

## **Lichtimmissionen, Messung, Beurteilung und Verminderung**

Gem. RdErl. des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt,  
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz –V-5 8800.4.11 –  
und des Ministeriums für Bauen, Wohnen,  
Stadtentwicklung und Verkehr – VI.1 – 850  
v. 11.12.2014

### **Inhaltsübersicht**

1	Grundsätzliches
2	Anwendungsbereich
3	Beurteilungsgrundsätze
4	Beurteilung und Messung der Raumaufhellung
4.1	Beurteilung
4.2	Zeit und Ort der Messung
4.3	Anforderungen an das Beleuchtungsstärkemessgerät
5	Beurteilung und Messung der Blendung
5.1	Beurteilung
5.2	Vorgehensweise
5.3	Beurteilung mehrerer Blendlichtquellen im Blickfeld
5.4	Anforderungen an die Blendmessungen
5.5	Messungen/Berechnungen
5.5.1	Beurteilung einer Blendlichtquelle
5.5.2	Umgebungsleuchtdichte
5.5.3	Raumwinkel der Blendlichtquelle
5.5.4	Kamera als Messeinrichtung
5.5.5	Leuchtdichtemesskamera als Messeinrichtung
6	Maßnahmen zur Vermeidung und Minderung der Störwirkung
7	Verwendete Abkürzungen
8	Schlussvorschriften / Inkrafttreten ab Veröffentlichung
Anhang Hinweise über die schädliche Einwirkung von Beleuchtungsanlagen auf Tiere - insbesondere auf Vögel und Insekten - und Vorschläge zu deren Minderung	

## **1**

### **Grundsätzliches**

Licht gehört gemäß § 3 Absatz 2 des Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I Nr. 25 S. 1274) zu den Immissionen und gemäß § 3 Absatz 3 BImSchG zu den Emissionen im Sinne des Gesetzes. Lichtimmissionen gehören nach dem BImSchG zu den schädlichen Umwelteinwirkungen, wenn sie nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder für die Nachbarschaft herbeizuführen.

Genehmigungsbedürftige Anlagen sind gemäß § 5 Absatz 1 Nummern 1 und 2 BImSchG so zu errichten und zu betreiben, dass schädliche Umwelteinwirkungen durch Licht nicht hervorgerufen werden können und dass Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen, insbesondere durch die dem Stand der Technik entsprechenden Maßnahmen zur Emissionsbegrenzung getroffen wird.

Nicht genehmigungsbedürftige Anlagen sind gemäß § 22 Absatz 1 Nummern 1 und 2 BImSchG so zu errichten und zu betreiben, dass schädliche Umwelteinwirkungen durch Licht verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind, und dass nach dem Stand der Technik unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen auf ein Mindestmaß beschränkt werden.

Dieser Erlass dient dem Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Licht sowie der Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch Licht. Er enthält Beurteilungsmaßstäbe zur Konkretisierung der Anforderungen aus § 5 Absatz 1 Nummern 1 und 2 und § 22 Absatz 1 BImSchG sowie aus § 3 Absatz 3 und § 13 des Landes-Immissionsschutzgesetz vom 18. März 1975 (GV. NRW. S. 232), das zuletzt durch Gesetz vom 5. Juli 2011 (GV. NRW. S. 358) geändert worden ist, zur Abwehr schädlicher Umwelteinwirkungen und zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch Licht.

Eine für Anlagenbetreiber und Überwachungsbehörden gleichermaßen bundesweit rechtsverbindliche Klärung der Frage, wann Lichtimmissionen als schädliche Umwelteinwirkungen anzusehen sind, existiert nicht. Die Bewertung der Erheblichkeit von Belästigungen durch Lichteinwirkungen im Sinne des BImSchG ist daher anhand von Regelwerken sachverständiger Organisationen oder von einzelfallbezogenen Gutachten vorzunehmen. Die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) hat am 13. September 2012 „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ beschlossen, nach denen in Einzelfällen die Schwellen zwischen erheblichen und gerade noch nicht erheblichen Belästigungen im Sinne des BImSchG ermittelt werden können. Diese „Hinweise“ bilden die Basis für wesentliche Inhalte dieses Erlasses.

Die im Immissionsschutz auftretenden Lichteinwirkungen bewegen sich im Bereich der Belästigung. Physische Schäden am Auge können ausgeschlossen werden.

## **2**

### **Anwendungsbereich**

Der Erlass ist zur Beurteilung der Wirkung von Lichtimmissionen auf Menschen durch Licht emittierende Anlagen aller Art anzuwenden, soweit es sich dabei um Anlagen oder Bestandteile von Anlagen im Sinne des § 3 Absatz 5 BImSchG handelt. Zu den lichtemittierenden Anlagen zählen künstliche Lichtquellen aller Art wie zum Beispiel Scheinwerfer zur Beleuchtung von Sportstätten, von Verladeplätzen und für Anstrah-

lungen sowie Lichtreklamen, aber auch hell beleuchtete Flächen wie zum Beispiel angestrahlte Fassaden.

Für Einrichtungen, die keine Anlagen oder Bestandteile von Anlagen im Sinne des § 3 Absatz 5 BImSchG darstellen, ist dieser Erlass als Erkenntnisgrundlage heranzuziehen.

Anlagen zur Beleuchtung des öffentlichen Straßenraumes, Beleuchtungsanlagen von Kraftfahrzeugen und dem Verkehr zuzuordnende Signalleuchten gehören nicht zu den Anlagen im Sinne des § 3 Absatz 5 BImSchG.

Der Erlass gilt nicht für Laser, da hierfür eine gesonderte Beurteilung nach den Kriterien des Gesundheitsschutzes erforderlich ist.

Durch diesen Erlass werden weit reichende Lichtabstrahlungen (zum Beispiel durch Skybeamer), die zu einer Aufhellung des Nachthimmels führen, nicht erfasst, soweit die Immissionsrichtwerte für die Raumaufhellung und Blendung, gegebenenfalls unter Berücksichtigung der Empfehlungen zum Schutz der Tierwelt im Anhang, eingehalten werden.<sup>1</sup>

Für Gefahrenfeuer von Lufthindernissen, insbesondere von Windkraftanlagen ist die „Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen“ in der jeweils geltenden Fassung anzuwenden (BANz. S. 19937 aus 2004, geändert mit BANz. S. 4471 aus 2007).

Einen Sonderfall stellen die Licht-/Schatteneffekte von Windenergieanlagen dar, für die eine eigenständige Regelung besteht.<sup>2</sup>

### 3

#### **Beurteilungsgrundsätze**

Schädliche Umwelteinwirkungen liegen dann vor, wenn die Nachbarschaft oder die Allgemeinheit erheblich belästigt wird. Dieser Erlass gibt Maßstäbe zur Beurteilung der Lästigkeitswirkung an. Eine erhebliche Belästigung im Sinne des § 5 Absatz 1 Nummer 1 oder des § 22 Absatz 1 BImSchG tritt in der Regel auf, wenn die unter Nummer 4.1 beziehungsweise Nummer 5.2 angegebenen Immissionsrichtwerte überschritten werden.

Die Erheblichkeit der Belästigung durch Lichtimmissionen hängt aber auch wesentlich von der Nutzung des Gebietes, auf das sie einwirken, sowie dem Zeitpunkt (Tagesszeit) oder der Zeitdauer der Einwirkungen ab. Die Beurteilung orientiert sich nicht an einer mehr oder weniger empfindlichen individuellen Person, sondern an der Einstellung eines durchschnittlich empfindlichen Menschen.

