

Die Ermittlung des Wartungsfaktors in der Praxis

Anleitung zur Ermittlung eines individuellen Wartungsfaktors zur Beleuchtungsplanung nach DIN EN 12464 – 1

Oliver D. Bind

Im März 2003 wurde DIN EN 12464 – 1 als Ersatz für die zurückgezogene Norm DIN 5035 Teil 1 veröffentlicht. Gegenüber den zurückgezogenen und ersetzten Normen haben sich grundlegende Begriffe und Kriterien geändert. So ersetzt im Prinzip ein Wartungsfaktor den bisherigen Planungswert von 0,8 bzw. 0,7 und 0,6. Für diesen Wartungsfaktor können Referenzwerte herangezogen werden. In der Praxis hat sich gezeigt, dass es in den meisten Fällen ausreicht, mit diesen Referenz-Wartungsfaktoren zu arbeiten, es aber auch zu erheblichen Abweichungen kommen kann. Der Artikel stellt kurz dar, wie ein individueller Wartungsfaktor unabhängig von den Referenz-Wartungsfaktoren ermittelt werden kann.

Der Wartungsfaktor sagt im Prinzip nur aus, um wie viel eine Anlage überdimensioniert werden muss, damit bis zum Zeitpunkt der Wartung die genormte Beleuchtungsstärke nicht unterschritten wird. Laut Norm muss der Lichtplaner ebenfalls einen Wartungsplan erstellen.

Die Faktoren, die zum richtigen Wartungsfaktor führen, sind nicht genormt und in der Praxis nicht immer bekannt. Der Fachausschuss Innenraumbelichtung der LITG hat eine Empfehlung [1] ausgesprochen, die auch in den Normenentwurf für die DIN 5035 Teil 7 eingeflossen ist. Hier werden Wartungsfaktoren von 0,67 bis 0,5 für in der Praxis gängige pauschale Randbedingungen vorgeschlagen. In der Planungspraxis zeigt sich nun aber, dass es sich unter Umständen wirtschaftlich lohnen kann, wenn der Lichtplaner einen raumindividuellen Wartungsfaktor ermittelt. Denn es kann zum einen vorkommen, dass eine Anlage mit pauschalen Werten über die Maße überdimensioniert wird, oder zum anderen die pauschalen Werte gar nicht ausreichen.

Für die Ermittlung des Wartungsfaktors gibt aber die DIN EN 12464 – 1 keine konkreten Hinweise. Grundlage ist daher die Beschreibung in der CIE 97 [2], die im Anhang der Norm aufgeführt ist. Die CIE 97 enthält Ermittlungsmethoden und Referenzwerte sowie eine Methode zur Bestimmung der Reinigungsintervalle und Reinigungsmethoden.

Bei einer genaueren Betrachtung der Referenzwerte der CIE 97 erscheinen die Werte viel zu niedrig. Neuere Messungen an Leuchten aus bestehenden Anlagen haben die Wartungsfaktoren aus der CIE 97 nur in wenigen Fällen bestätigt [3]. Ein Grund für die mangelnde Übereinstimmung zwischen Wartungsfaktoren der CIE 97 und den Messungen ist wohl die eindeutige Definition der Faktoren, auch sind die Daten über 15 Jahre alt. Die CIE wird daher die CIE 97 erneuern.

Bis dahin ist der Planer auf die CIE 97 und aktuelle Herstellerdaten angewiesen. Qualitativ ändert sich aber zunächst an den Aussagen der CIE 97 nichts. Neuere, bessere Faktoren liegen in [3] vor. Sie gelten allerdings zunächst nur für Beleuchtungen der Firma Trilux-Lenze, können aber als Hinweis auch bei anderen Planungen verwendet werden.

Grob ist das Verfahren zur Ermittlung eines individuellen Wartungsfaktors schon in [1] beschrieben. Es müssen folgende Werte ermittelt und mit einer Multiplikation verknüpft werden:

- Lampenlichtstrom-Wartungsfaktor LLMF
- Lampenausfall-Wartungsfaktor LSF
- Leuchtenwartungsfaktor LMF
- Raum-Wartungsfaktor RSMF

$$\text{Wartungsfaktor} = \text{LLMF} \cdot \text{LSF} \cdot \text{LMF} \cdot \text{RSMF} \quad (1)$$

(Anmerkung d. A.: Die Abkürzungen entsprechen den Abkürzungen der englischen Ausgabe der CIE 97.)

