

# VDE



VDE Bezirk Köln e.V.

## **Herzlich Willkommen zur VDE / IHK / LiTG Kooperationsveranstaltung**

14.11.2013 Köln

VDE/IHK/LiTG  
Innenraumbeleuchtung mit LED's

Erik Paas

# VDE



VDE Bezirk Köln e.V.

## VDE / IHK Forum Technische Innovationen

„Die LED in der Beleuchtungstechnik“

14.11.2013 Köln

VDE/IHK/LiTG  
Innenraumbeleuchtung mit LED's

Erik Paas

## Norm DIN EN 12464

DIN EN 12464 "Licht und Beleuchtung"

Teil 1: Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen (kurz: DIN EN 12464-1) ersetzt als europäische Beleuchtungsnorm seit März 2003 wesentliche Teile der nationalen DIN 5035.

Teil 2: zu "Arbeitsstätten im Freien" (kurz: DIN EN 12464-2) gilt seit Oktober 2007.

Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)

# Neues in der Norm DIN EN 12464 - 1

Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)

**Bezirksgruppe Rheinland**

Die überarbeitete Fassung von August 2011 enthält u.a. nun:

- Höhere Bedeutung des Tageslichtes
- Anforderungen nun für Tages- und Kunst-Licht, bzw.
  - Blendungsbewertung UGR für Kunstlicht
  - Gleichmäßigkeitsanforderungen gelten nicht für seitliches Tageslicht
- zusätzliche Kriterien und Verfahren u.a. für
  - Gleichmäßigkeitsanforderungen U. des Wartungswertes
  - Ergänzung des Bereichs der Sehaufgabe
  - Anforderungen an Wand- und Decken-Beleuchtungsstärken

Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)

## Neues in der Norm DIN EN 12464 - 1



DEUTSCHE LICHTTECHNISCHE GESELLSCHAFT e.V.

---

### Bezirksgruppe Rheinland

Die überarbeitete Fassung von August 2011 enthält u.a. nun:

- Kriterien der Beleuchtung als Voraussetzung für Beleuchtungsqualität
- Hinweise zur Steuerung oder Regelung von Beleuchtungsanlagen
- Farbwiedergabe und Lichtfarbe sind nicht näher ausgeführt  
(je nach Arbeitsplatz ist min.  $R_a > 80$  bzw.  $R_a > 90$  vorgesehen)

Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)

# Rechtslage in Deutschland

DIN EN 12464-1 im Verhältnis zu Arbeitsstättenverordnung, den  
Technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.4 und  
zurückgezogenen Regelwerken

Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)

## Bezirksgruppe Rheinland

- Beleuchtungsanforderungen für Arbeitsstätten werden in der ArbStättV geregelt
  - Grundsätzliche Anforderungen in der ArbStättV
  - Allgemeine Anforderungen in der ASR A3.4 „Beleuchtung“
- Branchenspezifische Hinweise finden sich in der Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (BGV A1 bzw. GUV V A1), diese verweist auf die ArbStättV
- Beleuchtungsplanungen sind in Abstimmung mit dem AG nach den gültigen Regeln der Technik (DIN EN 12464-1) auszulegen.
- Folgende Regelwerke sind nicht mehr gültig: ASR 7/3, DIN 5035 Teil 1+2, BGR 131

Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)



**Bezirksgruppe Rheinland**

Hinweise

- Werden Planungen ausschließlich nach der DIN EN 12464-1 vorgenommen, kann es passieren, dass die gesetzlichen Mindestanforderungen nicht erfüllt werden
- Abweichungen zur ASR A3.4 sind zu prüfen
- Der geforderte Tagelichtquotient in der ASR A3.4 ist zu beachten
- Wertungswert der Beleuchtungsstärke  $E_m$  = Mindestwert der Beleuchtungsstärke

Planungen nach dem „Leitfaden zur DIN EN 12464-1“

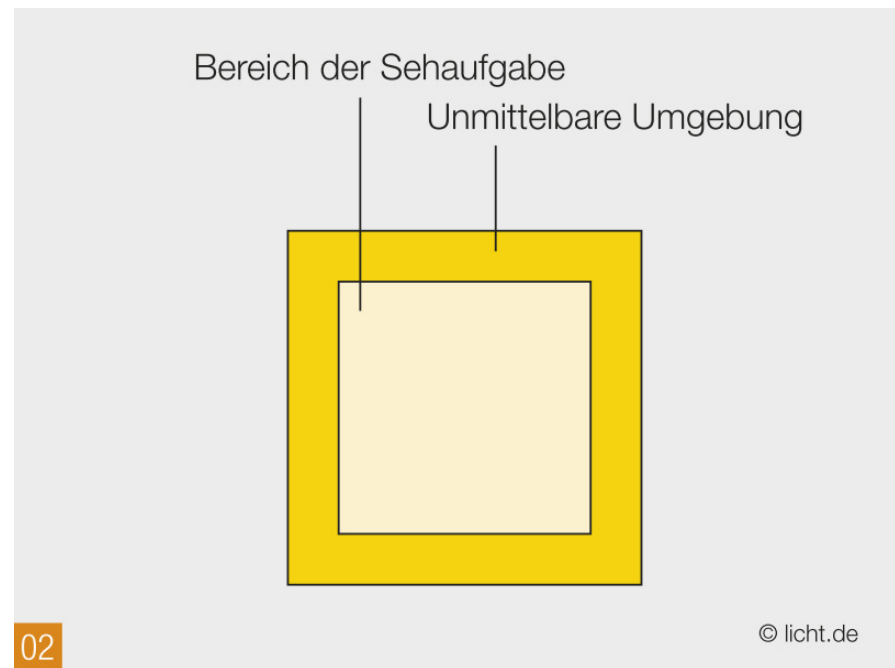
erfüllt DIN 12464-1 + ASR A3.4

Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)

# Arbeitsplätze

Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)

- Bereich der Sehaufgabe und unmittelbarer Umgebungsbereich



Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)

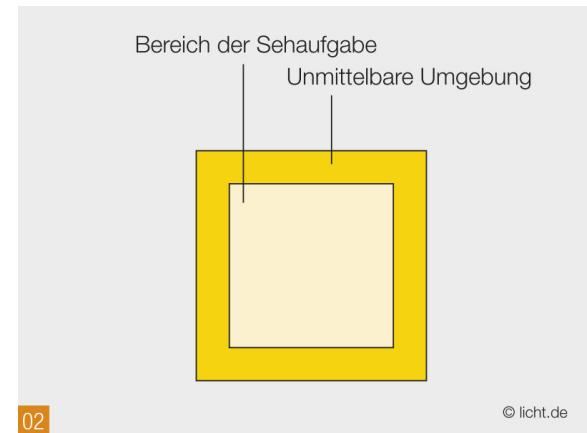
## Bezirksgruppe Rheinland

- Gleichmäßigkeiten der Beleuchtungsstärke

Die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung ( $U_0$ ) ist das Verhältnis der geringsten  $E_{\min}$  zur mittleren  $\bar{E}$  Beleuchtungsstärke im Bewertungsbereich.