---

<sup>1</sup> Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen künstlicher Lichtquellen, LiTG-Publ. Nr. 12, 3. überarbeitete Auflage (2011), Herausgeber: Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e. V. Berlin

<sup>2</sup> Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise), verabschiedet auf der 103. Sitzung, Mai 2002, LAI

Von Bedeutung für die Beurteilung der Lichtimmissionen von Anlagen ist die Schutzbedürftigkeit der Nutzungen in den diesen Anlagen benachbarten Gebieten. Die Art der in Tabelle 1 bezeichneten Gebiete und Einrichtungen ergibt sich aus den Festlegungen in den Bebauungsplänen. Sonstige in Bebauungsplänen festgesetzte Flächen für Gebiete und Einrichtungen sowie Gebiete und Einrichtungen, für die keine Festsetzungen bestehen, sind entsprechend der Schutzbedürftigkeit zu beurteilen.

Liegen aufgrund baulicher Entwicklungen in der Vergangenheit Wohngebiete und lichtemittierende Anlagen eng zusammen, kann eine besondere Pflicht zur gegenseitigen Rücksichtnahme bestehen. Sofern an belästigenden Anlagen alle verhältnismäßigen Emissionsminderungsmaßnahmen durchgeführt sind, kann die Pflicht zur gegenseitigen Rücksichtnahme dazu führen, dass die Bewohner mehr an Lichtimmissionen hinnehmen müssen als die Bewohner von gleichartig genutzten Gebieten, die fernab derartiger Anlagen liegen. Die im Einzelfall noch hinzunehmende Lichtimmission hängt von der konkreten Schutzbedürftigkeit der Bewohner des Gebietes und den tatsächlich nicht weiter zu vermindernenden Lichtemissionen ab. Die zu dulddenden Lichteinwirkungen sollen aber die Immissionsrichtwerte unterschreiten, die für die Gebietsart mit dem nächst niedrigeren Schutzanspruch gelten. Eine Untersagung des Betriebs kommt nur unter den in § 20 oder 25 BImSchG genannten Voraussetzungen in Betracht.

Bei Beleuchtungsanlagen, die vor dem 13. September 2000 baurechtlich genehmigt oder - soweit eine Genehmigung nicht erforderlich war - errichtet wurden, soll die zuständige Behörde von einer Festsetzung von Betriebszeiten absehen, wenn die Immissionsrichtwerte für die Gebietsart mit dem nächst niedrigeren Schutzanspruch nicht überschritten werden.

Die Beurteilung umfasst zwei Bereiche:

a) Raumaufhellung:

Aufhellung des Wohnbereiches, insbesondere des Schlafzimmers, aber auch des Wohnzimmers, der Terrasse oder des Balkons durch die in der Nachbarschaft vorhandene Beleuchtungsanlage, die zu einer eingeschränkten Nutzung dieser Wohnbereiche führt. Die Aufhellung wird durch die mittlere Beleuchtungsstärke  $\bar{E}_F$  in der Fensterebene beschrieben.

b) Blendung:

Bei der Blendung durch Lichtquellen wird zwischen der physiologischen und psychologischen Blendung unterschieden. Während die physiologische Blendung, die die Minderung des Sehvermögens durch Streulicht im Glaskörper des Auges beschreibt, bei den üblichen Immissionssituationen nicht auftritt, werden die Anwohner häufig durch die psychologische Blendung belästigt. Das ist selbst dann so, wenn sich die Lichtquelle in größerer Entfernung befindet, so dass sie im Wohnbereich keine nennenswerte Aufhellung erzeugt. Die Belästigung entsteht durch die ständige und ungewollte Ablenkung der Blickrichtung zur Lichtquelle

hin, die bei einem großen Unterschied der Leuchtdichte der Lichtquelle zur Umgebungsleuchtdichte die ständige Adaptation des Auges auslöst. Für die Störwirkung sind daher die Leuchtdichte  $L_S$  der Blendlichtquelle, die Umgebungsleuchtdichte  $L_U$  und der Raumwinkel  $\Omega_S$ , vom Betroffenen (Immissionsort) aus gesehen, maßgebend.

Aufgabe des Immissionsschutzes ist es vornehmlich, erhebliche Belästigungen durch psychologische Blendung von starken industriellen, gewerblichen und im Bereich von Sport- und Freizeitanlagen angeordneten Lichtquellen in der schützenswerten Nachbarschaft zu vermeiden. Durch diese Immissionen kann die Nutzung eines inneren oder äußeren Wohnbereichs erheblich gestört werden.

Schutzwürdige Räume im Sinne dieses Erlasses sind:

- Wohnräume, einschließlich Wohndielen
- Schlafräume, einschließlich Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten und Bettenräume in Krankenhäusern und Sanatorien
- Unterrichtsräume in Schulen, Hochschulen und ähnlichen Einrichtungen
- Büroräume, Praxisräume, Schulungsräume und ähnliche Arbeitsräume.

Direkt an Gebäuden beginnende Außenflächen (zum Beispiel Terrassen und Balkone) sind in die Beurteilung mit einzubeziehen. Dazu ist auf die Nutzungszeit tagsüber (06:00 - 22:00 Uhr) abzustellen.

## **4**

### **Beurteilung und Messung der Raumaufhellung**

#### **4.1**

##### **Beurteilung**

Mess- und Beurteilungsgröße für die Raumaufhellung ist die nach diesem Erlass gemessene mittlere Beleuchtungsstärke  $\bar{E}_F$  am Immissionsort. Immissionsrichtwerte der mittleren Beleuchtungsstärke, die von einer Beleuchtungsanlage in ihrer Nachbarschaft nicht überschritten werden sollen, sind in Tabelle 1 enthalten, soweit die nachfolgenden Ausführungen dem nicht entgegenstehen.

**Tabelle 1:**

Immissionsrichtwerte der mittleren Beleuchtungsstärke  $\bar{E}_F$  in der Fensterebene von Wohnungen beziehungsweise bei Balkonen oder Terrassen, auf den Begrenzungsflächen für die Wohnnutzung, hervorgerufen von Beleuchtungsanlagen während der Dunkelstunden, ausgenommen öffentliche Straßenbeleuchtungsanlagen.

Immissionsort (Einwirkungsort) Gebietsart nach § BauNVO		mittlere Beleuchtungsstärke $\bar{E}_F$ in lx	
		06 Uhr bis 22 Uhr	22 Uhr bis 06 Uhr
1	Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten <sup>3</sup>	1	1
2	reine Wohngebiete (§ 3) allgemeine Wohngebiete (§ 4) besondere Wohngebiete (§ 4 a) Kleinsiedlungsgebiete (§ 2) Erholungsgebiete (§ 10)	3	1
3	Dorfgebiete (§ 5) Mischgebiete (§ 7)	5	1
4	Kerngebiete (§ 7) <sup>4</sup> Gewerbegebiete (§ 8) Industriegebiete (§ 9)	15	5

Wird die mittlere Beleuchtungsstärke am Immissionsort maßgeblich durch andere Lichtquellen bestimmt, sollen Maßnahmen an der zu beurteilenden Beleuchtungsanlage solange ausgesetzt werden, wie die Anlage nicht wesentlich zur Gesamt-Beleuchtungsstärke beiträgt.

Tabelle 1 bezieht sich auf zeitlich konstantes und weißes oder annähernd weißes Licht (das Licht von Natriumdampf-Hochdrucklampen gilt noch als annähernd weiß), das mehrmals in der Woche jeweils länger als eine Stunde eingeschaltet ist. Wird die Anlage seltener oder kürzer betrieben beziehungsweise über Bewegungsmelder geschaltet, sind Einzelfallbetrachtungen anzustellen. Dabei soll der Zeitpunkt und die Häufigkeit des Auftretens, die allgemeine Umgebungshelligkeit, die Ortsüblichkeit sowie insbesondere die Möglichkeit für Minderungsmaßnahmen der Störwirkung berücksichtigt werden. Hieraus können gegebenenfalls auch höhere oder niedrigere Immissionsrichtwerte der Beleuchtungsstärke als in Tabelle 1 vertreten werden.

Bei Beleuchtungsanlagen mit veränderbaren Betriebszuständen ist der Beleuchtungszustand mit der maximalen Beleuchtungsstärke  $E_F$  zu bewerten.