Werte für die einzelnen Faktoren sind in der CIE 97 enthalten. Zur Ermittlung des Wartungsfaktors wird folgendermaßen vorgegangen:

Schritt 1: Bestimmung des optimalen Lampenaustauschintervalls

Zunächst wird ein optimales Lampenaustauschintervall bestimmt. Dies ist nutzungsabhängig und wird durch die Analyse der Brenndauer der Beleuchtung im Raum und die mittlere Lebensdauer der gewählte Lampen ermittelt, z. B. kann man bei einer Nutzung eines normalen Arbeitsraumes mit ausreichend Tageslicht immer noch von einer Brenndauer der Beleuchtung von etwa 1 500 Stunden ausgehen. Dies bedeutet, dass bei einer mittleren Lebensdauer einer Lampe von 8 000 Stunden der Lampenwechsel nach etwa 5 Jahren erfolgen sollte.

Schritt 2: Bestimmung des Lampenlichtstrom-Wartungsfaktors

Der Lampenlichtstrom-Wartungsfaktor LLMF berücksichtigt den Rückgang des Lichtstroms in Folge der Alterung der Lampe. Er liegt, in Abhängigkeit von der Lampenbrenndauer, in Tabellenform in der CIE 97 vor. Leider berücksichtigen diese alten Daten nicht die neuesten Entwicklungen auf dem Gebiet der Lampentechnik. Die Werte für stabförmige Entladungslampen sind teilweise zu niedrig angesetzt. Abhilfe schafft hier teilweise eine entsprechende Schrift des ZVEI [4]. Diese beinhaltet aber keine Daten von T5-Lampen. Beim Einsatz von T5-Lampen kann nur der Lampenhersteller weiterhelfen, der aber leider nicht immer eindeutige Daten liefert. In der Praxis genügt es, die angegebenen Daten der T8-Lampe zu verwenden und diese Daten etwas nach unten zu korrigieren.

Schritt 3: Bestimmung des Lampenausfall-Wartungsfaktors

Der Lampenausfall-Wartungsfaktor LSF berücksichtigt die Abweichung der Lebensdauer einzelner Lampen von der mittleren Lebensdauer der Lampen.

Bei der Bestimmung des Lampenausfall-Wartungsfaktors verhält es sich genauso wie bei der Bestimmung des Lampenlichtstrom-Wartungsfaktors. Die Werte liegen ebenfalls in Tabellenform in Abhängigkeit des Lampenaustauschintervalls vor. Wie auch beim Lampenlichtstrom-Wartungsfaktor sind die Werte eher niedrig angesetzt und es gibt keine Daten für T5-Lampen. Abhilfe schaffen hier wieder für Entladungslampen die ZVEI-

Dipl.-Ing.(TU) / Dipl.-Wirtschaftsing.(FH) Oliver D. Bind, BLP Ingenieurbüro Bind, Oberursel

Schrift [4] und die Daten des Lampenherstellers.

Die CIE 97 sieht für den Fall des unmittelbaren Austausches einer ausgefallenen Lampe vor, den Lampenausfall-Wartungsfaktor mit 1 anzusetzen, da dann ein Arbeiten bei Lampenausfall nicht vorkommt. Dies muss aber im Wartungsplan ausdrücklich erwähnt werden.

Schritt 4 : Bestimmung des optimalen Leuchtenreinigungsintervalls

Auch das optimale Reinigungsintervall der Leuchte wird für die Bestimmung des Leuchten-Wartungsfaktors benötigt. Das Reinigungsintervall ist nicht identisch mit dem Lampenaustauschintervall. In der Praxis kann man aber davon ausgehen, dass die beiden Werte meist identisch eingesetzt werden. Trotzdem kann es sich unter Umständen loh-

nen, das Leuchtenreinigungsintervall abweichend vom Lampenaustauschintervall zu bestimmen, da hier fast ausschließlich monetäre Faktoren in die Bestimmung einfließen.

