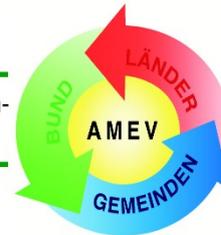




Bundesministerium
des Innern, für Bau
und Heimat

Arbeitskreis Maschinen-
und Elektrotechnik



staatlicher und kom-
munaler Verwaltungen

Erweiterung des Leuchtmittelverbots

Ausphasung weiterer Leuchtmittel

auf Grundlage der Produktgestaltungs-Verordnung 2019/2020/EU

Hinweise für die Sanierung von Beleuchtungsanlagen

Ausgabe 2020

1. Ergänzung zur Beleuchtung 2019

Empfehlung Nr. 160

AMEV

Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen

Erweiterung des Leuchtmittelverbots

Aufgrund der EU-Verordnung 2019/2020/EU

Hinweise für die Sanierung von Beleuchtungsanlagen

Ausgabe 2020

1. Ergänzung zur Beleuchtung 2019

lfd. Nr. 160

Aufgestellt und herausgegeben vom Arbeitskreis
Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher
und kommunaler Verwaltungen (AMEV)
Berlin 2020

Geschäftsstelle des AMEV im
Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI)
Alt-Moabit 140, 10557 Berlin
Telefon (030) 18 681 16860
E-Mail: amev@bmi.bund.de

Der Inhalt dieser Empfehlung darf nur nach vorheriger Zustimmung
der AMEV-Geschäftsstelle auszugsweise vervielfältigt werden.
Die Bedingungen für die elektronische Nutzung der AMEV-Empfehlungen
sind zu beachten (siehe www.amev-online.de)

Informationen über Neuerscheinungen erhalten Sie unter
www.amev-online.de
oder bei der AMEV-Geschäftsstelle

INHALTSVERZEICHNIS

VORWORT	5
1 GRUNDLAGEN DER ERWEITERUNG DES LEUCHTMITTELVERBOTS	6
2 ÖKODESIGN-ANFORDERUNGEN	7
3 SANIERUNG VON BELEUCHTUNGSANLAGEN	10
3.1 Bürobeleuchtung mit T8 Leuchtstofflampen im Bestand	10
3.2 Flurbeleuchtung	11
3.2.1 Anlagen mit Kompaktleuchtstofflampen mit externem Vorschaltgerät und CFLI 2 Stiftsockel	11
3.2.2 Anlagen mit stabförmigen T8 Leuchtstofflampen im Bestand	12
3.3 Sporthallenbeleuchtung	12
3.3.1 Anlagen mit T5/HO 80 W im Bestand	13
3.3.2 Anlagen mit T8/58W im Bestand	13
3.4 Ausphasung von Leuchtmitteln aufgrund weiterer technischer Unzulänglichkeiten	15
3.4.1 Flimmern und Stroboskopeffekte	15
3.4.2 Quecksilbergehalt	15
4 QUELLEN	17
5 MITARBEITER	19
ANLAGE 1 – MUSTERBERECHNUNG	20

Vorwort

Die neue EU-Verordnung Nr. 2019/2020/EU zur Gestaltung von Beleuchtungsprodukten führt dazu, dass ab dem 1.9.2021 bzw. 1.9.2023 zusätzlich zu den bereits bestehenden Leuchtmittelausphasungen aufgrund von Energieineffizienz weitere Leuchtmittel nicht mehr in den Verkehr gebracht werden dürfen. Es handelt sich dabei auch um Leuchtmittel, die in den öffentlichen Verwaltungen noch in erheblichem Umfang im Einsatz sind.

Mit dieser Empfehlung sollen u. a. die von der EU-Verordnung zur Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an Lichtquellen betroffenen Leuchtmittel aufgezeigt und Vorschläge zum weiteren Vorgehen gemacht werden.

Des Weiteren werden Sanierungsvorschläge für bestehende Beleuchtungsanlagen gemacht, unabhängig davon ob die verwendeten Leuchtmittel von der neuen EU-Verordnung betroffen sind oder nicht.

Diese Empfehlung ergänzt die AMEV Empfehlung Beleuchtung 2019.

Berlin, Dezember 2020

Walter Arnold

Vorsitzender des AMEV

Ralf Speier

Obmann Beleuchtungsausschuss

1 Grundlagen der Erweiterung des Leuchtmittelverbots

Aufgrund der EU-Verordnung¹⁾ Nr. 245/2009/EG [5], geändert durch EU-Verordnung Nr. 347/2010/EU [7] dürfen bereits zahlreiche Leuchtmittel (z. B. Allgebrauchsglühlampen, Quecksilberdampf-Hochdrucklampen) und separate Betriebsgeräte (Vorschaltgeräte) wegen mangelnder Effizienz in der EU nicht mehr in den Verkehr gebracht werden.