Der Wert ist ein Mindestwert und beträgt nach ASR A3.4/ EN 12464 z.B. für den Bereich:

- Arbeitsplatz/Sehaufgabe – 0,60/0,60
- Umgebung – 0,50/0,40
- Hintergrund – -/0,10



**Die jeweils geforderten Gleichmäßigkeiten ( $U_0$ ) sind im Kapitel 5.3. tabellarisch aufgeführt.**

Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)

# Arbeitsplätze



DEUTSCHE LICHTTECHNISCHE GESELLSCHAFT e.V.

## Bezirksgruppe Rheinland

- Bereich der Sehaufgabe und unmittelbarer Umgebungsbereich

Der Bereich des Arbeitsplatzes setzt sich aus den Arbeitsflächen (hellgelb) und Bewegungsflächen (mittelgelb) sowie allen dem unmittelbaren Fortgang der Arbeit dienenden Stellflächen zusammen (ASR A3.4).  
Typische Größe: 1,8 m x 1,8 m



Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)

## Arbeitsplätze

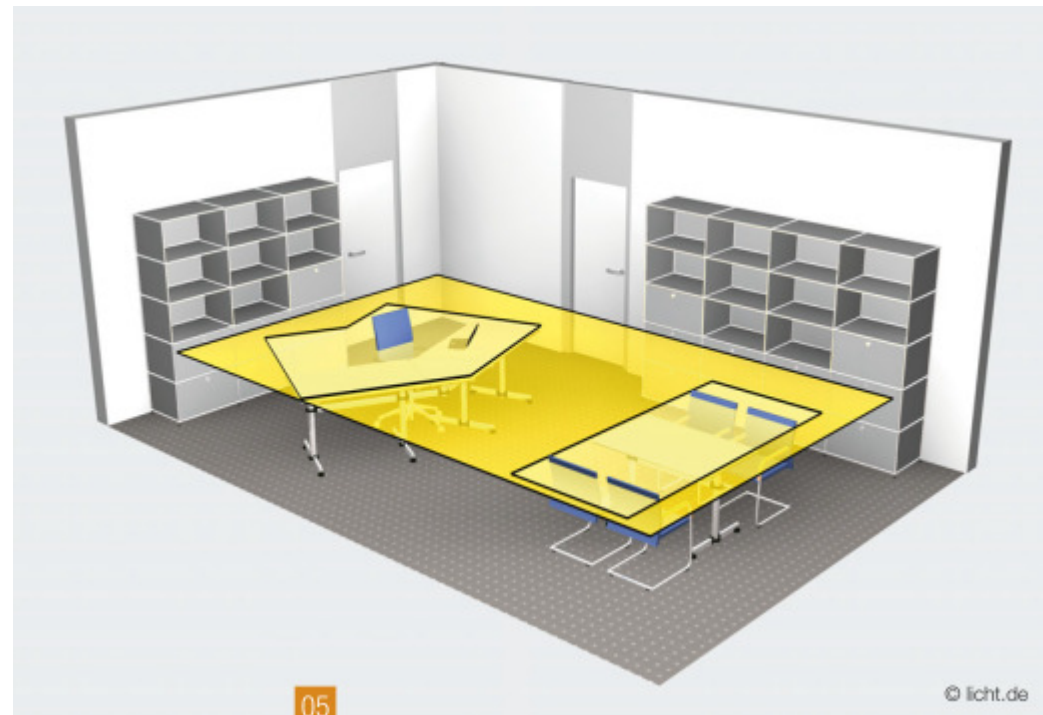


DEUTSCHE LICHTTECHNISCHE GESELLSCHAFT e.V.

### Bezirksgruppe Rheinland

- Bereich der Sehaufgabe und unmittelbarer Umgebungsbereich

Bereich des Arbeitsplatzes im Büro:  
„Bildschirmarbeit“ (mittelgelb, links)  
und „Besprechung“ (mittelgelb, rechts)  
sowie „Umgebungsbereich“  
(dunkelgelb);  
Bezugshöhe für die Bewertung der  
Beleuchtungsstärken: 0,75 m über  
der Bodenfläche



Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)