Das Leuchtenreinigungsintervall ist durch den Zeitpunkt bestimmt, an dem die Kosten der Reinigung der Leuchten genauso groß sind wie die Verluste aufgrund des verringerten Leuchtenlichtstrom in Folge verschmutzter Leuchten. Die CIE 97 hat für diese Berechnung folgende Formel vorgesehen:

$$T = \frac{C_c}{C_a} + \sqrt{\frac{2 \cdot C_c}{\Delta \cdot C_a}} \quad (2)$$

- T – Optimales Reinigungsintervall in Jahren bzw. der Zeitpunkt, an dem spätestens gereinigt werden sollte
- C_c – Kosten für eine Reinigung

C_a – Gesamtkosten der Beleuchtung pro Jahr ohne Reinigung, einschließlich aller Errichtungs-, Lampenwechsel- und Energiekosten

Δ – Mittlerer Verschmutzungsgrad der Leuchte pro Jahr

Dieser Wert wird für die verschiedenen Leuchtenarten in der CIE 97 angegeben. Er ist abhängig davon, wie viel Schmutz in die Leuchte eindringen kann oder auf ihr liegen bleibt. Die Leuchten sind hierzu in sechs Klassen eingeteilt. Ebenso ist der Wert abhängig vom Verschmutzungsgrad der Umgebung.

Bei der Betrachtung der Berechnungsmethode zur Ermittlung des Reinigungsintervalls fällt auf, dass Leuchten mit hohen Anschaffungskosten und hohen Energiekosten ein kleineres Wartungsintervall benötigen.



HEP GMBH

Hightech Electronic Products

NV-Transformatoren
Notlichtelemente

Vorschaltgeräte für:
Leuchtstofflampen
Kompaktlampen
Halogenmetaldampflampen

HEP GmbH · Carl-Borbeck-Weg 2-4 · D-58791 Werdohl · www.hepgmbh.de
Tel.: 0049 (0) 23 92-97 20 57 · Fax: 0049 (0) 23 92-97 20 58 · info@hepgmbh.de

Digital geregelte Vorschaltgeräte für Metallhalogendampflampen (HID)
Digitally Controlled Ballasts for Metal Halide Vapour Lamps (HID)

Art.-Nr.: SH 150I



für 150W HID

Art.-Nr.: SH 150I-Z



Art.-Nr.: SH 70



für 70W HID

Art.-Nr.: SH 70 Z



Art.-Nr.: SH 35



für 35W HID

Art.-Nr.: SH 35 Z



Ebenso ist die Bestückung der Leuchte zu beachten: Eine Leuchte mit zweilampiger Bestückung und hoher elektrischer Leistung benötigt ein signifikant kleineres Reinigungsintervall als die gleiche Leuchte in einlampiger Ausführung. Dem entgegen stehen die Reinigungskosten.

Beispielberechnungen aus der Planungspraxis des Autors mit dieser Berechnungsmethode zeigten, dass bei praktisch keinem Fall das Leuchtenreinigungsintervall größer als zwei Jahre wurde. In der Praxis treten aber noch andere Faktoren hinzu. Es kann z. B. möglich sein, dass der Nutzer nicht der Errichter ist, der die Leuchte bezahlt hat, und somit nur die Reinigungs- und Energiekosten trägt. In diesem Fall werden die Reinigungsintervalle länger. Das Reinigungsintervall darf aber auf keinen Fall so lang werden, dass der Wartungswert der Beleuchtungsanlage unterschritten wird.

Schritt 5: Bestimmung des Leuchten-Wartungsfaktors

Der Leuchten-Wartungsfaktor LMF berücksichtigt den Rückgang des Leuchtenlichtstroms in Folge der Verschmutzung der Leuchte. Dieser liegt in Tabellenform, in Abhängigkeit des Reinigungsintervalls der Leuchte und der Empfindlichkeit der Leuchten für Verschmutzung in der CIE 97 vor. Die Leuchten sind wieder in sechs Klassen eingeteilt. In der CIE 97 gibt es nur Daten bis zu einem Reinigungsintervall von drei Jahren. Der Leuchten-Wartungsfaktor geht, anders als der Lampenausfall-Wartungsfaktor, mit größerer Gewichtung in den Wartungsfaktor ein.