<sup>3</sup> Wird die Beleuchtungsanlage regelmäßig weniger als eine Stunde pro Tag eingeschaltet, gelten auch für die in Zeile 1 genannten Gebiete die Werte der Zeile 2.

<sup>4</sup> Kerngebiete können in Einzelfällen bei geringer Umgebungsbeleuchtung auch Zeile 3 zugeordnet werden (vor 22 Uhr  $\leq 5$  lx; nach 22 Uhr  $\leq 1$  lx).

Beleuchtungsanlagen, deren Betriebszustände sich nicht schneller als in einem fünfminütigen Rhythmus ändern, gelten als zeitlich konstant abstrahlend. Ändern sich die Betriebszustände in weniger als fünf Minuten wesentlich, dann liegt ein Wechsellicht vor. In besonders auffälligen Wechsellichtsituationen (zum Beispiel große Schwankungen der Beleuchtungsstärke, schnelle Hell-Dunkel-Übergänge, blitzlichtartige Vorgänge, schnelle Folgefrequenzen des Wechsellichtes), die lästiger als zeitlich konstantes Licht empfunden werden, ist bei der Beurteilung der Raumaufhellung die maximale Beleuchtungsstärke  $E_F$  je nach Auffälligkeit mit einem Faktor zu multiplizieren und mit den Immissionsrichtwerten der Tabelle 1 zu vergleichen. Der Faktor bei Wechsellicht kann nach Tabelle 1 a<sup>5</sup> bestimmt werden.

**Tabelle 1 a:** Faktor bei Wechsellicht

Periodendauer	Faktor bei Wechsellicht	Frequenz	Faktor bei Wechsellicht
≥ 5 min	1	> 0,67 bis 18 Hz	5
5 min bis 4 s	1,5	19 bis 24 Hz	3
4 s bis 2 s	2	25 bis 30 Hz	2
2 s bis 1,5 s	3	> 30 Hz	1

Handelt es sich bei den Lichtschwankungen um sinusförmige Schwankungen, die weniger als  $\pm 15\%$  der mittleren Beleuchtungsstärke ausmachen, ist vom jeweils nächsten niedrigeren Tabellenwert auszugehen.

Ein Verfahren zur Ermittlung eines Faktors bei nichtperiodischen Anlagen (zum Beispiel LED-Videoinstallationen) existiert derzeit nicht. Hier ist die Störwirkung für den konkreten Einzelfall abzuschätzen.

Intensiv farbiges Licht besitzt eine besondere Störwirkung, die bei der Beurteilung der Raumaufhellung durch den immissionsseitig subjektiv zu vergebenden Faktor zu berücksichtigen ist. Dazu ist die mittlere Beleuchtungsstärke mit 2 als Faktor zu multiplizieren und mit den Immissionsrichtwerten der Tabelle 1 zu vergleichen.

Der Faktor für das Wechsellicht und der für intensiv farbiges Licht sind nicht zu kumulieren. Es gilt der höhere Wert.

Eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte als Anlass für behördliche Anordnungen kann wegen der Fehlergrenzen der Messgeräte (siehe Nummer 4.3) erst dann angenommen werden, wenn das Messergebnis mindestens 20 % oberhalb der Immissionsrichtwerte der Tabelle 1 liegt.

<sup>5</sup> Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen künstlicher Lichtquellen, LiTG-Publ. Nr. 12, 3. überarbeitete Auflage (2011), ISBN 978-3-927787-35-3; Herausgeber: Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e. V. Berlin

## 4.2

### Zeit und Ort der Messung

Es soll zu einer Zeit gemessen werden, die für die Lichtimmissionen am Immissionsort typisch ist. Werden die Messwerte zum Beispiel durch Regen, Schnee oder Nebel beeinflusst, so ist nicht zu messen.

Messort bei der Beurteilung ist für schutzwürdige Räume bei geöffneten Fenstern die jeweilige Fensterebene, bei Balkonen oder Terrassen sind es sinngemäß die Begrenzungsflächen für die Wohnnutzung.

Die mittlere Beleuchtungsstärke  $\bar{E}_F$  ist vor dem geöffneten Fenster oder außen unmittelbar vor der Scheibe zu ermitteln. Wird bei einem nicht zu öffnenden Fenster innen hinter der Fensterscheibe gemessen, so muss der Licht absorbierende Einfluss der Scheibe durch einen Korrekturfaktor berücksichtigt werden. Bei sauberen Scheiben können folgende Faktoren näherungsweise eingesetzt werden:

Einfachverglasung :	1,1
Doppelverglasung:	1,25
Dreifachverglasung:	1,4
beschichtete Wärmeschutzverglasung:	1,7

Die Messzellennormale ist bei der Messung der mittleren Beleuchtungsstärke  $\bar{E}_F$  parallel zur Normalen der Bezugsfläche auszurichten. Bei örtlich unterschiedlichen Beleuchtungsstärken in der Bezugsfläche ist der arithmetische Mittelwert der Beleuchtungsstärke zu ermitteln. Ist die Bezugsfläche größer als 1,5 m<sup>2</sup>, ist der Mittelwert der am stärksten beleuchteten Fläche von 1,5 m<sup>2</sup> maßgebend.

Bei der Messung ist die Zimmerbeleuchtung auszuschalten.

Beleuchtungsanteile durch nicht zu beurteilende Lichtquellen aus der Umgebung sind zum Beispiel durch Ausblendung oder Differenzbildung zu beseitigen.

Für die Differenzbildung sind die Beleuchtungsstärkewerte  $E_{F,i}$  (mit) und  $E_{F,i}$  (ohne) an den Messpunkten  $i$  zu messen, die sich bei eingeschalteter (das heißt mit) und bei ausgeschalteter (das heißt ohne) Beleuchtungsanlage ergeben. Der durch die zu beurteilende Anlage verursachte mittlere Beleuchtungsstärkewert errechnet sich aus:

$$\bar{E}_F = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [E_{F,i}(\text{mit}) - E_{F,i}(\text{ohne})] \quad (1)$$

## 4.3

### Anforderungen an das Beleuchtungsstärkemessgerät

Das Beleuchtungsstärkemessgerät ("Luxmeter") muss gestatten, 0,1 lx zu messen, das heißt seine Auflösung muss 0,01 lx betragen. Die Geräte müssen mindestens den Anforderungen der Klasse B nach DIN 5032, Teil 7, mit einem Gesamtfehler < 10 % genügen.



## 5

### Beurteilung und Messung der Blendung

#### 5.1

##### Beurteilung

Als Konvention zur Berechnung von Werten für die maximal tolerable mittlere Leuchtdichte  $\bar{L}_{\max}$  einer technischen Blendlichtquelle wird für den Bereich des Immissions-schutzes folgende Beziehung festgelegt:

$$\bar{L}_{\max} \leq k \cdot \sqrt{\frac{L_U}{\Omega_S}} \quad (2)$$

Es bedeuten:

- $\bar{L}_{\max}$  Maximal tolerable Leuchtdichte einer Blendlichtquelle in  $\text{cd/m}^2$ , gemittelt über den zugehörigen Raumwinkel  $\Omega_S$
- $L_U$  Maßgebende Leuchtdichte der Umgebung der Blendlichtquelle in  $\text{cd/m}^2$ , falls die aus Messungen ermittelte Umgebungsleuchtdichte kleiner als  $0,1 \text{ cd/m}^2$  ist, wird mit  $L_U = 0,1 \text{ cd/m}^2$  gerechnet
- $\Omega_S$  Raumwinkel der vom Immissionsort aus gesehenen Blendlichtquelle in sr
- $k$  Normierter Proportionalitätsfaktor

Die Anwendung des Beurteilungsverfahrens gilt nur unter der Voraussetzung, dass vom Immissionsort aus - bei üblicher Position - der Blick zur Blendquelle hin möglich ist. Als Blickrichtung wird dann dieser Blick zur Blendquelle hin angenommen, weil sich das Auge im Allgemeinen unwillkürlich zur Blendlichtquelle hinwendet, da sie häufig das auffälligste Sehobjekt im Gesichtsfeld ist.

