

## Empfehlungen zur Leuchtdichte von beleuchteten Flächen



### Zusammenfassung:

Durch den Preisverfall der LED-Technik werden immer mehr Werbeflächen mit LED-Leuchtmitteln zu hell erleuchtet. Dadurch wird Energie verschwendet und die nächtliche Umwelt durch Lichtverschmutzung geschädigt.

Literaturrecherche und eigene Messungen ergeben, dass Leuchtdichten begrenzt werden sollten:

- Für kleinflächige (<10 m<sup>2</sup>) Werbebeleuchtung **auf maximal 30 (in ländlichen Gebieten) bzw. 100 cd/m<sup>2</sup> (innerstädtisch)**.
- Für großflächige (>10 m<sup>2</sup>) leuchtende Flächen im städtischen Umfeld **auf maximal 5 cd/m<sup>2</sup>**, im ländlichen Umfeld **auf maximal 2 cd/m<sup>2</sup>**.

Durch den Preisverfall der LED-Technik werden immer mehr Werbeflächen mit LED-Leuchtmitteln beleuchtet. Da diese immer heller werden und damit erhebliche negative Auswirkungen auf die dunkle Umwelt haben, soll hier untersucht werden, wie hell sie nachts maximal sein sollten.

Klassische Werbetafeln werden meist mit LED-Streifen beleuchtet, wobei mehr auf die Gleichförmigkeit als auf die Helligkeit geachtet wird, auf eine dringend empfohlene Lichtsteuerung wird aus Kostengründen verzichtet. Sie werden normalerweise nur in den Nachtstunden betrieben. LED-Tafeln mit veränderlichen Inhalten müssen jedoch auch tagsüber aktiv mit Strom betrieben werden, wobei der Stromverbrauch sehr hoch ist, da hohe Leuchtdichten eingesetzt werden müssen.

Was das menschliche Auge als Helligkeit empfindet, ist physikalisch eine Strahlungsdichte, photometrisch eine Leuchtdichte, sie wird in cd/m<sup>2</sup> (Candela/Quadratmeter) gemessen.

Das Auge ist in der Lage geringste Leuchtdichten von  $0.000\ 000\ 1\ \text{cd/m}^2$  zu sehen, was aber nur mit einem dunkeladaptierten Auge möglich ist, also ein Auge, das mindestens 15 bis 30 Minuten in Dunkelheit war. Während diese Dunkeladaptation sehr lange dauert, erfolgt eine Helladaptation viel schneller. Darin besteht das Problem, dass nach dem Blick auf eine helle (meist Werbe-)Fläche eine dunklere (z.B. Straßen-)Fläche zu dunkel erscheint. Daraus erwächst dann der Wunsch, die dunkle Fläche heller zu beleuchten, was natürlich wiederum einen höheren Energieaufwand und damit Stromkosten für die Kommune nach sich zieht. Genauso gut könnten natürlich die Leuchtdichten der hellen Flächen beschränkt werden. Die Straßenbeleuchtung hat typischerweise eine Leuchtdichte von max.  $1 - 2\ \text{cd/m}^2$ .

Es stellt sich die Frage, welche Obergrenzen für leuchtenden Tafeln anzusetzen sind. Dies ist sinnvoll und notwendig, um Lichtverschmutzung und vor allem Energieverschwendung zu beschränken. Daher werden im Folgenden verschiedene Obergrenzen vorgestellt.

Das Auge wird durch hohe Leuchtdichten (Sonne bis  $2\ 10^9\ \text{cd/m}^2$  oder Schweißbogen  $8\ 10^7\ \text{cd/m}^2$ , (1)) nachhaltig geschädigt.

Eine Leuchtdichte von  $730\ \text{cd/m}^2$  wird bereits als blendend angesehen (1).

In der Lichtimmissionsschutzlinie LAI (2) wird die Wohnraumaufhellung durch die Beleuchtungsstärke auf ein Fenster begrenzt, in Wohngebieten nach 22 Uhr auf  $1\ \text{lx}$ . Diese Beleuchtungsstärke kann aus der Größe und Helligkeit einer leuchtenden Fläche und deren Ausrichtung und Entfernung ermittelt werden, was unter Umständen eine aufwendige Rechnung erfordert.

Die Internationale Beleuchtungskommission CIE empfiehlt in ihrer Technischen Regel TR 150-2017 für Fassadenanstrahlungen in der Umweltzone E2 (dünn besiedelt) Maximalwerte von  $5\ \text{cd/m}^2$ , in E4 (helle Stadtzentren)  $25\ \text{cd/m}^2$ , für selbstleuchtende Zeichen in E2  $400$ , in E4  $1000\ \text{cd/m}^2$ . (11)

Garvey (4) nennt einen Maximalwerte von  $685\ \text{cd/m}^2$  als Grenze für beleuchtete Werbung in Wohngebieten von Albuquerque. Seine Messungen ergeben mittlere Leuchtdichten von  $238\ \text{cd/m}^2$  für intern beleuchtete (selbstleuchtende) Tafeln und  $24\ \text{cd/m}^2$  für von außen angestrahlte Tafeln.