Schritt 6: Bestimmung des Raum-Wartungsfaktors

Der Raum-Wartungsfaktor RSMF berücksichtigt den Lichtstromrückgang in Folge der Verschmutzung der Umgebung. Dieser liegt in Tabellenform in der CIE 97 vor. Er ist von einigen Faktoren abhängig. Zum Ersten vom Reinigungsintervall des Raumes. Dieses muss nicht identisch mit dem Reinigungsintervall der Leuchte sein, wird aber aus praktischen Gründen oft gleichgesetzt. Zum Zweiten hängt er von der Raumgröße und dem Grad der Verschmutzung der Umgebung in Folge einer bestimmten Nutzung ab.

Die Raumgröße fließt über die Steuerungsgröße Raumindex k ein. Räume $k \leq 0,7$ gelten als klein, $k = 2,5$ als mittel und $k \geq 5$ als groß. Auch von der Art der Beleuchtung – ob vorwiegend direkt, direkt/indirekt oder rein indirekt – ist der Raum-Wartungsfaktor abhängig. Alle diese Faktoren liegen bis zu einem Reinigungsintervall von drei Jahren in Tabellenform vor.

Bei der Betrachtung der einzelnen Raum-Wartungsfaktoren zeigt sich folgende Tendenz: Je größer der Raum ist, desto höher ist der Raum-Wartungsfaktor. Die Abhängigkeit ist hier aber eher gering. Stark abhängig ist der Raum-Wartungsfaktor von der Art der Beleuchtung. Hierbei wird die überwiegend direkte Beleuchtung ganz wesentlich besser bewertet als die rein indirekte Beleuchtung. Der Unterschied kann hier schon bei relativ sauberen Räumen 0,15 Punkte betragen. Der Raum-Wartungsfaktor hat erhebliche Auswirkungen auf den gesamten Wartungsfaktor.

Schritt 7:

Bestimmung des Wartungsfaktors

Sind alle Einzel-Wartungsfaktoren bekannt, werden diese einfach in die Formel (1) eingesetzt. Dieser Wartungsfaktor wird dann bei der Planung an Stelle des Referenz-Wartungsfaktors verwendet. Es sei hier erwähnt, dass dieser Wert nur für die eingesetzten Parameter und nur für die geplante Beleuchtungskonfiguration gilt. Bei der Änderung eines Parameters muss der Wartungsfaktor neu berechnet werden.

Schritt 8: Erstellen eines Wartungsplans

Aus den ermittelten Reinigungs- und Wartungsintervallen lässt sich ein Wartungsplan erstellen. In der DIN EN 12 464 – 1 wird gefordert, dass neben den Reinigungsintervallen auch die Reinigungsmethoden angegeben werden müssen. Hierzu gibt es in der CIE 97 Vorschläge für Reinigungsmethoden für verschiedene Leuchten und Reflektoren. Diese müssen dann nur noch in den Plan eingesetzt werden.

Zusammenfassung

Die CIE 97 liefert eindeutige Hinweise, wie ein Wartungsfaktor und ein Wartungsplan normgerecht zu erstellen sind. Je mehr der Planer über die Nutzung und die Umgebung der geplanten Beleuchtungsanlage weiß, desto weniger empfiehlt sich die Anwendung der Referenz-Wartungsfaktoren. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass der Wartungsfaktor erheblich von monetären Faktoren abhängen kann. Um eventuelle Haftungsschäden aus über- oder unterdimensionierten Beleuchtungsanlagen für den Lichtplaner zu vermeiden, ist die Auseinandersetzung mit dem Thema Wartungsfaktor wichtig.

Die in der CIE 97 angegebenen Werte erscheinen zu niedrig. Es bleibt abzuwarten, was nach einer genaueren Untersuchung und Novellierung der Werte herauskommt. Sicher ist nur, dass der Wartungsfaktor weiterhin von seinen jetzigen qualitativen Faktoren abhängig wird.

Literatur

- [1] Stockmar, Axel: Theorie und Praxis des Wartungsfaktors. Tagungsband LICHT 98, Seite 136 ff.
- [2] CIE 97 Maintenance of indoor electric lighting systems. Technical Report, Stand 1995
- [3] Trilux-Handbuch: Beleuchtung von Arbeitsstätten im Innenraum, 1. Auflage November 2003
- [4] ZVEI: Lebensdauerverhalten von Entladungslampen für Beleuchtung, Stand Juni 1998