In der Verordnung war auch vorgesehen, dass spätestens 5 Jahre nach Inkrafttreten die Verordnung unter Berücksichtigung des technischen Fortschritts im Bereich der Beleuchtungstechnik von der Kommission überprüft wird. Das Ergebnis dieser Überprüfung wurde am 01.10.2019 mit EU-Verordnung 2019/2020/EU (SLR – „Single Lighting Regulation“) [3] umgesetzt.

Durch diese neue Verordnung werden die Verordnungen 244/2009/EG [4], 245/2009/EG und 1194/2012/EU [1] aufgehoben und alle Festlegungen von Ökodesign-Anforderungen an Lichtquellen und separate Betriebsgeräte hier zusammengefasst.

Hauptziel der neuen Verordnung ist es, dass Beleuchtungsprodukte mit mangelnder Energieeffizienz ab dem Stichtag 01.09.2021 bzw. 01.09.2023 nicht mehr in den Verkehr gebracht werden dürfen. Zu den Beleuchtungsprodukten zählen neben den hier vorrangig betrachteten Leuchtmitteln (in der Verordnung als Lichtquellen bezeichnet) auch separate Betriebsgeräte. Durch diese Ökodesignanforderung erhofft sich der Verordnungsgeber bis zum Jahr 2030 Einsparungen von über 40.000 GWh.

Neben den Energieeffizienz-Anforderungen wurden erstmalig auch Mindestvorgaben für weitere Gebrauchseigenschaften, wie z. B. Anforderungen bezüglich TLA (Flimmern und Stroboskopeffekten [11]), Lebensdauer oder Lichtstromerhalt als Funktionsanforderungen definiert.

Der Quecksilbergehalt in den Lampen wird in der neuen Verordnung nicht berücksichtigt. Dies erfolgt weiter durch die RoHS-Richtlinie Nr. 65/2011/EU in der konsolidierten Fassung vom 22.07.2019 [8].

Unter anderem sind Leuchtmittel für Ex-gefährdete Bereiche, für die die EU-Verordnung 34/2014/EU [6] gilt, von der neuen EU-Verordnung ebenso ausgenommen, wie Leuchtmittel für den Betrieb in Notfällen (Sicherheitsbeleuchtung), für die die Richtlinie 2014/35/EU [2] gilt.

Weitere Hinweise zu diesen Themen finden sich in einer Informationsschrift des ZVEI „Ökodesign, Energieverbrauchskennzeichnung, EPRL-Datenbank“ [12].

¹ Allgemeine Anmerkung zu EU-Verordnungen: Eine sogenannte EU-Verordnung ist ein Rechtsakt der Europäischen Union mit allgemeiner Gültigkeit und unmittelbarer Wirksamkeit in den Mitgliedstaaten. Eine EU-Verordnung unterscheidet sich gegenüber einer EU-Richtlinie maßgeblich dadurch, dass letztere erst von den Mitgliedstaaten innerhalb einer festgelegten Frist in nationales Recht umgewandelt werden muss.

2 Ökodesign-Anforderungen

2.1 Betroffene Leuchtmittel

Nicht abschließende Auswahl von Leuchtmitteln, die aufgrund ihrer Energieineffizienz ab dem 1. September 2021 in der EU nicht mehr in den Verkehr gebracht werden dürfen:

- Verschiedene Halogenlampen z. B. Sockel GU 4.0, GU 5.3
- Stabförmige Leuchtstoffröhren T2
- Stabförmige Leuchtstoffröhren T5/HO 80 W mit Farbwiedergabe/Lichtfarbe 840 und 830 und Lichtstrom unter 6170 lm
- Natriumdampf-Hochdrucklampen 250 W (HSE-Lampen) und Lichtstrom unter 29.446 lm

Zusätzlich ab dem 1. September 2023 dürfen nicht mehr in den Verkehr gebracht werden:

- Übrige Halogenlampen (Sockel G9, G4, GY6,35)
- Stabförmige Leuchtstoffröhren T8

Hinweis:

Es wurden hier die in der Verordnung verwendeten Begriffe T5 bzw. T8 verwendet, die auch umgangssprachlich gebräuchlich sind. Normativ korrekt [10] sind die Bezeichnungen T16 bzw. T26. In der folgenden Tabelle wurden auch die ungebräuchlichen Bezeichnungen LFL (Stabförmige Leuchtstofflampe), CFLni (Kompaktleuchtstofflampe mit internem Vorschaltgerät) und HPS (Natriumdampf-Hochdrucklampe), entsprechend der Verordnung, verwendet.