Der Anwendungsbereich von Gleichung (2) wird auf  $0,1 \text{ cd/m}^2 < L_U < 10 \text{ cd/m}^2$  und  $10^{-6} \text{ sr} < \Omega_S < 10^{-2} \text{ sr}$  beschränkt. Unterhalb  $\Omega_S = 10^{-6} \text{ sr}$  liegt eine „Punktquelle“ vor, bei der die Blendbeleuchtungsstärke maßgebend wird. Diese darf  $E_S = 10^{-3} \cdot k \cdot \sqrt{L_U}$  in Lux am Immissionsort nicht überschreiten.

Oberhalb von  $\Omega_S = 10^{-2} \text{ sr}$  liegt eine „große Flächenquelle“ vor. Der Grenzwert ist dort eine vom Raumwinkel der Quelle unabhängige Konstante. Die mittlere Leuchtdichte darf den Wert von  $10 \cdot k \cdot \sqrt{L_U}$  nicht überschreiten. Dies gilt für zeitlich konstantes Licht.

Die Blendung von zeitlich veränderlichem Licht wird im Allgemeinen als lästiger empfunden als zeitlich konstantes Licht. Die stärkere Störempfindung von Wechsellicht kann bei der Beurteilung der Blendung näherungsweise durch Faktoren bis zu 5 berücksichtigt werden, um die die Messwerte oder Berechnungsergebnisse vor dem Vergleich mit den Immissionsrichtwerten erhöht werden.

## 5.2

### Vorgehensweise

Die psychologische Blendwirkung einer Lichtquelle lässt sich durch das Blendmaß  $k_s$  beschreiben:

$$k_s = \bar{L}_s \cdot \sqrt{\frac{\Omega_s}{L_u}} \quad (3)$$

Das Blendmaß soll die Immissionsrichtwerte für Blendung  $k$  gemäß Tabelle 2 nicht überschreiten.

**Tabelle 2:**

Immissionsrichtwert  $k$  zur Festlegung der maximal zulässigen Blendung durch technische Lichtquellen während der Dunkelstunden

	<b>Immissionsort (Einwirkungsort)</b>  <b>(Gebietsart nach § BauNVO)</b>	<b>Immissionsrichtwert <math>k</math> für Blendung</b>		
		<b>06 Uhr bis 20 Uhr</b>	<b>20 Uhr bis 22 Uhr</b>	<b>22 Uhr bis 06 Uhr</b>
1	Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten (§ 3) <sup>6</sup>	32	32	32
2	reine Wohngebiete allgemeine Wohngebiete (§ 4) besondere Wohngebiete (§ 4a) Kleinsiedlungsgebiete (§ 2) Erholungsgebiete (§ 10)	96	64	32
3	Dorfgebiete (§ 5) Mischgebiete (§ 6)	160	160	32
4	Kerngebiete (§ 7) <sup>7</sup> Gewerbegebiete (§ 8) Industriegebiete (§ 9)	-	-	160

Diese Gleichung kann im Falle der Messung der Leuchtdichte  $\bar{L}_M$  mit einer Messblende vom Raumwinkel  $\Omega_M$  wie folgt angewendet werden:

$$k_s = \frac{\bar{L}_M \cdot \Omega_M}{\sqrt{L_u \cdot \Omega_s}} \quad (4)$$

Die Wahl der Messblende (Raumwinkel  $\Omega_M$ ) ist in weiten Grenzen beliebig. Bedingung ist nur, dass die Blendquelle repräsentativ ist und kein Fremdlicht erfasst wird. Ist die Blende kleiner als die Lichtquelle, dann besteht die Gefahr, dass die Messwerte nicht repräsentativ für die gesamte leuchtende Fläche sind, was durch mehrere Messwerte an verschiedenen Stellen zu prüfen ist.

<sup>6</sup> Wird die Beleuchtungsanlage regelmäßig weniger als eine Stunde pro Tag eingeschaltet, gelten auch für die in Zeile 1 genannten Gebiete die Werte der Zeile 2.

<sup>7</sup> Kerngebiete können in Einzelfällen bei geringer Umgebungsbeleuchtung ( $L_{u, \text{mess}} < 0,1 \text{ cd/m}^2$ ) auch Zeile 3 zugeordnet werden.

Für den Fall, dass der Raumwinkel  $\Omega_S$  der Lichtquelle den Wert  $10^{-6}$  sr unterschreitet, vereinfacht sich Gleichung (4) zu:

$$k_S = \frac{\bar{L}_M \cdot \Omega_M}{\sqrt{L_U}} \cdot 1000 \quad (4a)$$

und für den Fall, dass der Raumwinkel  $\Omega_S$  der Lichtquelle den Wert  $10^{-2}$  sr überschreitet, vereinfacht sich Gleichung (4) zu:

$$k_S = 0,1 \cdot \frac{\bar{L}_M}{\sqrt{L_U}} \quad (4b)$$

Eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte  $k$  gemäß Tabelle 2 als Anlass für behördliche Anordnungen kann wegen der Fehlergrenzen der zugrunde gelegten Messtechnik und bei sorgfältiger Messdurchführung messtechnisch erst dann festgestellt werden, wenn das Blendmaß der zu beurteilenden Lichtquelle  $k_S$  mindestens 40 % oberhalb des entsprechenden Immissionsrichtwertes liegt. Dabei ist für die Messgrößen  $\bar{L}_S$ ,  $\Omega_S$ ,  $\bar{L}_{U, \text{mess}}$  ein relativer Fehler von jeweils 20 % zugrunde gelegt.

### 5.3

#### Beurteilung mehrerer Blendlichtquellen im Blickfeld

Bei mehreren räumlich getrennten Beleuchtungsanlagen im Sichtbereich ist grundsätzlich jede für sich zu beurteilen.

Besteht eine Beleuchtungsanlage aus mehreren, dicht beieinander stehenden einzelnen Leuchten (Array), so darf jede einzelne Leuchte die Immissionsrichtwerte für Blendung nach Tabelle 2 nicht überschreiten.

Bei gleichmäßiger Leuchtdichteverteilung über die Einzelleuchten kann das ganze Array nach Nummer 5.2 vermessen werden. Im Nenner muss der Raumwinkel der Einzelleuchte angesetzt werden. Der Messwert  $\bar{L}_M \cdot \Omega_M$  ist durch die Anzahl der durch das Messfeld erfassten Leuchten zu teilen. Ist die Leuchtdichte ungleichmäßig verteilt, ist eine Flächenteilung erforderlich und der Maximalwert zu beurteilen.

Bei Arrays wird die Störwirkung unter Umständen zu gering eingestuft, da die Belästigung durch die Gesamtanlage stärker als durch eine einzelne Leuchte ist. Gesicherte Ergebnisse über die Summenwirkung mehrerer Leuchten liegen jedoch bisher nicht vor.

### 5.4

#### Anforderungen an die Blendmessungen

Die Messung von blendungsrelevanten Kenngrößen stellt hohe Anforderungen an die lichttechnischen Kenntnisse und praktischen Messerfahrungen des Prüfers sowie dessen Ausstattung mit geeigneten Messgeräten. Daher empfiehlt es sich erforderlichenfalls, einen entsprechend ausgewiesenen Fachmann heranzuziehen.

Das Leuchtdichtemessgerät muss es gestatten, von  $0,01 \text{ cd/m}^2$  bis zu  $10^6 \text{ cd/m}^2$  zu messen (in mehreren Stufen). Seine Auflösung muss 1 % des Skalenendwertes des jeweiligen Messbereiches betragen. Eine beleuchtete Digitalanzeige ist empfehlenswert. Die Geräte müssen mindestens den Anforderungen der Klasse B nach DIN 5032, Teil 7 entsprechen und einem Gesamtfehler  $< 15 \%$  genügen. Entsprechendes gilt auch für Leuchtdichtemesskameras.

