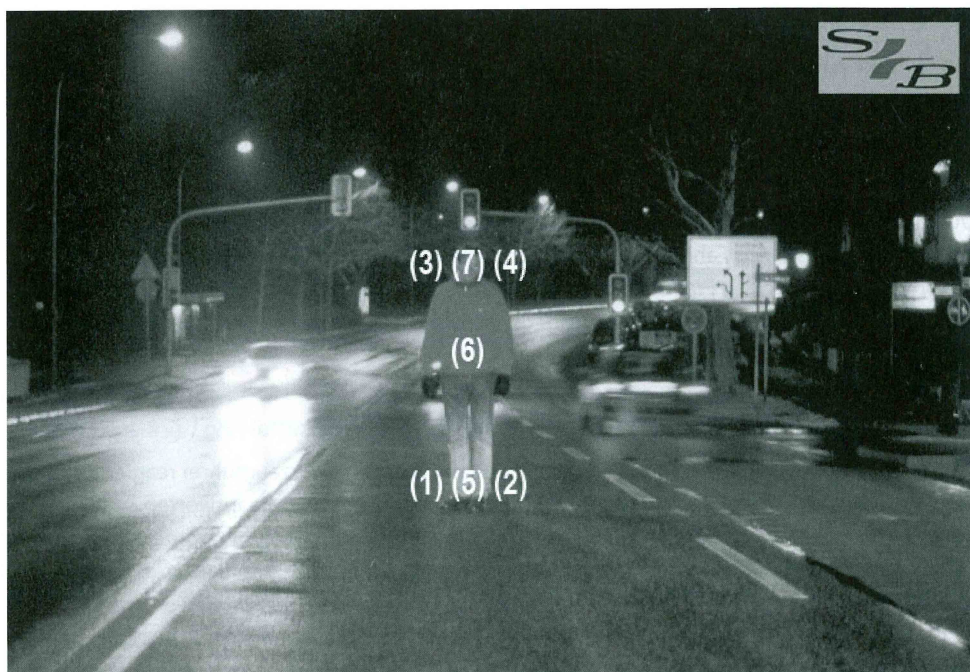


Abb. 3: Messpunkte

Die Messpunkte am Objekt sowie seinem Umfeld sind auf Abb. 3 zu erkennen. Die Punkte (5), (6) und (7) sind die Objektmesspunkte. Die übrigen Punkte beziehen sich auf das Umfeld.

Wird bspw. eine lichttechnische Untersuchung bei einem Unfall durchgeführt, bei dem ein Fußgänger die Fahrbahn von links nach rechts überquerte und von einem herannahenden Pkw erfasst wurde, so werden der Fußgänger und der Pkw in bereits zuvor bestimmten Konstellationen auf der Fahrbahn positioniert. Der Fußgänger und der Pkw nähern sich dann gleichzeitig in vordefinierten Abständen dem ermittelten Kollisionsort. Z.B. werden der Pkw aus einer Entfernung von 40 m und der Fußgänger von 5 m vor dem Kollisionsort positioniert. Vom Pkw aus, also aus der Fahrerposition, werden dann die Messungen durchgeführt. Anschließend wird der Pkw um 5 m vorgefahren und gleichzeitig bewegt sich der Fußgänger nach vorn auf die nächste Position in Richtung des Kollisionsortes. Auch hier werden dann wieder Messungen durchgeführt. Dieses geschieht bis zu einer Annäherungsposition, bei der der Pkw-Fahrer in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit keine zur Vermeidung des Unfalls führende Abwehrhandlung mehr durchführen kann.

Ist nun durch die Messung an der Unfallstelle die **tatsächliche** Leuchtdichtedifferenz bekannt, so muss dieser Wert mit einer **erforderlichen** Leuchtdichtedifferenz in Relation gesetzt werden. Die erforderliche Leuchtdichtedifferenz beschreibt die Grenze, ab der das menschliche Auge das Objekt erkennen kann. Durch sog. „Berek'sche Kurven“ in Abhängigkeit von der Größe des zu betrachtenden Objektes kann die erforderliche Leuchtdichtedifferenz anhand von Diagrammen erarbeitet werden. Da es sich bei diesen Werten jedoch um Laborwerte handelt, muss ein sog. „Praxisfaktor“ berücksichtigt werden, durch den die Laborwerte auf die realen Gegebenheiten abgestimmt werden. Ein Praxisfaktor in einem Bereich zwischen 3 und 5 ist für eine nicht zu sehr gestörte Umgebung als realistisch anzusehen. Sind nun sowohl die erforderliche als auch die tatsächliche Leuchtdichtedifferenz in Abhängigkeit von verschiedenen Beobachtungspositionen bekannt, so lassen sich diese in einem sog. SI (Soll-Ist)-Diagramm, wie es in der Abb. 4 zu erkennen ist, darstellen. Der Schnittpunkt der beiden Kurven ergibt die Erkennbarkeitsentfernung. D.h., ab diesem Punkt ist das Objekt auf der Fahrbahn zu erkennen.