Für zweiseitig gesockelte T5-Leuchtstofflampen gilt die Verordnung erst ab einer Leistungsaufnahme $P > 13$ Watt.

„In den Verkehr gebracht“ bedeutet, dass diese Beleuchtungsprodukte erstmalig entgeltlich oder unentgeltlich auf dem Gemeinschaftsmarkt zur Verteilung oder zur Verwendung in der Gemeinschaft bereitgestellt werden. Damit dürften derartige Leuchtmittel nach dem genannten Datum nicht mehr auf den Markt gebracht werden, was de facto bedeutet, dass diese nur noch eine endliche, schwer abschätzbare Zeit verfügbar sind und damit kontinuierlich ausgephast werden.

Im folgenden Abschnitt 3 werden auch die von der Ausphasung betroffenen Leuchtmittel, die derzeit in öffentlichen Gebäuden noch im nennenswerten Umfang im Einsatz sind, betrachtet.

2.2 Berechnung der Energieeffizienzanforderungen

Ob ein Leuchtmittel den Vorgaben an die Mindest-Energieeffizienz (Ökodesign-Anforderungen) nach Anhang II o. g. EU-Verordnung entspricht, kann mittels der Formel:

$$P_{\text{onmax}} = C \times \left(L + \frac{\Phi_{\text{use}}}{F \times \eta} \right) \times R$$

ermittelt werden. Dabei muss die errechnete Leistung P_{onmax} höher liegen als die tatsächliche Leistungsaufnahme P_{on} der Lichtquelle bei Volllast.

Die Leistungsaufnahme ist dabei als Funktion des für das zu betrachtende Leuchtmittel angegebenen Nutzlichtstroms Φ_{use} (in lm) und des angegebenen Farbwiedergabeindex CRI definiert. Die Parameter des Korrekturfaktors (C), des Endverlustfaktors (L), des Lichtausbeute-Faktor (F) und der Schwellen-Lichtausbeute (η) können, abhängig von dem zu betrachtenden Leuchtmittel, den Tabellen des Anhangs II der Verordnung 2019/2020 EU [3] entnommen werden. Der CRI-Faktor (R) kann dazu über die Gleichung $(\text{CRI}+80) / 160$ für CRI-Werte > 25 ermittelt werden. Bei CRI-Werten ≤ 25 , wie z. B. bei Natriumdampf-Hochdrucklampen (HPS), beträgt der CRI-Faktor (R) grundsätzlich 0,65.

Die tatsächliche Leistungsaufnahme (P_{on}) ist abhängig vom verwendeten Vorschaltgerät (induktiv, elektronisch), sie kann von der auf der Lampe angegebenen Nennleistung (P_n) abweichen.

Beispielhaft wird im folgenden P_{onmax} für eine T8-Lampe, betrieben an einem Elektronischen Vorschaltgerät, auf Basis der nachfolgenden Werte, berechnet.

Tatsächliche Leistungsaufnahme	P_{on}	=	50 W	Produktwert
Korrekturfaktor Art der Lichtquelle	C	=	1,00	lt. EU-Verordnung
Endverlustfaktor	L	=	1,5 W	lt. EU-Verordnung
Nutzlichtstrom	Φ_{use}	=	5000 lm	Produktwert
Lichtausbeutefaktor	F	=	1,00 W	lt. EU-Verordnung
Schwellen-Lichtausbeute	η	=	120 lm/W	lt. EU-Verordnung
CRI(Farbwiedergabe)-Faktor	R	=	1,00	bei CRI = 80 lt. EU-Verordnung

$$P_{onmax} = 1,00 \times \left(1,5 W + \frac{5000 \text{ lm}}{1,00 \times 120 \text{ lm/W}} \right) \times 1,00 = 43,17 W$$

Die tatsächliche Leistung von $P_{on} = 50 W$ überschreitet deutlich die ab 1.9.2023 zulässige Leistung von $P_{onmax} = 43,17 W$.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Ergebnisse für ausgewählte Leuchtmittel:

Es gilt: Weiter zulässiges Leuchtmittel

Nicht mehr zulässiges Leuchtmittel

Standard Lichtstrom

Mindestlichtstrom um den Grenzwert einzuhalten

Auf dem Markt verfügbar

	P _{nen}	P _{on}	P _{onmax}	C	L [W]	Φ _{use}	F	η [lm/W]	R	CRI
LFL T5-HE	14	14	14,05	1,00	1,9	1200	1,00	98,8	1,00	80
	21	21	21,13	1,00	1,9	1900	1,00	98,8	1,00	80
	28	28	28,22	1,00	1,9	2600	1,00	98,8	1,00	80
	35	35	35,30	1,00	1,9	3300	1,00	98,8	1,00	80
LFL T5-HO	24	24	24,05	1,00	1,9	1750	1,00	79,0	1,00	80
	39	39	41,14	1,00	1,9	3100	1,00	79,0	1,00	80
	49	40	53,71	1,00	1,9	4300	1,00	83,0	1,00	80
	54	54	55,51	1,00	1,9	4450	1,00	83,0	1,00	80
	80	80	79,75	1,00	1,9	6150	1,00	79,0	1,00	80
	80	80	80,00	1,00	1,9	6170	1,00	79,0	1,00	80
	80	80	84,81	1,00	1,9	6550	1,00	79,0	1,00	80
T 8 bis 31.8.2023	18	16	20,11	1,00	4,5	1400	1,00	89,7	1,00	80
	36	33	40,17	1,00	4,5	3200	1,00	89,7	1,00	80
	58	50	60,24	1,00	4,5	5000	1,00	89,7	1,00	80
T 8 ab 1.9.2023	18	16	13,17	1,00	1,5	1400	1,00	120,0	1,00	80
	36	33	28,17	1,00	1,5	3200	1,00	120,0	1,00	80
	58	50	43,17	1,00	1,5	5000	1,00	120,0	1,00	80
CFLni		5	5,86	1,00	2,3	250	1,00	70,2	1,00	80
		7	8,00	1,00	2,3	400	1,00	70,2	1,00	80
		9	10,85	1,00	2,3	600	1,00	70,2	1,00	80
		11	15,12	1,00	2,3	900	1,00	70,2	1,00	80
		10	10,85	1,00	2,3	600	1,00	70,2	1,00	80
		13	15,12	1,00	2,3	900	1,00	70,2	1,00	80
		18	19,39	1,00	2,3	1200	1,00	70,2	1,00	80
		26	27,23	1,00	2,3	1750	1,00	70,2	1,00	80
HPS	150	150	158,07	1,00	50	17000	1,00	88,0	0,65	
	250	250	231,93	1,00	50	27000	1,00	88,0	0,65	
	250	250	250,00	1,00	50	29446	1,00	88,0	0,65	
	250	250	265,91	1,00	50	31600	1,00	88,0	0,65	

Tabelle 1: Max. Leistungsaufnahme ausgewählter Leuchtmittel

3 Sanierung von Beleuchtungsanlagen

Für Anlagen mit der von der Ausphasung betroffenen Leuchtmitteln und weiteren Leuchtmitteln, wo bei einem Austausch eine Wirtschaftlichkeit abzusehen ist, und die derzeit in öffentlichen Gebäuden noch im nennenswerten Umfang im Einsatz sind, werden im Folgenden Vorschläge für eine Sanierung gemacht.

Die geringeren Lichtströme bei den Anlagen mit LED-Leuchten sind darin begründet, dass bei LED-Leuchten von einem Leuchtenwirkungsgrad (η_N) von 1 ausgegangen werden kann, während η_N bei Leuchten mit Leuchtstofflampen im Mittel 0,7 beträgt.

Für eigene Projekte wird diese Empfehlung durch eine Excel-Tabelle (Beispiel Anlage 1) ergänzt, mit der auch die Beispielberechnungen nachvollzogen werden können. Zur Information sind in der Excel-Tabelle Registerkarten mit den Daten klassischer Leuchtmitteln enthalten, wie sie zuletzt in der AMEV Beleuchtung 2011 enthalten waren.

3.1 Bürobeleuchtung mit T8-Leuchtstofflampen im Bestand

Stabförmige T8-Leuchtstofflampen waren lange Jahre das universelle Leuchtmittel für Innenraumbeleuchtungen der öffentlichen Verwaltungen.

Noch in der AMEV Beleuchtung 2006 waren Leuchten mit T8-Lampen (Abbildung 1) für Büroräume vorgesehen. Zahlreiche, derartige Beleuchtungsanlagen sind heute noch im Einsatz. Die energetische Verbesserung beim Einsatz von T5-Lampen war derart gering (vergleiche Abbildung 4 AMEV Beleuchtung 2011; 4 Leuchten mit je 1 Lampe T16 35W/HE; Gesamtleistung 152 W), dass ein Austausch nicht wirtschaftlich erschien. Erst LED-Leuchten (Abbildung 2) brachten hier eine nennenswerte Effizienzsteigerung.