Luginbuhl et al. (6) berichten über Messungen an Leuchttafeln in Tucson, Phoenix und Chicago und schlagen vor, dass Werbetafeln nicht heller als 20, keineswegs aber heller als  $100\ \text{cd/m}^2$  beleuchtet sein sollten.

Die deutsche Werbewirtschaft wünscht eine Obergrenze von nicht weniger als  $400\ \text{cd/m}^2$ .(7)

Freyssinier u.a. (3) finden in einer Untersuchung, dass bei geringen Umgebungsleuchtdichten  $40\ \text{cd/m}^2$  durchaus als angenehm für die Sehleistung empfunden werden.

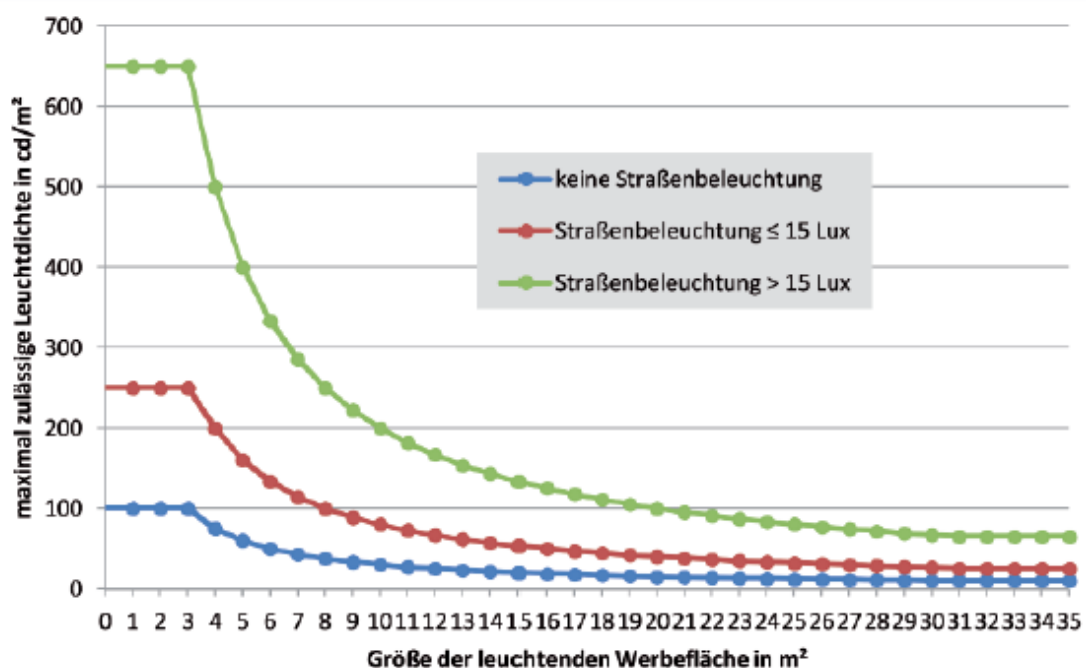
Köhler et al. (8) schlagen für Werbebeleuchtung eine maximale Leuchtdichte vom 40fachen gegenüber der Umgebungsleuchtdichte vor. Da die Straßenleuchtdichte

(als Referenz) selten 1 cd/m<sup>2</sup> überschreitet, sollte die Leuchtdichte 40 cd/m<sup>2</sup> nicht überschreiten.

Wachtel (9) empfiehlt maximale Leuchtdichten von 100 bzw. 150 (in besonders hellen Gebieten) cd/m<sup>2</sup> vor.

Die IDA (10) schlägt Maximalwerte von 80 – 160 cd/m<sup>2</sup> in E4-Zonen vor

In Österreich gilt für Werbebeleuchtung eine maximale Leuchtdichte von 650 cd/m<sup>2</sup>, ansonsten Grenzwerte abhängig von der Straßenbeleuchtungsstärke und Größe der Werbefläche (5). Von der Tiroler Umweltschutzbehörde werden Leuchtdichten von 10 cd/m<sup>2</sup>, in hellen Umgebungen von max. 30 cd/m<sup>2</sup> als vollkommen ausreichend angesehen (12).