Soll-Ist-Diagramm

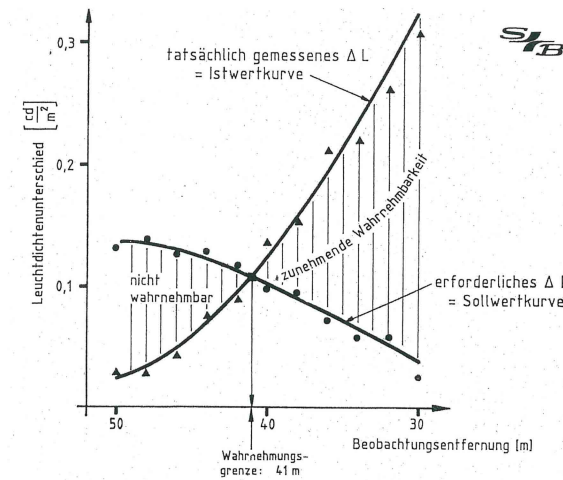


Abb. 4: SI - Diagramm

Entscheidend ist bei der Ermittlung der Erkennbarkeitsentfernung, dass diese nicht allein durch den subjektiven Eindruck der beobachtenden Person, somit also des Sachverständigen, beurteilt und dabei Bezug auf an der Unfallstelle gefertigte Lichtbilder genommen wird. Wie einfach ein Fußgänger durch ein Bildbearbeitungsprogramm „sichtbar“ gemacht werden kann, zeigen die beiden Abb. 5 und 6.

Lichttechnische Messungen sind fast immer notwendig



Abb. 5: tatsächliche Lichtverhältnisse



Abb. 6: „bearbeitete“ Lichtverhältnisse

Das linke Lichtbild gibt ungefähr die tatsächlichen Sicht- und Lichtverhältnisse wieder. Das rechte Lichtbild wurde aufgehellt, wodurch der Fußgänger erkennbar wird. Dies zeigt, dass anhand von Fotos kein Beweis erbracht werden kann, ob der Fußgänger erkennbar war. Eine aufwändige lichttechnische Untersuchung ist somit erforderlich.

III. Einflüsse auf die Erkennbarkeitsentfernung

Die Erkennbarkeitsentfernung eines Fußgängers auf einer unbeleuchteten Landstraße ohne jegliche Störquellen kann in den meisten Fällen anhand der Ergebnisse von bereits durchgeführten

Wovon hängt die Erkennbarkeitsentfernung ab?

lichttechnischen Untersuchungen ermittelt werden. Die Abb. 7 zeigt ein Diagramm, bei dem für einen schwarz und grau gekleideten Fußgänger in Abhängigkeit vom Abstand zur Fahrzeugfront in Querrichtung die Erkennbarkeitsentfernungen bei Abblendlicht ermittelt wurden. Hieraus ergibt sich, dass ein schwarz gekleideter Fußgänger, der sich mittig vor einem Pkw auf einer unbeleuchteten, trockenen Straße befindet, in einer Entfernung zwischen 30 und 37 m erkennbar wird. Die Untersuchung wurde mit einem Pkw durchgeführt, der den Fahrbahnbereich mit H4-Abblendlicht (Halogenglühlampe) ausleuchtete.