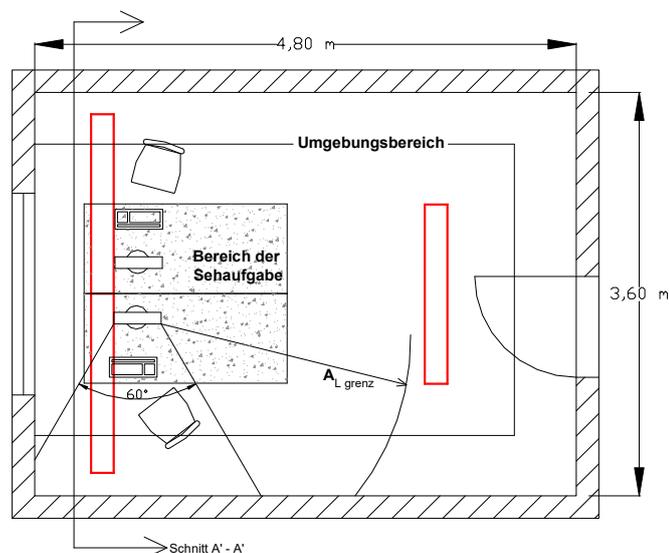


Abbildung 1: Büroraum-Beispiel aus der AMEV Beleuchtung 2006 mit 3 Leuchten mit T8-Lampen 58 W an EVG

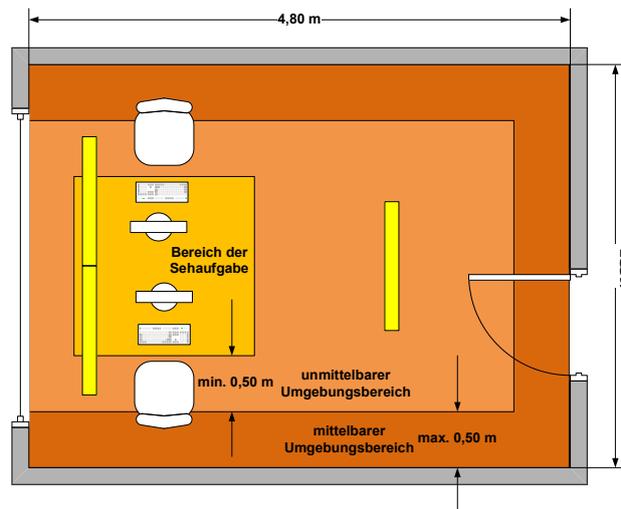


Abbildung 2: Büroraum-Beispiel aus der AMEV Beleuchtung 2019 mit 3 LED-Leuchten je 3500 lm / 31 W

Geht man bei einer Bürobeleuchtung von 1.000 Jahresbetriebsstunden und einem Strompreis von 0,24 €/kWh aus, liegt die Ersparnis bei ca. 17 €/Jahr. Mit dieser Einsparung ist keine Wirtschaftlichkeit zu erzielen. Ein Austausch wird jedoch mittelfristig nicht zu vermeiden sein, da Ersatzleuchtmittel ab dem 1.9.2023 nicht mehr auf den Markt gebracht werden dürfen.

Der Einsatz von Retrofit-Lampen (LED-Leuchtmittel in der Form stabförmiger Leuchtstofflampen) sollte sorgfältig abgewogen werden. Weitere Hinweise dazu finden sich in der Beleuchtung 2019 im Abschnitt 10.2.2.

3.2 Flurbeleuchtung

3.2.1 Anlagen mit Kompaktleuchtstofflampen mit externem Vorschaltgerät und CFLI 2 Stiftsockel

Kompaktleuchtstofflampen mit externem Vorschaltgerät wurden in der öffentlichen Verwaltung häufig dort eingesetzt wo:

- Stabförmige Leuchtstofflampen aus Platzgründen nur schwierig anzuordnen waren,
- nur geringere Lichtströme, häufig auch verbunden mit geringeren Anforderungen an die Gleichmäßigkeit, erforderlich waren und
- aus gestalterischen Gründen runde Leuchten gewünscht wurden.

Einsatzfelder waren Flure, Treppenhäuser und Sanitärräume. Die nachfolgende Abbildung 3 zeigt einen typischen Flur ($E_n = 100 \text{ lx}$) mit 11 Leuchten bestückt jeweils mit 2 x 11 W Leuchtmitteln (Gesamtleistung $11 \times 28 \text{ W} = 308 \text{ W}$). Die erforderliche Beleuchtungsstärke kann ebenfalls mit 6 LED-Leuchten 2.100 lm/16 W (Gesamtleistung $6 \times 16 \text{ W} = 96 \text{ W}$) erreicht werden (Abbildung 4). 6 Leuchten wurden gewählt damit vorhandene Leuchtenauslässe weiterverwendet werden können. Lichttechnisch hätten auch 5 Leuchten ($E_m = 107 \text{ Lux}$, $U_o = 0,53$) ausgereicht.