14.11.2013 Köln

VDE/IHK/LITG  
Innenraumbeleuchtung mit LED's

Erik Paas

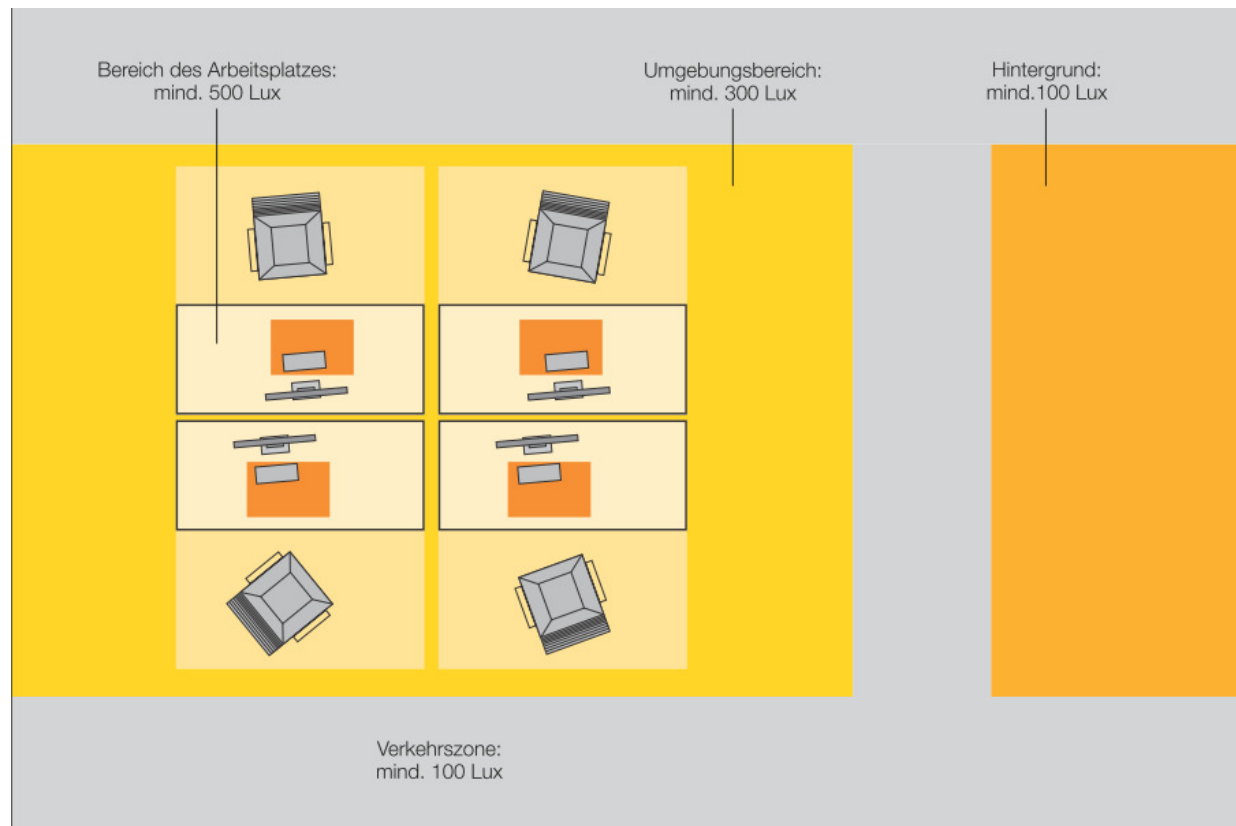
# Arbeitsplätze



DEUTSCHE LICHTTECHNISCHE GESELLSCHAFT e.V.

## Bezirksgruppe Rheinland

- Bereich der Arbeitsplätze, Umgebungsbereich und Hintergrundbereich



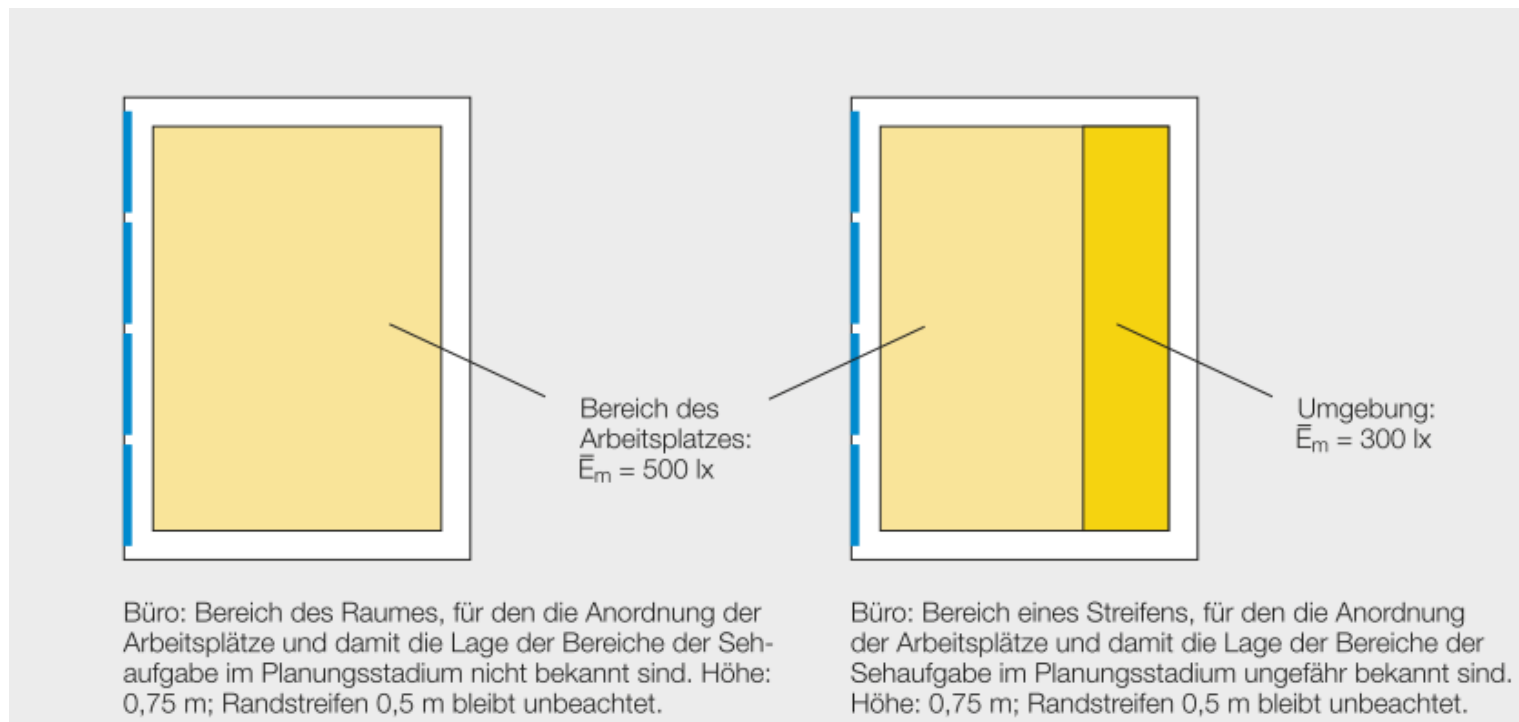
Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)

14.11.2013 Köln

VDE/IHK/LITG  
Innenraumbeleuchtung mit LED's

Erik Paas

- Wenn der Bereich der Arbeitsplatzes nicht genau bekannt ist.....



Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)



## Bezirksgruppe Rheinland

Die ASR A3.4 unterscheidet folgende Beleuchtungskonzepte

- raumbezogene Beleuchtung,  
wenn die Lage der Arbeitsplätze unbekannt oder flexibel ist
- arbeitsplatzbezogene Beleuchtung,  
wenn die Lage der Arbeitsplätze bekannt ist oder diese unterschiedlich sind
- teilflächenbezogene Beleuchtung,  
wenn besondere Sehaufgaben vorliegen oder eine individuelle Anpassung an das Sehvermögen der Beschäftigten erfolgt.

Die Anwendung dieser Konzepte steht im Einklang mit  
den Planungszielen von DIN EN 12464-1.

Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)

# Arbeitsplätze



DEUTSCHE LICHTTECHNISCHE GESELLSCHAFT e.V.