## 5.5

### Messungen/Berechnungen

#### 5.5.1

##### Beurteilung einer Blendlichtquelle

Für die Bestimmung des Blendmaßes  $k_s$  nach Nummer 5.2 ist die Leuchtdichte  $\bar{L}_s$  der zu beurteilenden Blendlichtquelle, der zugehörige Raumwinkel  $\Omega_s$  (siehe Nummer 5.5.3) und die Umgebungsleuchtdichte zu ermitteln und mit den Immissionsrichtwerten  $k$  für Blendung nach Tabelle 2 zu vergleichen.

##### 5.5.1.1

##### Berechnung der Leuchtdichte der Blendlichtquelle

Sind die Daten der Blendlichtquelle (Lichtaustrittsfläche  $F_p$  der Leuchte, Lichtstärkeverteilung  $I$ ) sowie der Winkel zwischen der Normalen der Lichtaustrittsfläche und dem Immissionsort bekannt, so kann die Leuchtdichte der Blendlichtquelle  $\bar{L}_s$  berechnet werden:

$$\bar{L}_s = \frac{I}{F_p} \quad (5)$$

Dieser Wert wird zur Berechnung von  $k_s$  nach Gleichung (3) verwendet (Nummer 5.2). Sind diese Daten nicht vorhanden, so ist wie folgt zu verfahren.

##### 5.5.1.2

##### Messung der Leuchtdichte der Blendlichtquelle

Die Messung erfolgt bei Dunkelheit und klarem Wetter vom Immissionsort aus, zum Beispiel vom Aufenthaltsraum bei geöffnetem Fenster, vom Balkon oder von der Terrasse. Es sollten möglichst mehrere Messfeldblenden mit Winkeldurchmessern im Bereich von circa  $10^\circ$  bis circa  $10'$  (Winkelminuten =  $3 \text{ mrad}$ )<sup>3</sup> zur Verfügung stehen. Wegen der mit sehr kleinen Blenden verbundenen Richtungsunsicherheiten sollte nicht nach Gleichung (3), sondern mit möglichst großen Blenden nach den Gleichungen (4), (4a) und (4b) verfahren werden. Wesentlich ist nur, dass nicht Fremdquellen erfasst werden.

Die Raumwinkel, für Kreiskegel mit dem vollen Öffnungswinkel  $\alpha$ , zu den Messblenden werden wie folgt berechnet:

$$\Omega_M = 2\pi(1 - \cos(\alpha/2)) \quad (6)$$

Der Anzeigeumfang liegt zweckmäßigerweise etwa im Bereich von  $10^{-2} \text{ cd/m}^2$  bis  $10^6 \text{ cd/m}^2$ . Bei der Messung ist auf genaue Fokussierung und Ausrichtung des Messgerätes zu achten.

Es wird das Blendmaß  $k_S$  nach Nummer 5.2 (Gleichung (3)) gebildet. Dort sind weitere Hinweise zur Auswertung angegeben.

Ist der Raumwinkel  $\Omega_S$  der Lichtquelle größer als der Raumwinkel  $\Omega_M$  des Messgerätes und überdeckt er  $\Omega_M$  vollständig, so wird flächenrepräsentativ an mehreren Punkten der Lichtquelle gemessen und aus den Messwerten der arithmetische Mittelwert  $\bar{k}_S$  gebildet. Bei sehr großen Leuchtdichteunterschieden auf einer Fläche gilt Nummer 5.2 sinngemäß.

### 5.5.2

#### Umgebungsleuchtdichte

Die Leuchtdichte  $\bar{L}_{U, \text{mess}}$  der Umgebung ist die durch Messung ermittelte mittlere Leuchtdichte in einem Winkelbereich von  $\alpha_U = \pm 10^\circ$  um die zu beurteilende Lichtquelle.

Messungen in schutzwürdigen Räumen sind bei geöffnetem Fenster durchzuführen. Bei der Messung ist die Raum- beziehungsweise Terrassen- oder Balkonbeleuchtung auszuschalten. Die zu beurteilende Lichtquelle bleibt jedoch eingeschaltet, da diese die Umgebungsleuchtdichte beeinflussen kann.

Die Umgebungsleuchtdichte kann mit einem Leuchtdichtemessgerät mit möglichst großer Messfeldblende (Winkeldurchmesser etwa  $> 1^\circ$ ) ermittelt werden, indem räumlich repräsentativ an mehreren Punkten im Winkelbereich von  $\pm 10^\circ$  um die zu beurteilende Lichtquelle gemessen wird. Die zu beurteilende Lichtquelle selber und gegebenenfalls weitere Blendquellen im  $\pm 10^\circ$ -Feld bleiben dabei ausgespart.

Sehr helle Lichtquellen wie zum Beispiel Flutlichtstrahler müssen dabei nicht nur außerhalb des Messfeldes, sondern sogar außerhalb des Gesichtsfeldes des Leuchtdichtemessers bleiben, da andernfalls das Streulicht im Objektiv das Messergebnis zu sehr verfälscht. Die Umgebungsleuchtdichte  $\bar{L}_{U, \text{mess}}$  ergibt sich dann als Mittelwert der einzelnen Leuchtdichtemesswerte  $L_i$ .

Für sehr hoch angebrachte Leuchten, zum Beispiel Flutlichtanlagen an Sportstätten, weist die von unten betrachtete Umgebung (Nachthimmel, Bäume) selten mehr als  $L_U = 0,1 \text{ cd/m}^2$  auf.

### 5.5.3

#### Raumwinkel der Blendlichtquelle

Der Raumwinkel  $\Omega_S$  wird bei direkt abstrahlenden Lampen durch die vom Immissionsort aus sichtbaren Lampenabmessungen aufgespannt. Wenn das Licht durch Reflexion, Refraktion oder Streuung an der Leuchte zum Immissionsort gelenkt wird, sind die vom Immissionsort aus sichtbaren, Licht abstrahlenden Leuchtenabmessungen („scheinbare“ Leuchtengröße bedeutet die Flächenprojektion auf eine Ebene senkrecht zur Verbindungsgraden Immissionsort-Leuchte) zugrunde zu legen.

Zur wirksamen Blendquellengröße sollten noch die Zonen mit einbezogen werden, die sich bis zu einem Faktor 0,01 hinsichtlich der Leuchtdichte von den hellsten Zonen unterscheiden.

Geht die Blendwirkung einer zu beurteilenden Lichtquelle maßgeblich von einer bestimmten, leuchtenden Teilfläche aus (zum Beispiel der Lampe innerhalb eines Leuchtenkörpers), so ist auch diese gegebenenfalls separat zu beurteilen.

Die Ermittlung des Raumwinkels kann rechnerisch aus den Abmessungen der Blendlichtquelle, den Neigungswinkeln relativ zum Beobachter und dem Abstand zwischen der Blendlichtquelle und dem Immissionsort durchgeführt werden.

Der Raumwinkel  $\Omega_S$  der Lichtquelle wird rechnerisch nach folgender Beziehung ermittelt:

$$\Omega_S = \frac{F_P}{R^2} \quad (7)$$

mit  $F_P = F_i \cos(\epsilon)$ .

Es bedeuten:

- $F_i$  Licht abstrahlende Lampen- beziehungsweise Leuchtenfläche in  $m^2$
- $F_P$  Projektion der Licht abstrahlenden Lampen- beziehungsweise Leuchtenfläche auf eine Ebene senkrecht zur Verbindungsgraden Immissionsort-Leuchte („scheinbare“ Leuchtengröße) in  $m^2$
- $R$  Direkter Abstand zwischen Lichtquelle und Immissionsort in m
- $\epsilon$  Winkel zwischen Lot auf die Leuchtenfläche und Verbindungsgerade Immissionsort-Leuchte

Da oft nicht alle Größen ( $R$ ,  $F_i$  und  $\epsilon$ ) bekannt oder einfach zu ermitteln sind, können andere Methoden zur Bestimmung des Raumwinkels vorzuziehen sein.