Legt man einen Flur mit Bewegungsmeldern zugrunde, sind 1.500 Jahresbetriebsstunden realistisch. Bei einem mittleren Strompreis von 0,24 €/kWh würde das jährliche Einsparungen von ca. 76 € für den betrachteten Flur bedeuten. Daher kann von einer Amortisationszeit von deutlich unter 10 Jahren für 6 neue LED-Leuchten ausgegangen werden².

² Musterberechnung Anlage 1

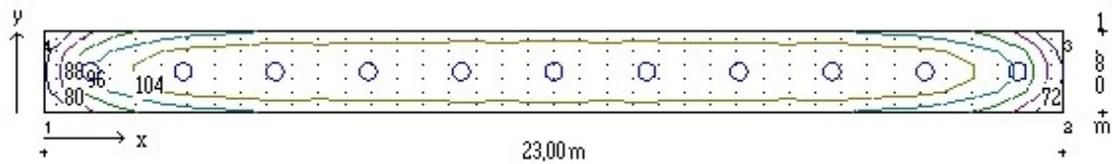


Abbildung 3: Flur mit 11 Stück Kompaktleuchtstofflampen je 2 x 11 W, $U_o = 0,66$

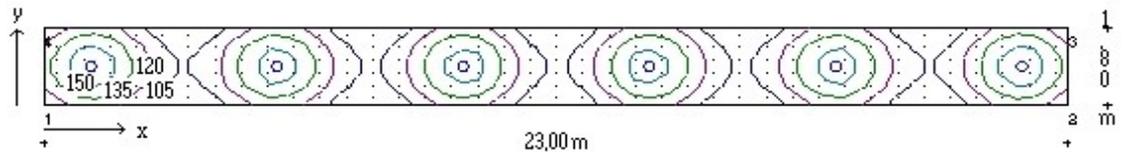


Abbildung 4: Flur mit 6 Stück LED-Leuchten je 16 W / 2100 lm, $U_o = 0,74$

Von der Alternative, LED-Ersatzleuchtmittel zu verwenden, wird abgeraten, da einerseits ein Satz (22 Stück) kostenmäßig nahezu in der gleichen Größenordnung wie 6 Stück neue LED-Leuchten liegt und andererseits die Energieeinsparungen damit deutlich geringer ausfallen.

3.2.2 Anlagen mit stabförmigen T8-Leuchtstofflampen im Bestand

Wenn in Fluren stabförmige T8-Leuchtstofflampen eingesetzt wurden, waren diese, aufgrund ihrer geringeren Länge, wie in dem nachfolgenden Beispiel zu sehen, in der Regel Leuchten mit stabförmigen Leuchtstofflampen T8/36 W.

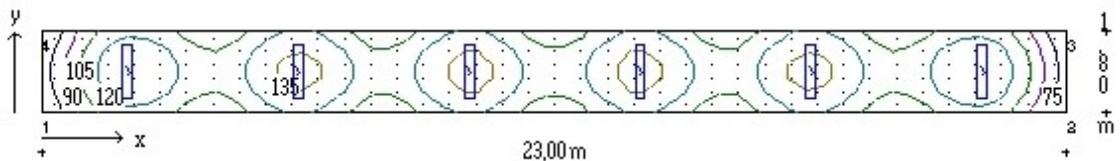


Abbildung 5: Flur mit stabförmigen Leuchtstofflampen T8/36 W, $U_o = 0,49$

Betrachtet man den vorstehenden Flur, ergibt sich im Bestand eine elektrische Anschlussleistung von 216 W, bei der Verwendung von elektronischen Vorschaltgeräten. Dieses bedeutet gegenüber einem Flur mit neuen LED-Leuchten (siehe Beispiel im Abschnitt 3.2.1) ein Einsparpotential von etwa 120 W.

Legt man einen Flur mit einer über Bewegungsmelder geschaltete Beleuchtungsanlage zugrunde, sind hierfür 1.500 Jahresbetriebsstunden realistisch. Bei einem mittleren Strompreis von 0,24 €/kWh bedeutet dies jährliche Einsparungen von ca. 43 € beim Einsatz von neuen LED-Leuchten gegenüber T8 Leuchten. Daher kann von einer Amortisationszeit von unter 15 Jahren ausgegangen werden.

3.3 Sporthallenbeleuchtung

In der AMEV Empfehlung Beleuchtung 2019 wird im Abschnitt 7.7.2 aufgezeigt, dass bei einer typischen Sporthalle (27 m x 45 m) und dem Einsatz von LED-Leuchten eine mittlere Beleuchtungsstärke von 500 Lux mit einer spezifischen Anschlussleistung von 5,8 W erreicht werden kann.

Um die Installationskosten zu senken, wird in den folgenden Beispielen jeweils ein 1:1 Austausch vorgesehen und nicht die optimale Auslegung nach Beleuchtung 2019, wie sie bei Neubauten angewandt werden sollte.