## Bezirksgruppe Rheinland

### Industriehalle mit Zonen unterschiedlicher Tätigkeiten

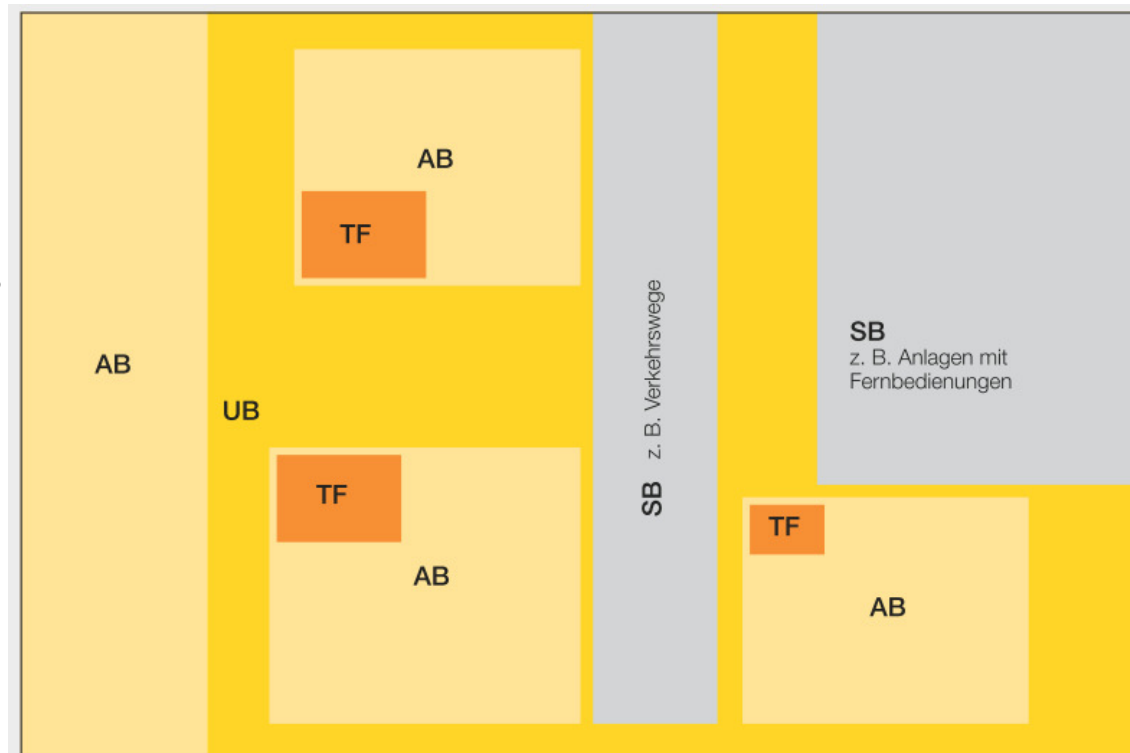
Erklärung:

UB = Umgebungsbereich

SB = Sonstige Bereiche

AB = Bereich des Arbeitsplatzes

TF = Teilfläche



Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)

14.11.2013 Köln

VDE/IHK/LITG  
Innenraumbeleuchtung mit LED's

Erik Paas

# Begrenzung der Blendung

Blendung wird durch Flächen zu hoher Leuchtdichte oder durch zu große Leuchtdichteunterschiede im Gesichtsfeld eines Beobachters hervorgerufen.

Physiologische Blendung -> Herabsetzung des Sehvermögens

Psychologische Blendung -> Herabsetzung des Wohlbefindens

Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)

## Begrenzung der Blendung



DEUTSCHE LICHTTECHNISCHE GESELLSCHAFT e.V.

---

### Bezirksgruppe Rheinland

Folgende Blendungsbegrenzungen sind anzusetzen

- Bewertung der psychologischen Blendung durch das Unified Glare Rating- (UGR) Verfahren
- Abschirmmaßnahmen
- Leuchtdichtegrenzen zur Vermeidung von Reflexblendung

Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)

# Begrenzung der Blendung



DEUTSCHE LICHTTECHNISCHE GESELLSCHAFT e.V.

## Bezirksgruppe Rheinland

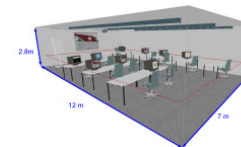
### Bewertung der psychologischen Blendung durch das UGR-Verfahren

- Der Grenzwert UGR ist von der Schwierigkeit der Sehaufgabe abhängig und soll nicht überschritten werden.
- Es gelten beispielsweise folgende obere Grenzwerte:

#### Beispiele für obere UGR<sub>L</sub>-Grenzwerte

Technisches Zeichnen	≤ 16
Lesen, Schreiben, Unterrichtsräume, Computerarbeit, Kontrollarbeiten	≤ 19
Arbeiten in Industrie und Handwerk, Empfang	≤ 22
Grobe Arbeiten, Treppen	≤ 25
Flure	≤ 28

### Fallstudie

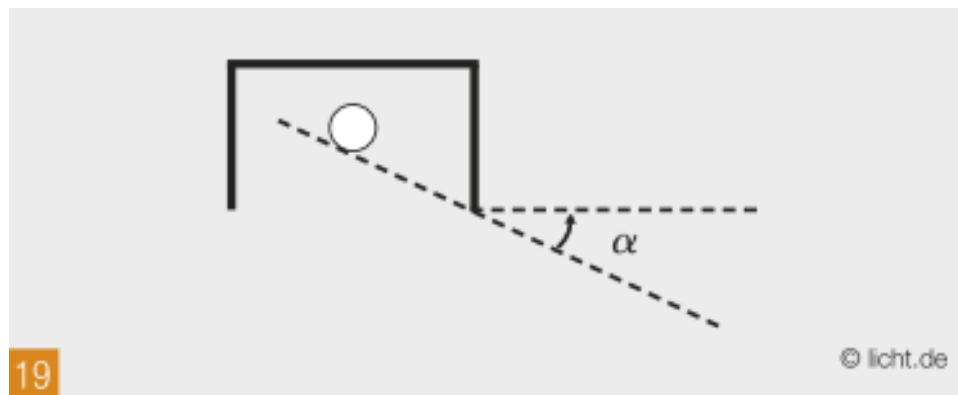


Quelle: [www.regent.ch](http://www.regent.ch)

Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)

## Abschirmmaßnahmen

Da zu helle Lichtquellen im Gesichtsfeld Blendung hervorrufen können, sind Lampen/Lichtquellen in geeigneter Weise abzuschirmen. Für Leuchten, die unten offen bzw. mit klarer Abdeckung versehen sind, ist der Abschirmwinkel als der Winkel zwischen der horizontalen Ebene und der Blickrichtung, unter der die leuchtenden Teile der Lampen in der Leuchte gerade sichtbar werden, definiert.



Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)

## Leuchtdichtegrenzen zur Vermeidung von Reflexblendung

Der Vermeidung von Blendung, die durch Reflexionen an spiegelnden Oberflächen verursacht wird (= Reflexblendung), ist besondere Beachtung zu schenken. Das Arbeiten an einem Bildschirm oder an einer Tastatur kann durch Spiegelung heller Leuchtenteile mit zu hoher Leuchtdichte beeinträchtigt werden. Reflexblendungskritische Leuchten sind daher so anzuordnen, dass keine störenden Reflexionen entstehen.

Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)

## Begrenzung der Blendung

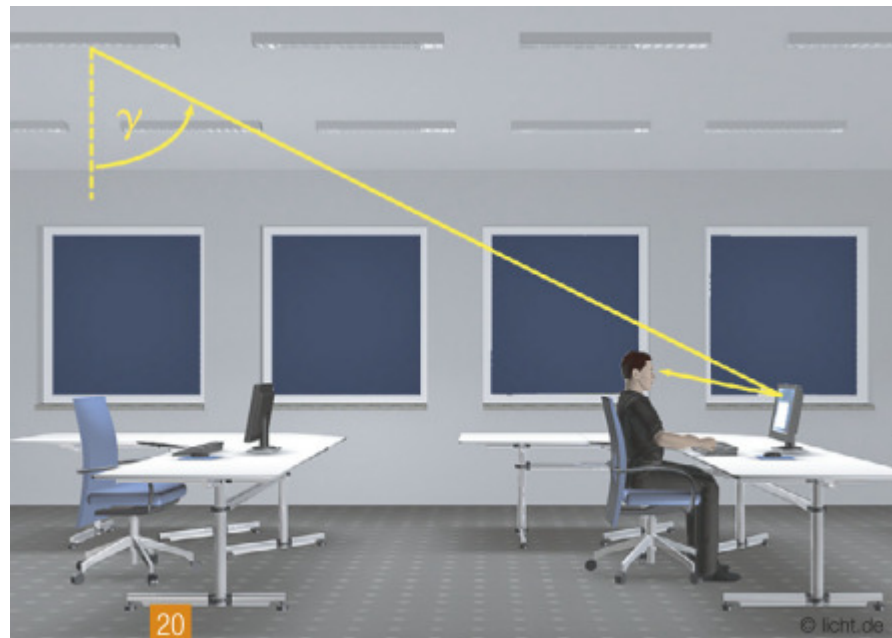


DEUTSCHE LICHTTECHNISCHE GESELLSCHAFT e.V.

**Bezirksgruppe Rheinland**

### Leuchtdichtegrenzen zur Vermeidung von Reflexblendung

Für Bildschirme mit einer Hintergrundleuchtdichte  $L \leq 200 \text{ cd/m}^2$  sind Leuchten-Leuchtdichten bis  $1.500 \text{ cd/m}^2$  zulässig. Dies gilt für sämtliche Ausstrahlungswinkel  $\gamma \leq 65^\circ$ .



Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)



# Wartung der Beleuchtungsanlage

Im Laufe des Betriebs nimmt der von einer Beleuchtungsanlage zur Verfügung gestellte Lichtstrom

– bedingt durch Alterung und Verschmutzung – ständig ab.

Die zu erwartende Abnahme des Lichtstroms ist von der Wahl der eingesetzten Lampen, Leuchten und Betriebsgeräte, den Raumboberflächen sowie von den herrschenden Betriebs- und Umgebungsbedingungen abhängig.

Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)

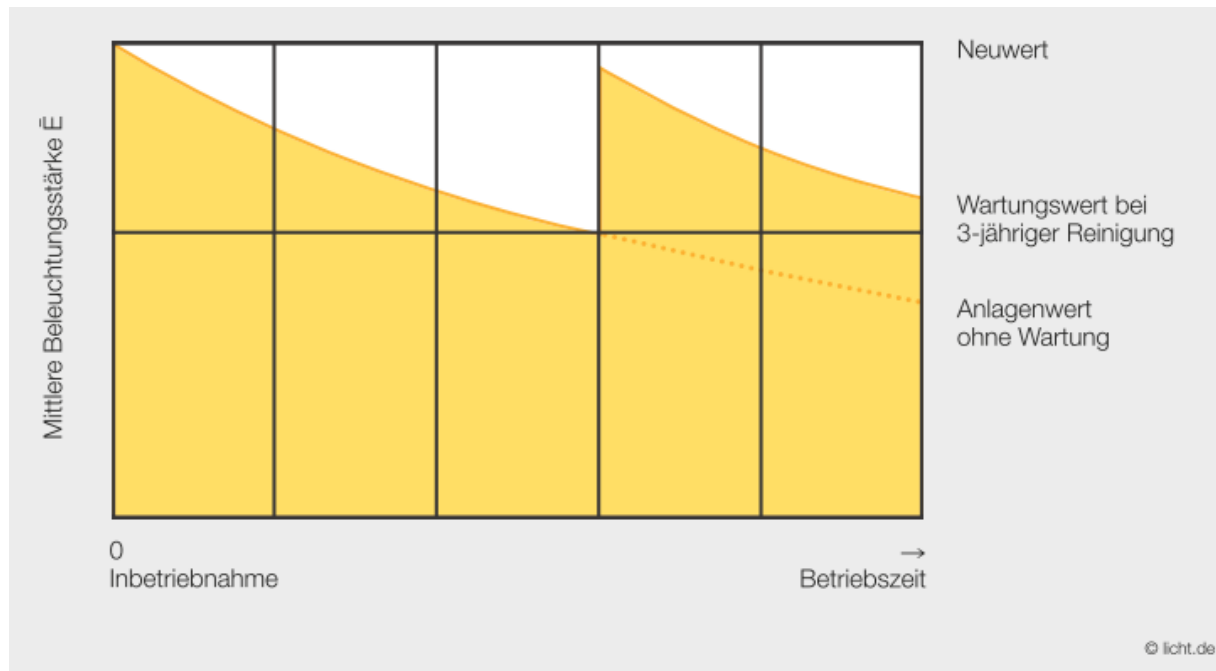
# Wartung der Beleuchtungsanlage



DEUTSCHE LICHTTECHNISCHE GESELLSCHAFT e.V.

## Bezirksgruppe Rheinland

Um ein angestrebtes Beleuchtungsniveau, ausgedrückt durch den Wartungswert der Beleuchtungsstärke, über einen geeigneten Zeitraum sicher nicht zu unterschreiten, muss dieser Lichtstromabnahme bei der Planung einer Beleuchtungsanlage durch Berücksichtigung eines angemessenen Wartungsfaktors Rechnung getragen werden.



Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)

## Bezirksgruppe Rheinland

Die Ermittlung des Wartungsfaktors MF (MF, engl.: Maintenance Factor) erfolgt über folgende Formel:

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF \times RMF$$

$$WF = LLWF \times LLF \times LWF \times RWF$$

LLMF (LLWF)	- Lamp Lumen MF (Lampenlichtstrom-Wartungsfaktor)
LSF (LLF)	- Lamp Survival Factor (Lampenüberlebensdauerfaktor)
LMF (LWF)	- Luminair MF (Leuchtenwartungsfaktor)
RMF (RWF)	- Room MF (Raumwartungsfaktor)

Der Wartungsfaktor ist als das Verhältnis vom Wert zum Anfangswert der Beleuchtungsstärke bei der Inbetriebnahme definiert.

Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)

# Wartung der Beleuchtungsanlage



DEUTSCHE LICHTTECHNISCHE GESELLSCHAFT e.V.

## Bezirksgruppe Rheinland

Relux Wartungsfaktor

Raum  
 Innenraum (CIE 97:2003)  
 Außenbereich (CIE 154:2003)

Umgebungsart: Sehr sauber  
Wartungsintervall:  alle 3 Jahre

Sonis E T5 (641245.752.3 4x14W) 0,79

Leuchtentyp  
Einfluss der Reflexionen von den Raumflächen (Rho: Decke / Wände / Boden)  
Ermitteln: 70% / 50% / 20%  
Leuchtencharakteristik: Direkt  
Leuchtenart: B - Oben offener Reflektor  
Wartungsintervall:  alle 3 Jahre

Lampe  
Lampentyp: Leuchtstofflampe 16mm T5 (ZVEI A1)  
Vorschaltgerät: EVG  
Wartungsintervall:  alle 3 Jahre  
Betriebsstunden pro Jahr: 3000  
 Ausgefallene Lampen werden umgehend ersetzt

Allgemeiner Hinweis pro Leuchtentyp:

Raum	Leuchten	Lampen Lebensdauer	Lampen Lichtstrom
RWF 0,97	LWF 0,89	LLF 1,00	LLWF 0,92

Wartungsfaktor Leuchtentyp: **0,79**

Wartungsfaktor manuell vorgeben

OK Abbrechen Hilfe

14.11.2013 Köln

VDE/IHK/LITG  
Innenraumbeleuchtung mit LED's

Erik Paas

## Wartung der Beleuchtungsanlage



DEUTSCHE LICHTTECHNISCHE GESELLSCHAFT e.V.

---

### Bezirksgruppe Rheinland

Der Planer muss

- den Wartungsfaktor MF angeben und alle Annahmen aufführen, die bei der Bestimmung des Wertes gemacht wurden,
- die Beleuchtungsanlage entsprechend der Einsatzumgebung festlegen und
- einen Wartungsplan erstellen, der die Häufigkeit des Lampenwechsels, die Reinigungsintervalle von Leuchten und Raum sowie die Reinigungsmethoden enthalten muss.

Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)

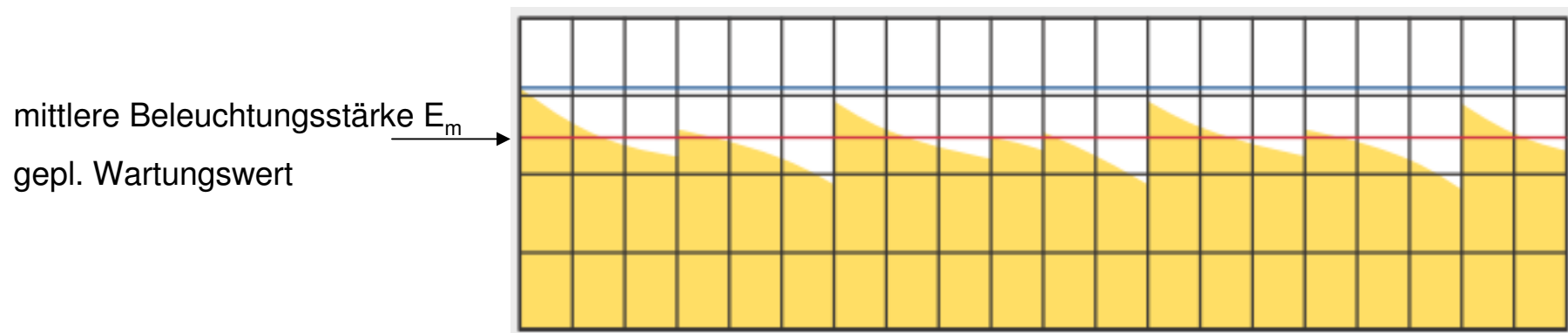
## Wartung der Beleuchtungsanlage



DEUTSCHE LICHTTECHNISCHE GESELLSCHAFT e.V.

### Bezirksgruppe Rheinland

Folgende Beispiele zeigen den Spielraum, der sich bei der Ermittlung des Wartungsfaktors ergibt.



Beleuchtungsniveau nicht eingehalten  
Wartungsfaktor 0,80 (100 Leuchten), Leuchtenreinigung alle 3 Jahre,  
Raumwartung alle 10 Jahre, Lampentausch: Gruppe 6 Jahre  
-> über 20 % Lichtniveauunterschreitung

Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)

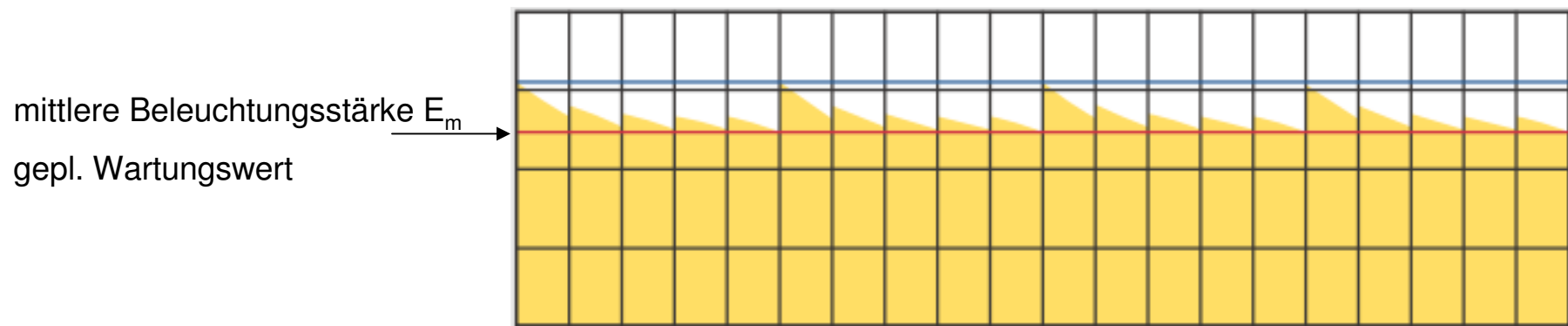
# Wartung der Beleuchtungsanlage



DEUTSCHE LICHTTECHNISCHE GESELLSCHAFT e.V.