Einfach zu ermitteln ist der Raumwinkel rechteckiger Flächen durch reine Winkelmessungen mittels Theodolit vom Immissionsort. Der Raumwinkel ergibt sich dann aus der Winkeldifferenz der Eckpunkte der Lichtaustrittsfläche zu:

$$\Omega_S = 4 \cdot \sin \frac{\Delta V}{2} \cdot \sin \frac{\Delta H_z}{2} \quad (7 a)$$

oder

$$\Omega_S = \sin \Delta V \cdot \sin \Delta H_z \quad (7 \text{ b})$$

$\Delta H_z$ ,  $\Delta V$  siehe Abbildung 1

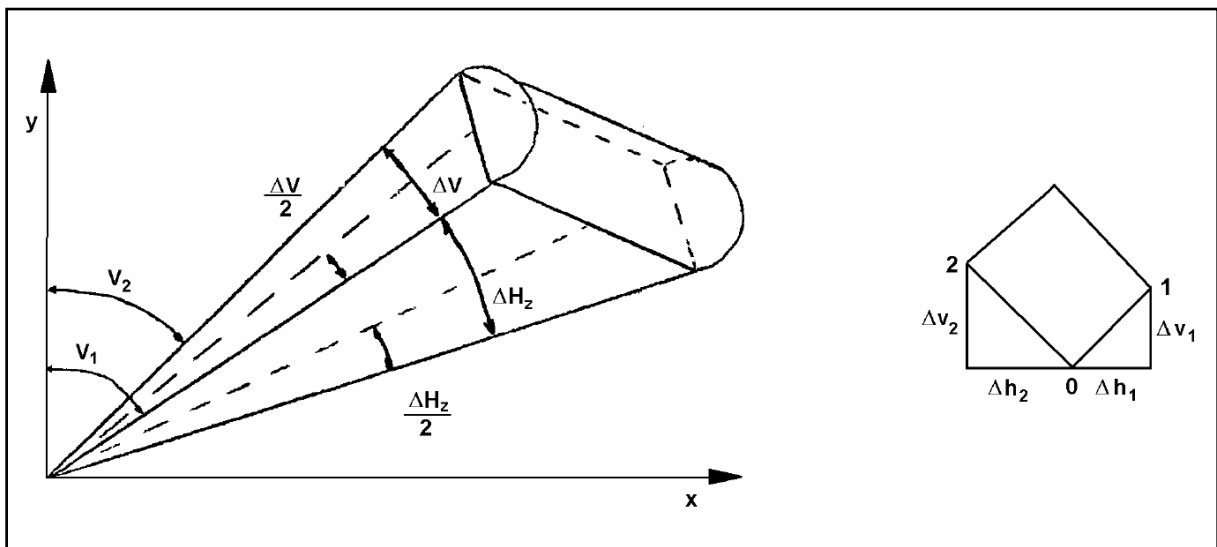
Gleichung (7 b) gilt für nicht zu große Winkel.

Der Fehler ist > 0,2 % für Winkel > 5° und > 1,7 % für Winkel > 15°.

Liegt das Strahlerfeld verdreht im Messfeld des Theodoliten, dann ergibt sich für kleine Winkel (beziehungsweise Abstand zur Lichtquelle sehr groß im Vergleich zu den Abmessungen):

$$\Omega_S = \left[ (\sin^2 \Delta h_1 + \sin^2 \Delta h_2) \cdot (\sin^2 \Delta V_1 + \sin^2 \Delta V_2)^{0,5} \right] \quad (8)$$

$\Delta h_1$ ,  $\Delta h_2$ ,  $\Delta V_1$ ,  $\Delta V_2$  siehe Abbildung 1



**Abbildung 1:**

Raumwinkelbestimmung durch Winkelmessung mit Theodolit

links: bei „horizontalem“ Strahler

rechts: bei „verdrehem“ Strahler

Der mögliche Fehler bei der Raumwinkelbestimmung mit dem Theodoliten bewegt sich je nach Größe des zu ermittelnden Raumwinkels im Bereich von etwa 5 % bis 10 %. Als Theodolit eignen sich alle im Vermessungswesen eingesetzten Geräte. Moderne Geräte mit beleuchteter Messwertanzeige sind vorzuziehen. Zur Messung von Flutlichtstrahlern (sehr hohe Leuchtdichte) kann ein Graufilter nützlich sein.

Ist eine störende Leuchte, zum Beispiel wegen Bewuchs vom Messort nur teilweise sichtbar, führt dies tendenziell zu einem geringeren Blendmaß  $k_S$  (siehe Gleichung (3)) für diese Leuchte. Die Erfassung der blendrelevanten Parameter hängt in diesem Fall verstärkt von den messtechnischen Möglichkeiten ab. Grundsätzlich ist das Blendmaß von der ungestörten Lichtquelle  $k_{S,0}$  zu bestimmen, das sich um den Minderungsfaktor (Mf)

$$Mf = \sqrt{1 - \frac{\Omega_{\text{Störfläche}}}{\Omega_S}} \quad (9)$$

verringert. Das Maß der Verdeckung kann von der genauen Betrachterposition abhängig sein, so dass die Reproduzierbarkeit und Dokumentation bei der Beurteilung im Besonderen zu berücksichtigen ist. Ferner kommen nur Störflächen in Betracht, die permanent vorhanden sind, also zum Beispiel auch im Winter.

Hinweis: Sehr kleine Quellen können durch Äste bei Windstille verdeckt sein, bei Wind aber periodisch sichtbar werden. In diesen Fällen ist kein Minderungsfaktor anzuwenden.

#### 5.5.4

##### Kamera als Messeinrichtung

Für die Messung des Raumwinkels  $\Omega_S$  aus der fotografischen Aufnahme einer analogen Kamera, die vom Immissionsort aus aufgenommen wird, gilt für große Abstände  $R \gg f$ :

$$\Omega_S = \frac{F_{\text{Neg}}}{f^2} \quad (10)$$

Es bedeuten:

$F_{\text{Neg}}$  Fläche des Bildes der Lichtquelle auf dem Negativ oder Dia in  $\text{mm}^2$   
 $f$  Brennweite des Photoobjektivs in mm

Bei der Aufnahme ist auf genaue Fokussierung und Verwacklungsfreiheit zu achten.

Die Objektivbrennweite hängt von der Größe der Lichtquelle und ihrer Entfernung zum Immissionsort ab; sie liegt für das Kleinbild-Format in einem Bereich von circa 135 mm bis 1000 mm, um eine möglichst formatfüllende Aufnahme zu erhalten.

Ein Fotoapparat zur fotografischen Ermittlung des Raumwinkels  $\Omega_S$  benötigt verschiedene Objektive geeigneter Brennweite. Die Objektivbrennweite muss einmal an einem Objekt bekannter Größe in bekannter Entfernung überprüft werden.

Es müssen stets mehrere Aufnahmen mit unterschiedlicher Belichtung gemacht werden, um eine optimal belichtete Aufnahme für die Auswertung zu erhalten.

Der Raumwinkel einer Blendlichtquelle kann inzwischen auch durch Fotografie mit einer digitalen Kamera bestimmt werden. Voraussetzung ist die Möglichkeit zur manuellen Schärfeeinstellung und zur manuellen Belichtungssteuerung. Die Kamera sollte für eine gute Auflösung im Abbild der zu beurteilenden Lichtquelle über eine genügend hohe Pixelauflösung in Verbindung mit mindestens einem geeigneten Objektiv, in der Regel einem Teleobjektiv mit einer der Messaufgabe angepassten höheren Brennweite, verfügen. Als Zubehör sind in der Regel ein Graufilter zur Intensitätsminderung sowie ein Stativ zur Fixierung der Kamera am Messort angezeigt.