3.3.1 Anlagen mit T5/HO 80 W im Bestand

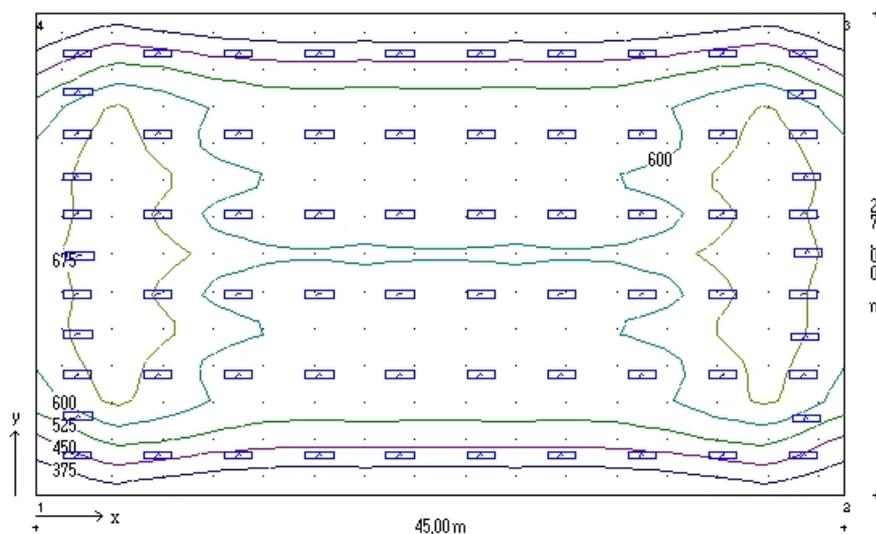


Abbildung 6: Typische Sporthalle bestückt mit 70 Leuchten à 3 x 80 W T5/HO-Lampen

Diese Leuchten wurden häufig in Sporthallen eingesetzt um hohe Lichtstrompakete (3 x 80 W entspricht mindestens 18.450 lm) zu erhalten und so die Leuchtenanzahl gering zu halten. Dabei wurde außer Acht gelassen, dass der Leuchtmittelwirkungsgrad mit 72 bis 77 lm/W deutlich schlechter war als bei Leuchten mit T8-Lampen (91 lm/W) mit elektronischen Vorschaltgeräten.

Betrachtet man die vorstehende Sporthalle ergibt sich eine elektrische Anschlussleistung von 17.850 W. Alternativ ist auch der Einsatz von 70 LED-Leuchten mit 107 W (7.490 W) und 12.800 lm (6,1 W/m²) möglich.

Nimmt man eine Schulsporthalle, mit zusätzlicher Vereinssportnutzung an, sind 3.000 Jahresbetriebsstunden realistisch. Bei einem mittleren Strompreis von 0,24 €/kWh bedeutet dies jährliche Einsparungen von ca. 7.500 €. Es kann daher bei Einsatz neuer LED-Leuchten von einer Amortisationszeit von unter 10 Jahren ausgegangen werden.

Nicht berücksichtigt ist dabei die längere Lebensdauer der LED-Leuchtmittel, die sich zusätzlich noch einmal in Richtung einer kürzeren Amortisationszeit auswirkt. Weitere Einsparungen sind durch eine Helligkeitssteuerung und bedarfsgerechte Schaltung, was sich mit LED-Leuchten einfacher realisieren lässt, möglich.

3.3.2 Anlagen mit T8/58W im Bestand

Wie schon im Abschnitt 3.3.1 ausgeführt, waren stabförmige Leuchtstofflampen T5 / 80 W deutlich ineffizienter als T8-Leuchtstofflampen mit elektronischen Vorschaltgeräten und 36 W bzw. 58 W Nennleistung. Deshalb waren auch im Beispiel der Sporthalle in der AMEV Beleuchtung 2011 Leuchten mit T8-Lampen 58 W vorgesehen (Abbildung 7).