Begrenzung der Leuchtdichte nach der Österreichischen Norm (5)

### Abschätzung nach der psychologischen Blendbeurteilung (13):

Nach der Messvorschrift gilt für den Blendmaß  $k_s$ :

Für sehr kleine Quellen ( $1,2^\circ$  – Auflösungsvermögen Auge):

$$k_s = 1000 * L_M \Omega_M / \sqrt{L_u} = 223 \text{ (für } 0.002 \text{ cd/m}^2\text{)}, = 32 \text{ für } 0.1 \text{ cd/m}^2$$

Für große Quellen (größer als etwa  $6,5^\circ$ ):

$$k_s = 0.1 * L_M / \sqrt{L_u} = 112 \text{ (für } 0.002 \text{ cd/m}^2\text{)}, = 16 \text{ für } 0.1 \text{ cd/m}^2$$

$L_M$  ist die mittlere Leuchtdichte = 50 cd/m<sup>2</sup>,  $\Omega_M$  ist der Raumwinkel der Messblende =  $1^\circ = 0.0002$  sr (für das Gossen Mavospot2),  $L_u$  ist die Umgebungsleuchtdichte = 0.002 cd/m<sup>2</sup>, dann ist lt. Messvorschrift 0.1 cd/m<sup>2</sup> zu setzen.

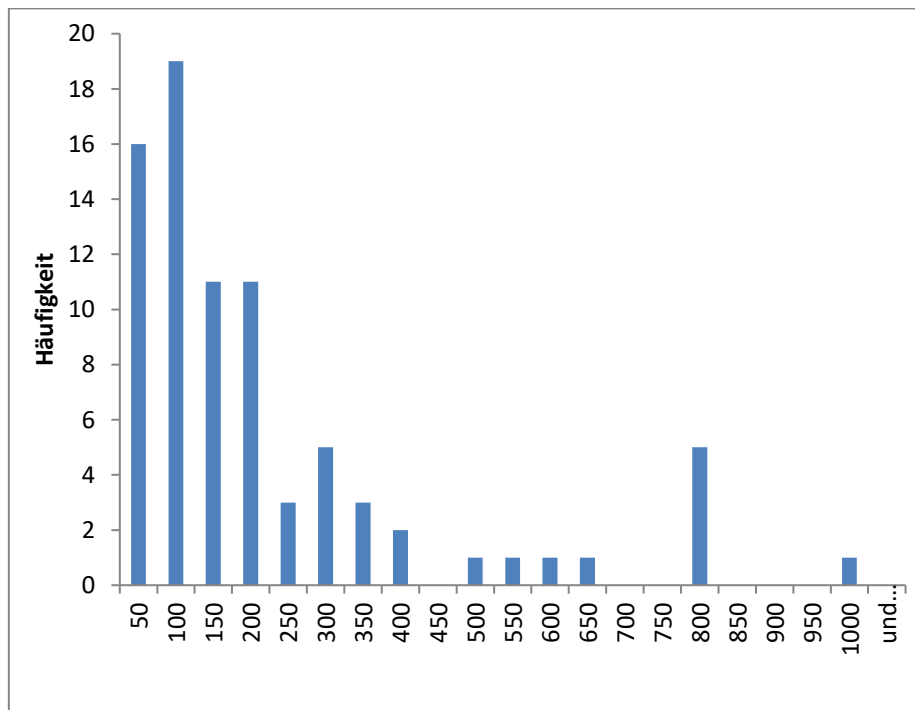
Die Winkelgröße der Blendlichtquelle hängt natürlich stark vom Betrachtungsabstand ab, liegt aber immer zwischen den beiden Extremwerten.

Eine Umgebungsleuchtdichte von  $0.002 \text{ cd/m}^2$  für die Himmelshelligkeit (gegen die die meisten höher angebrachten Werbeflächen zu sehen sind) wird kaum überschritten, besonders in Industriegebieten, die oft in naturnahen Randlagen angelegt sind. Daher ist der Sinn, entsprechend den Vorgaben einen Ersatzwert von  $0.1 \text{ cd/m}^2$  für niedrigere Umgebungsleuchtdichten anzusetzen, infrage zu stellen.

Deutlich ist jedoch, dass **eine modellhaft angenommene Leuchtdichte von  $50 \text{ cd/m}^2$  bereits als obere Grenze anzusetzen ist!**

### Messungen von leuchtenden Schildern

Eigene Messungen von leuchtenden Schildern haben ergeben, dass die meisten Leuchtdichten von Werbebeleuchtung unter  $200 \text{ cd/m}^2$  liegen. Die Messungen wurden mit einem geeichten Leuchtdichtemessgerät Gossen Mavo-Spot 2 USB und teilweise Konica-Minolta LS-150 (vom Landkreis Fulda) gewonnen:



#### Fazit:

**30 (in ländlichen Gebieten) bzw.  $100 \text{ cd/m}^2$  (innerstädtisch)** kann daher als absolute Obergrenze für kleinflächige ( $<10 \text{ m}^2$ ) selbststrahlende Werbebeleuchtung angenommen werden. Großflächige ( $>10 \text{ m}^2$ ) leuchtende Flächen (dabei wird nicht unterschieden zwischen selbstleuchtenden oder angestrahlten Flächen) sollten im städtischen Umfeld **nicht heller als  $5 \text{ cd/m}^2$** , im ländlichen Umfeld **nicht heller als  $2 \text{ cd/m}^2$**  sein.