## Bezirksgruppe Rheinland

Folgende Beispiele zeigen den Spielraum, der sich bei der Ermittlung des Wartungsfaktors ergibt.



Beleuchtungsniveau eingehalten, jedoch idealisierte Wartungszyklen  
Wartungsfaktor 0,80 (100 Leuchten), Leuchtenreinigung jährlich,  
Raumwartung alle 5 Jahre, Lampentausch: Einzel+Gruppe 5 Jahre  
-> Lichtniveaueinhaltung

Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)

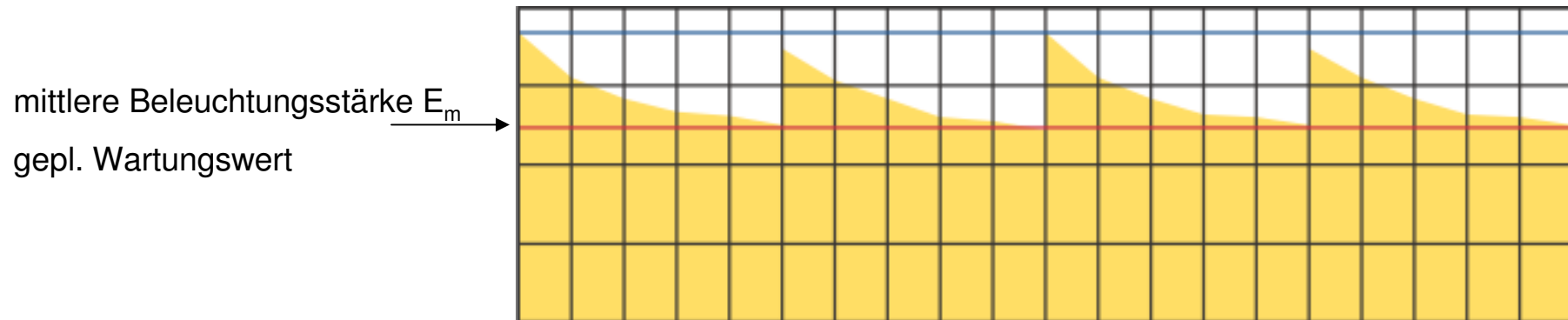
# Wartung der Beleuchtungsanlage



DEUTSCHE LICHTTECHNISCHE GESELLSCHAFT e.V.

## Bezirksgruppe Rheinland

Folgende Beispiele zeigen den Spielraum, der sich bei der Ermittlung des Wartungsfaktors ergibt.

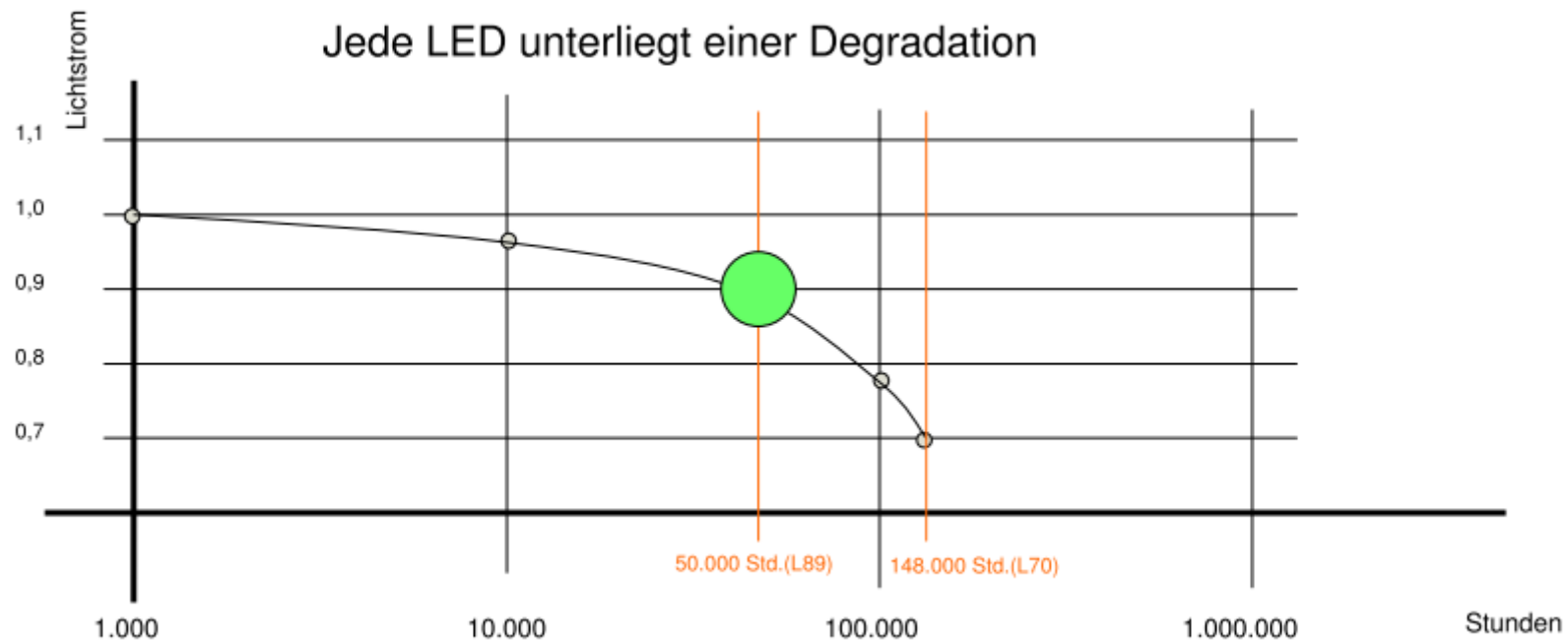


Beleuchtungsniveau eingehalten und praxisrelevante Wartungszyklen  
Wartungsfaktor 0,67 (120 Leuchten), Leuchtenreinigung alle 5 Jahre  
Raumwartung alle 10 Jahre, Lampentausch: Gruppe 5 Jahre  
-> Lichtniveaueinhaltung

Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)



## Lebensdauerkriterien einer Einzel-LED



Schematische Darstellung des Lichtstromverhaltens einer Rebel LED von LUMILEDS ( bei  $T_A = 25^\circ\text{C}$  )

Quelle: Siteco/Osram

## Bezirksgruppe Rheinland

### Lebensdauerkriterien von LED-Leuchten

- Lichtstromdegradation ( $L_x B_y$ ) – z.B.  $L_{70}/B_{50}$  bei 50.000h bedeutet

$L_{70}$  : Lichtstromrückgang der LEDs um 30%, auf 70%

$B_{50}$  : Betriebssicherheit von 50% aller LEDs mit 70% Lichtstrom

- Totalausfall ( $L_0 C_z$ ) – z.B.  $L_0/C_5$  bei 50.000h bedeutet

$L_0$  : Lichtstromrückgang der LEDs auf 0% - Totalausfall

$C_5$  : Catastrophic Failure von 5% aller LEDs

Hinweis: diese Angaben gelten normal bei 25 °C,  
sind jedoch noch nicht allgemein gültig!