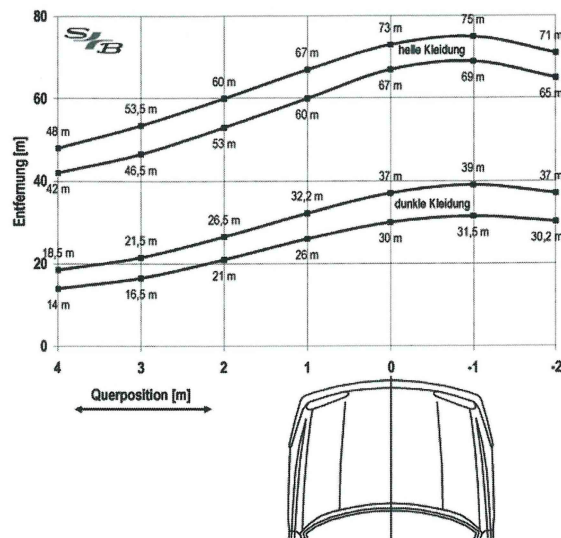


Abb. 7: Erkennbarkeit von Fußgängern

Xenon-Licht erhöht die Erkennbarkeitsentfernung

Im alltäglichen Straßenverkehr nimmt jedoch die Zahl der Fahrzeuge deutlich zu, die nicht mehr mit herkömmlichen Lampen (H4-Glühlampen), sondern mit Xenon-Licht ausgestattet sind. Xenon-Licht unterscheidet sich insofern von der herkömmlichen H4- bzw. H7-Glühlampe, dass das Licht anstelle der Glühwendel durch einen Lichtbogen erzeugt wird. Innerhalb eines Glaskolbens befindet sich beim Xenon-Licht ein Gemisch aus dem Edelgas Xenon und Metallsalzen. Durch das Anlegen einer Spannung wird ein Lichtbogen in diesem Gemisch gezündet. Aus einer neuen Untersuchung folgt, dass die Erkennbarkeitsentfernung bei einem Pkw mit Xenon-Abblendlicht um etwa 25 % höher liegt als bei einem Pkw mit H4-Licht. Hinzu kommt, dass die Ausleuchtung der Seitenbereiche beim Xenon-Licht deutlich weiter reicht. Einen Vergleich der Ausleuchtung einer Fahrbahn mit H4-Licht im Gegensatz zum Xenon-Licht zeigen die Abb. 8 und die Abb. 9. Der Unterschied wird auf den Schwarz/Weiß-Bildern aufgrund der anderen Lichtfarbe nicht so deutlich.



Abb. 8: H4 - Licht



Abb. 9: Xenon - Licht

Neben dem Fahrzeugtyp bzw. dem Scheinwerfertyp beeinflusst auch der Zustand der Scheinwerfer die Erkennbarkeitsentfernung gravierend. Erheblich verschmutzte Scheiben der Scheinwerfer verringern die Ausleuchtung der Fahrbahn deutlich.

Gegenverkehrsproblematik

Ein weiterer ausschlaggebender Aspekt bei der Untersuchung eines Dunkelheitsunfalls ist die Gegenverkehrsproblematik. Begegnen sich zwei Fahrzeuge auf einer unbeleuchteten Straße, so liegt das blendende Licht des Gegenverkehrs wie ein Schleier auf der Netzhaut des Beobachters. Man spricht in diesem Zusammenhang von der „Schleierleuchtdichte“. Diese ist bei der Ermittlung

der Leuchtdichteunterschiede zu berücksichtigen. Der Fahrzeugführer wird durch Blendung nennenswert beeinträchtigt. Die Beeinträchtigung der Sichtweite des Fahrzeugführers hängt jedoch erheblich von der gegenseitigen Entfernung der beiden Fahrzeuge ab. Je größer die gegenseitige Entfernung (bis max. 120 m), desto höher ist die Blendung durch den Gegenverkehr, da der Winkel zwischen den Fahrzeugen dann äußerst gering ist. Nähern sich die Fahrzeuge auf eine Entfernung unterhalb von 20 m an, so vergrößert sich der Winkel, wodurch die Beeinträchtigung abnimmt.

Sämtliche zuvor angesprochenen Einflussparameter wurden bis jetzt nur bei trockener Fahrbahn betrachtet. Bei einer nassen Fahrbahn müssen weitere Einflussfaktoren berücksichtigt werden. Es seien hierzu die sog. „Glanzstreifen“ angesprochen. Durch alle Lichtquellen, also auch Straßenlaternen, werden an deren Fußpunkten Glanzstreifen erzeugt, die sich jeweils zum Fahrzeugführer hinziehen. Zwischen den Glanzstreifen liegen jeweils sog. „Tarnzonen“. Geht man nun von einer statischen Position eines Pkw und einem sich von links nach rechts bewegendem Fußgänger aus, so würde sich dieser bspw. vom linken Fahrbahnrand von einem Glanzstreifen durch eine Tarnzone wieder in einen Glanzstreifen hineinbewegen. Wird der Pkw nun auch in Bewegung gesetzt, so verschieben sich diese Glanzstreifen und Tarnzonen. D.h., bei einer lichttechnischen Untersuchung an einer feuchten/nassen und beleuchteten Unfallstelle muss unter Berücksichtigung der zuvor ermittelten Weg-Zeit-Zusammenhänge erarbeitet werden, in welchen Bereichen sich der Fußgänger bewegte, und welchen Einfluss die Bewegung auf die Erkennbarkeit hat.

Glanzstreifen und Tarnzonen

Praxistipp:

- Aufgrund zahlreicher Einflussfaktoren ist bei einem Dunkelheitsunfall in fast nahezu jedem Fall die Besichtigung der Unfallstelle bei vergleichbaren Lichtverhältnissen **zwingend**!
- Wird eine lichttechnische Untersuchung durchgeführt, so **müssen** neben der Erstellung von Lichtbildern auch lichttechnische Messungen erfolgen!