## Energieverbrauch von LED-Leuchtwänden

**LEDTEK** hat den Energieverbrauch für eine LED-Wand mit einem Modellaufbau berechnet (14).

Angenommen (umgerechnet) wird eine 1 m<sup>2</sup> große LED-Wand mit einer Leuchtdichte von 5500 cd/m<sup>2</sup>.

Der Grundverbrauch bei schwarzem Bild beträgt 53 W/m<sup>2</sup>, maximal 683 W/m<sup>2</sup>.

Es wurden Experimente mit verschiedenen Weißwerten und Farben gemacht, bei 50%er Helligkeit ergibt sich ein **Verbrauch von 114 W/m<sup>2</sup>, jährlich 1000 kWh**.

Eine **eigene Abschätzung** hat ergeben, dass für eine Leuchtdichte einer weißen Fläche mit 100 cd/m<sup>2</sup> ca. 250 – 500 lm/m<sup>2</sup> eingesetzt werden müssen, bei einer Effizienz des Leuchtmittels (LED) von 100 lm/W also 2,5 – 5 W/m<sup>2</sup>. Für das obige Beispiel (5500 cd/m<sup>2</sup>) also **137.5 – 275 W/m<sup>2</sup>**.

Im Rahmen der **Energiekrise 2022** wurde abgeschätzt, dass **eine kleine Werbetafel**, wie sie an Bushaltestellen eingesetzt werden, **verbraucht typisch jährlich 15 000 kWh** (Angabe für Berlin, erscheint sehr hoch), **eine große Werbetafel etwa 40 000 kWh**, 100mal mehr als ein hintergrundbeleuchtetes Plakat. Das entspricht dem **jährlichen Stromverbrauch von 10 – 15 Zweipersonen-Haushalten**. Insgesamt werden in Deutschland jährlich 113 GWh für digitale Werbedisplays verbraucht, was durch das Abschalten zwischen 22 und 16 Uhr um mehr als 70 % reduziert werden könnte. Da die Werbetafeln tagsüber besonders hell strahlen müssen (oft 10 000 cd/m<sup>2</sup>) verbrauchen sie dann auch die meiste Energie! (15)

## Referenzen:

- (1) SSK, 2006: Strahlenschutzkommission: Blendung durch natürliche und neue künstliche Lichtquellen und ihre Gefahren, Wissenschaftliche Begründung, Bonn, 2006
- (2) Bundesimmissionsschutzgesetz bzw. Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI): „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“
- (3) Freyssinier, J.P., Narendran, N., Bulloug, J.D., 2006, Luminance Requirements for Lighted Signs, Prod. of SPIE 6337, 63371M
- (4) Garvey P.M., 2006: On-Premise Commercial Sign Lighting and Light Pollution, Leuko 1/3, 7-18
- (5) Österreichischer Leitfaden Aussenbeleuchtung, 2018 (RVS 05.06.12)
- (6) Luginbuhl C. B., Israel, H., Scowen, P., Polakis, J. u. P., 2010: Digital LED Billboard Luminance Recommendations, US Naval Obs., Flagstaff
- (7) mdl. Mitteilung K. Kurz u.a.
- (8) Köhler, D. u.a.: Integrierte Lichtleitplanung Castrop-Rauxel, Teil D, 2012 (<https://www.fh-dortmund.de/de/fb/1/forschung/DTA.php>)
- (9) Wachtel, J, Report on Digital Sign Brightness (for Nevada State Department of Transportation)
- (10) International Dark Sky Association (IDA): Guidance for Electronic Message Centers (EMCs), 2019
- (11) Comité Intern. d'Éclairage (CIE),
- (12) Effektbeleuchtung, Positionspapier der Tiroler Umwelthanwaltschaft, März 2021,
- (13) LiTG: Empfehlungen für die Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen künstlicher Lichtquellen, 2011
- (14) <https://www.led-tek.de/2020/08/wie-hoch-sind-die-betriebskosten-einer-led-wand-ein-experiment-mit-unserem-ledbrix-system/>
- (15) <https://taz.de/Hoher-Stromverbrauch-von-Aussenwerbung!/5870457/>,  
<https://taz.de/Spar-Kampagne-auf-Stromfresser-Flaechen!/5859581/>  
<https://utopia.de/news/energiesparen-led-reklamen-als-stromfresser/>