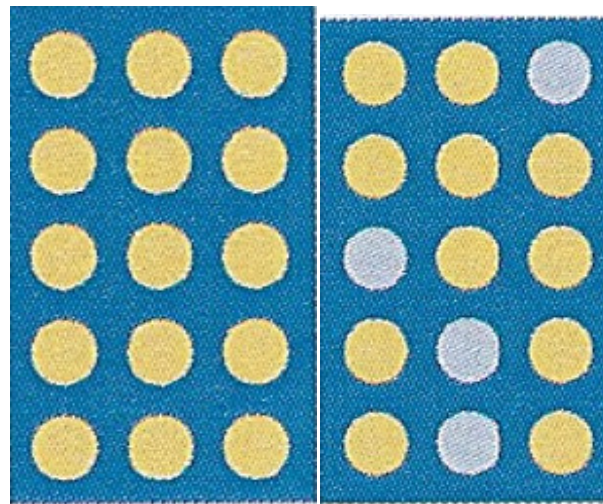
Lebensdauerkriterien von LED-Leuchten

LED-Leuchte  
100%



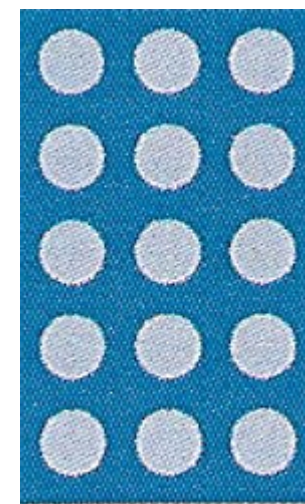
Neu

LED-Leuchte  
Lichtstromdegradation



Degradation  $L_x B_y$

LED-Leuchte  
Totalausfall



Abrupt  $L_0 B_z$

Quelle: ZVEI

**Bezirksgruppe Rheinland**

Lebensdauerkriterien von LED-Leuchten

Beispiele von Hersteller Lebensdauerangaben für 50.000/30.000 Stunden

L80/B10 50.000h : nach 50.000 h haben die LED noch 80% des Nennlichtstroms,  
90% erreichen die 80%, 10% erreichen die 80% nicht.

L70/B50 50.000h : nach 50.000 h haben die LED noch 70% des Nennlichtstroms,  
90% erreichen die 70%, 10% erreichen die 70% nicht.

L60/B10 30.000h : nach 30.000 h haben die LED noch 60% des Nennlichtstroms,  
90% erreichen die 60%, 10% erreichen die 60% nicht.

Hinweis: diese Angaben gelten normal bei 25 °C.

Folgende wichtige Punkte werden hier nicht näher betrachtet:

- Bewertungsraster zur Planung
- Beleuchtungsstärken für Wände und Decken
- Räumliche Beleuchtung

Details dazu finden Sie im  
„Leitfaden zur DIN EN 12464-1“

Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)

## Bezirksgruppe Rheinland



## Arbeitsstätten in Innenräumen



Quelle: [www.zvei.org](http://www.zvei.org)

## Bezirksgruppe Rheinland

4 Beispielplanungen für Bürobeleuchtung in Relux mit

- Einbaurasterleuchten mit BAP Raster 4x 14W T5-Röhren
- Einbaurasterleuchten mit BAP Raster 4x 13,25W LED-Röhren
- Einbauflächenleuchten mit mikroprismischen BAP Diffusor LED-Panel
- Einbauflächenleuchten mit mikroprismischen BAP Diffusor LED-Streifen



# Bürobeleuchtung



DEUTSCHE LICHTTECHNISCHE GESELLSCHAFT e.V.

Bezirksgruppe Rheinland

## Ergebnisvergleich zwischen den Berechnungen



Ausführung	Gesamt-Leistung [W]	Leistung/ m <sup>2</sup> [W/m <sup>2</sup> ]	Em - Büro [lx]	Em - Arbeitsplatz [lx]	Energie-Ersparnis zur Referenz	Beleuchtungs-Stärke Differenz zur Referenz	Beleuchtungs-Stärke Differenz zur Norm 500 Lux
EBL BAP Raster 4x18W T8 EVG	296	18,5	518	520	0%	0%	4%
EBL BAP Raster 4x14W T5	272	17	554	558	8%	7%	11%
EBL BAP Raster 4x14 LED	212	13,25	664	684	28%	28%	33%
EBL BAP Diffusor LED Panel	196	12,25	559	559	34%	8%	12%
EBL BAP Diffusor LED Streifen	152	9,50	541	542	49%	4%	8%



## Bezirksgruppe Rheinland

weiterführende Info u.a. auf

[www.licht.de](http://www.licht.de); [www.bmas.de/DE/Themen/Arbeitsschutz/inhalt.html](http://www.bmas.de/DE/Themen/Arbeitsschutz/inhalt.html);

[www.baua.de/de/Startseite.html](http://www.baua.de/de/Startseite.html); [www.zvei.org](http://www.zvei.org)



14.11.2013 Köln

VDE/IHK/LITG  
Innenraumbeleuchtung mit LED's

Erik Paas

Architektonische Beleuchtung

DEUTSCHE LICHTTECHNISCHE GESELLSCHAFT e.V.



---

Bezirksgruppe Rheinland

***Wir laden Sie recht herzlich zur nächsten  
Veranstaltung ein.***

***„Licht für den urbanen Raum – LED im Kontext“***

***am 28.11.2013 um 17 Uhr***

***Fa. Oktalite GmbH, Mathias Brüggen-Str. 73, 50829 Köln***

# Architektonische Beleuchtung

DEUTSCHE LICHTTECHNISCHE GESELLSCHAFT e.V.



Bezirksgruppe Rheinland

***Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!***



Kranhaus Köln ▪ Fotografin Corinne Schneider

14.11.2013 Köln

VDE/IHK/LITG  
Innenraumbeleuchtung mit LED's

Erik Paas