Das Messobjekt wird vollständig, aber möglichst großformatig abfotografiert. Aus dem Digitalfoto lässt sich mit geeigneten Standardprogrammen an einem Standard-Computer die Pixelanzahl der zu beurteilenden Lichtquelle direkt angeben. Die Digitaltechnik ermöglicht prinzipiell eine direkte Beurteilung der Aufnahme; Fehlbelich-



tungen sind eher auszuschließen. Gegebenenfalls. empfehlen sich Wiederholungsaufnahmen mit variabler Belichtung. Die Zahl der Pixel im Abbild des Messobjekts bestimmt die Messunsicherheit.

Um aus der Pixelanzahl des Beurteilungsobjekts den zugehörigen Raumwinkel anzugeben, muss entweder der mittlere Raumwinkel eines Pixelelements, zum Beispiel durch vorherige Kalibrierung, bekannt sein oder eine Skalierung des Fotos, zum Beispiel durch Vergleichsaufnahme mit einem Objekt bekannter Größe bei gleichen Kameraeinstellungen, erfolgen. In letzterem Fall muss zusätzlich der genaue Abstand zur Lichtquelle bekannt sein, zum Beispiel durch Messung mit einem Standardentfernungsmesser für mittlere Entfernungen.

#### 5.5.5

##### Leuchtdichtemesskamera als Messeinrichtung

Eine komfortable Möglichkeit zur messtechnischen Bestimmung der blendrelevanten Parameter bieten spezielle digitale Leuchtdichtekameras, gegebenenfalls. in Verbindung mit systemeigenen Objektiven sowie einem portablen Notebook zur Messdatenanalyse. Solche Systeme ermöglichen die Erstellung eines orts aufgelösten Leuchtdichtebildes von den zu beurteilenden Lichtquellen und deren Umgebung.

Mit Hilfe zugehöriger Software lässt sich die mittlere Leuchtdichte der jeweiligen Lichtquelle direkt ablesen. Je nach Ausführung lassen sich mit einem solchen Kamerasystem aus der digitalen Aufnahme auch noch direkt der Raumwinkel der Lichtquelle sowie die Umgebungsleuchtdichte bestimmen.

Voraussetzung für Messergebnisse mit geringer Messunsicherheit ist die Verfügbarkeit von Objektiven mit geeigneter Brennweite, die die Blendlichtquelle mit möglichst großer Pixelauflösung scharf und wegen der hohen Lichtintensität mit Hilfe eines Graufilters abbilden. Für die Messung der Umgebungsleuchtdichte ist in der Regel ein weiteres Objektiv zur Abbildung des  $\pm 10^\circ$ -Messumfeldes um die Lichtquelle sinnvoll beziehungsweise erforderlich. Der Bereich der Blendquelle selbst lässt sich im Leuchtdichtebild softwareseitig ausblenden. Der Raumwinkel ergibt sich aus der Pixelanzahl des Messobjekts, wenn die mittlere Größe eines Pixels durch vorherige Kalibrierung bekannt ist.

Messungen sind auch mit digitalen Fotoapparaten, die hinsichtlich der Leuchtdichte kalibriert wurden, möglich. Die bei diesen Systemen durch die schlechtere  $V(\lambda)$ -Anpassung entstehenden Messabweichungen können bei Kenntnis der Art der in den Blendquellen verwendeten Leuchtmittel durch entsprechende Korrekturfaktoren verringert werden.

## **Maßnahmen zur Vermeidung und Minderung der Störwirkung**

Gegebenenfalls zu erwartende störende oder belästigende Einflüsse durch Lichtimmissionen auf die schutzwürdige Nachbarschaft sollen möglichst bereits bei der lichttechnischen Planung von gewerblichen Anlagen, Sportplätzen, Parkhäusern, Tiefgaragen und so weiter berücksichtigt werden. Dies wird wesentlich dadurch gewährleistet, dass Lichtquellen möglichst so abgeschirmt werden, dass diese nicht von relevanten Immissionsorten einsehbar sind.

Die eventuelle Beeinträchtigung der Nachbarschaft ist abhängig von Ort, Neigung, Höhe und Abschattung der Leuchte. Unter bestimmten Umständen sind mehrere räumlich verteilte Leuchten aus der Sicht des Nachbarschutzes günstiger als wenige zentrale Leuchten.

Zur Vermeidung von störenden Lichtimmissionen oder Blendeffekten sollten die Leuchtflächen von Lichtquellen selbst nach Möglichkeit nicht sichtbar beziehungsweise einsehbar sein, sondern nur der aus- oder anzuleuchtende Bereich. Vorteilhaft kann eine Beleuchtung von oben sein, wenn sich die Lichtquellen nicht im natürlichen Sichtfeld befinden.

Gefahrenfeuer von Lufthindernissen sind nach Maßgabe der Nummern 10.1 und 17.1 der "Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen" (AVV) in der geltenden Fassung nach unten abzuschirmen. Bei Betrieb mehrerer Gefahrenfeuer sind diese gemäß Nummer 12 der AVV zu synchronisieren. Die Möglichkeit der sichtweitenabhängigen Lichtreduzierung gemäß Nummer 17.4 der AVV ist zu prüfen.

Hinweis: Für Flutlichtanlagen von Großstadien ist aufgrund der besonderen lichttechnischen Anforderungen (TV-Tauglichkeit) eine Einhaltung der Immissionsrichtwerte nach dem Stand der Technik in der Regel nicht möglich. Dies soll insbesondere bei (Neu-)Planungen in der Nähe von schutzwürdiger Nachbarschaft berücksichtigt werden.

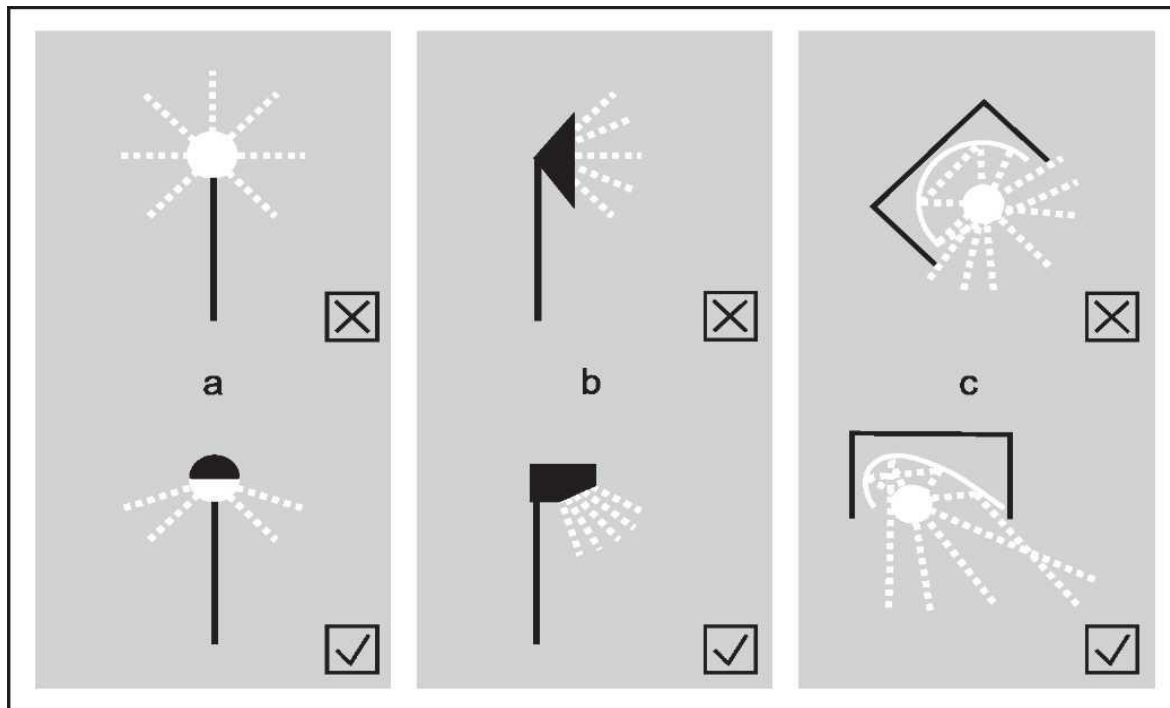
Insbesondere folgende Maßnahmen zur Minderung von Lichtimmissionen haben sich bewährt:

1. Notwendigkeit der Beleuchtung abklären
2. Klärung des Lichtbedarfs/Beleuchtungsniveaus nach Intensität, Gleichmäßigkeit auf den gewünschten Flächen
3. Geeignete Auswahl, Anzahl, Platzierung und Ausrichtung der Leuchten, zum Beispiel Planflächenstrahler
4. Lichtlenkung ausschließlich in die Bereiche, die künstlich beleuchtet werden müssen
5. Zusätzliche technische Maßnahmen (Abschirmblenden, optische Einrichtungen wie Spiegel und Reflektoren, Leuchten mit begrenztem Abstrahlwinkel)

6. Ausrichtung der Beleuchtung grundsätzlich von oben nach unten. Direkte Blickverbindung zur Leuchte sollte vermieden werden. Ist dies nicht möglich, sind zum Schutz der Nachbarschaft Blenden vorzusehen (s. Abbildung 2 a und b)
7. Beleuchtungen sollten nur nach unten und max. 80° schräg zur Seite strahlen. Sie sollten möglichst niedrig angebracht sein, so dass zum Beispiel nur der zu beleuchtende Fußweg hell wird  
Für größere Plätze, die gleichmäßig ausgeleuchtet werden sollen (zum Beispiel Lager- und Sportplätze) sind Scheinwerfer mit asymmetrischer Lichtverteilung zu verwenden, die oberhalb von 80° Ausstrahlungswinkel (zur Vertikalen) kein Licht abgeben, zum Beispiel Strahler mit horizontaler Lichtaustrittsfläche (s. Abbildung 2)
8. Optimierte Lichtpunkthöhen
9. Es sollten möglichst niedrige Flutlichtmasten für Sportstätten und Lagerplätze installiert werden. Bei der Planung und Ausführung ist darauf zu achten, dass nur die notwendige Fläche beleuchtet wird. Streubereiche sind zu vermeiden. Bei Flutlichtanlagen im Freien sind jedoch gerade höhere Masten in Verbindung mit asymmetrischen Planflächenstrahlern zur Immissionsminimierung vorteilhaft
10. Begrenzung der Betriebsdauer auf die nötige Zeit. Insbesondere während des Beurteilungszeitraumes „nachts“ kann eine Abschaltung oder Reduzierung des Beleuchtungsniveaus sinnvoll sein
11. Wenn der Beleuchtungsbedarf in den Nachtstunden nur selten besteht, kann die Nutzung eines Bewegungsmelders vorteilhaft sein. Bei häufigem Ein-/Ausschalten kann dagegen die Störwirkung in der Nachbarschaft überwiegen. Die Ansprechempfindlichkeit, Einschaltdauer und der Ausleuchtungsbereich der Beleuchtungsanlage sind hierbei zu beachten
12. Indirekte Beleuchtungssysteme wie Wandfluter oder Metallspiegel sind zu vermeiden
13. Lampentypen (Bauart der Lichtquelle)
14. Umrüstung von Altanlagen
15. Ersetzen von beweglichen beziehungsweise zeitlich schwankenden Lichtquellen durch stationäre beziehungsweise konstante Lichtquellen, soweit dies mit dem Zweck der Anlage zu vereinbaren ist
16. Abdunkeln großer, von innen beleuchteter Fensterflächen (zum Beispiel beleuchtete Arbeitsräume, Gewächshäuser etc.) durch Jalousien oder Rollos

Hinweis:

Geeignete Maßnahmen zum Schutz von Vögeln und Insekten finden sich im Anhang.



**Abbildung 2:**  
Nicht empfehlenswerte und empfehlenswerte Varianten von Leuchten

## 7

### Verwendete Abkürzungen

$E$	Beleuchtungsstärke, gemessen in lx
$\bar{E}_F$	mittlere Beleuchtungsstärke am Immissionsort, normalerweise in der Fensterebene, bei Terrassen und Balkonen in der Ebene vertikaler Bezugsflächen
$F$	Brennweite eines Fotoobjektivs in mm
$F_{\text{Neg}}$	Fläche des Bildes einer Lichtquelle auf einem fotografischen Negativ oder Dia in mm <sup>2</sup>
$F_P$	Projektion der Lichtaustrittsfläche der Leuchte auf eine Ebene senkrecht zur Verbindungsgeraden Immissionsort-Leuchte in m <sup>2</sup>
$R$	Direkter Abstand zwischen Lichtquelle und Immissionsort in m
$F_i$	Lichtaustrittsfläche der Leuchte in m <sup>2</sup>
$K$	Immissionsrichtwert für die physiologische Blendung, abhängig von der Gebietseinstufung und Beurteilungszeit
$k_S$	Blendmaß zur Festlegung der Immissionsrichtwerte für die maximal tolerable Blendung einer Blendlichtquelle beziehungsweise zur unmittelbaren Beschreibung der Güte der Blendungsbegrenzung
$L$	Leuchtdichte, gemessen in cd/m <sup>2</sup>

$\bar{L}_s$	Mittlere Leuchtdichte der zu beurteilenden Blendlichtquelle
$\bar{L}_{U, \text{mess}}$	Mittlere Leuchtdichte des ( $\pm 10^\circ$ )-Umfeldes der zu beurteilenden Blendlichtquelle
$L_U$	Messgebende Leuchtdichte der Umgebung der Blendlichtquelle
$\bar{L}_{\text{max}}$	Maximal tolerable mittlere Leuchtdichte einer Blendlichtquelle
$\bar{L}_M$	Mittlere Leuchtdichte im Messfeld eines Leuchtdichtemessers
$I$	Lichtstärke in cd
$M_f$	Minderungsfaktor des Blendmaßes
$\Omega$	Raumwinkel, unter dem eine (leuchtende) Fläche erscheint, gemessen in sr $\Omega = F_P/R^2$ ( $F_P$ = Flächenprojektion; $R$ = Abstand zur Fläche) $\Omega = 2 \pi \cdot (1 - \cos \alpha/2)$ für Kreiskegel mit Öffnungswinkel $\alpha$
$\Omega_S$	Raumwinkel, unter dem die zu beurteilende Blendlichtquelle erscheint
$\Omega_U$	Raumwinkel des Umfeldes; $\Omega_U = 0,095$ sr für $\alpha_U = 20^\circ$
$\Omega_M$	Raumwinkel zum Messfeld eines Leuchtdichtemessers, zum Beispiel $\Omega_M = 0,000239$ sr für $\alpha = 1^\circ$
$\Omega_{\text{Störfläche}}$	Gesamter Raumwinkelanteil von Sichthindernissen auf einer zu beurteilenden Beleuchtungsanlage, wie zum Beispiel Bewuchs, aus Sicht vom Immissionsort; es gilt: $\Omega_{\text{Störfläche}} < \Omega_S$
$\alpha$	Voller Öffnungswinkel eines Kreiskegels, gemessen in Grad
$\alpha_U$	Voller Öffnungswinkel des kreisförmigen Umfeldes um die zu beurteilende Blendlichtquelle, Festlegung $\alpha_U = 20^\circ$
$\varepsilon$	Winkel zwischen der Senkrechten auf der Lichtaustrittsfläche der Leuchte und der Verbindungsgeraden Immissionsort-Leuchte
$\Delta V, \Delta H_z, \Delta h_1, \Delta h_2, \Delta V_1, \Delta V_2$	Winkeldifferenzen bei Messung mit Theodolit, siehe Abb. 1

## 8

### Schlussvorschriften / Inkrafttreten ab Veröffentlichung

Dieser Runderlass tritt am Tag nach der Veröffentlichung in Kraft.

Der Gem. RdErl. des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, des Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr und des Ministeriums für Städtebau und Wohnen, Kultur und Sport vom 13. September 2000 wird aufgehoben.