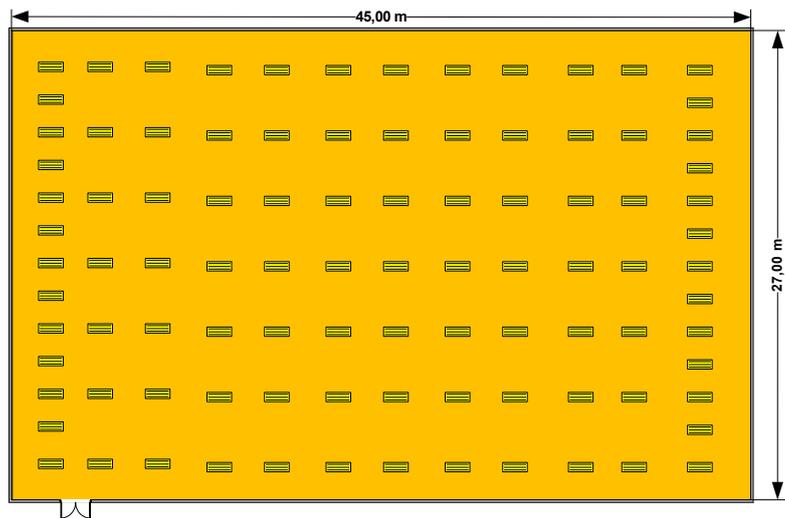


Abbildung 7: Typische Sporthalle mit 96 Leuchten mit 3 x T8/58 W Lampen

Betrachtet man die vorstehende Sporthalle ergibt sich eine elektrische Anschlussleistung von 15.840 W. Alternativ ist auch der Einsatz von 44 LED-Leuchten mit 88 W / 12.000 lm und 40 LED-Leuchten mit 69 W / 9.300 lm (Gesamt 6.632 W; 7,6 W/m²) möglich. Auf Grund des Einsatzes der lichtstärkeren Lampen in den Außenbereichen (Gelb hinterlegt) kann die sonst übliche Endverstärkung entfallen.

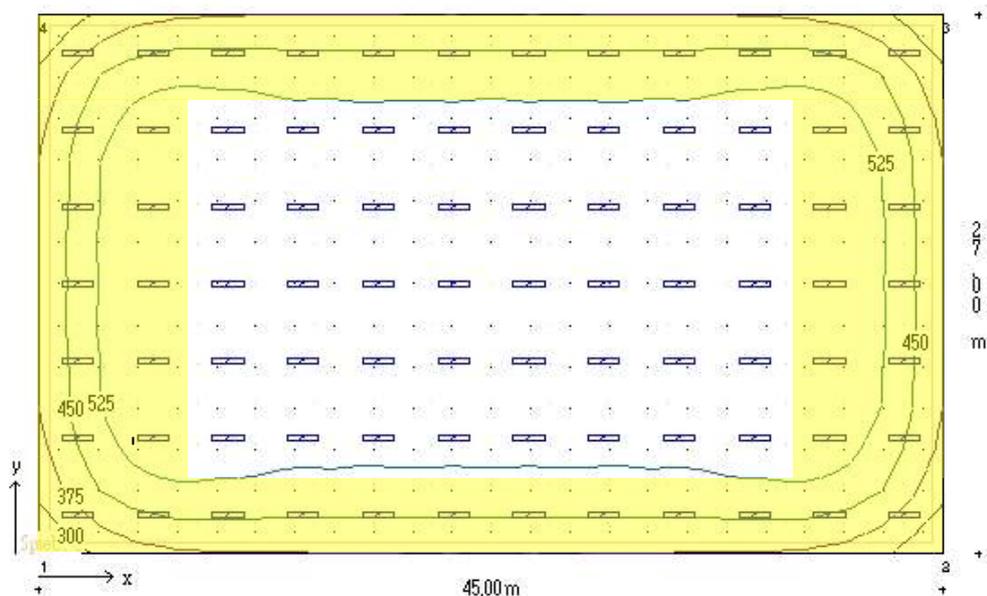


Abbildung 8: Sporthalle mit LED-Leuchten

Nimmt man auch in diesem Beispiel eine Schulsporthalle mit zusätzlicher Vereinssportnutzung an, sind 3.000 Jahresbetriebsstunden realistisch. Bei einem mittleren Strompreis von 0,24 €/kWh bedeutet dies jährliche Einsparungen von ca. 6.600 €. Es kann daher bei Einsatz neuer LED-Leuchten von einer Amortisationszeit von unter 10 Jahren ausgegangen werden. Auch hier nicht berücksichtigt ist dabei die längere Lebensdauer der LED-Leuchtmittel, die sich zusätzlich noch einmal in Richtung einer kürzeren Amortisationszeit auswirkt.

Weitere Einsparungen sind durch eine Helligkeitssteuerung und bedarfsgerechte Schaltung, was sich mit LED-Leuchten einfacher realisieren lässt, möglich.

3.4 Ausphasung von Leuchtmitteln aufgrund weiterer technischer Unzulänglichkeiten

3.4.1 Flimmern und Stroboskopeffekte

Neben der bisher betrachteten Energieeffizienz der Leuchtmittel werden in der Verordnung 2019/2020/EU [3] im Anhang II auch Funktionsanforderungen an Lichtquellen gestellt.

Daher sind von den Herstellern von LED-Leuchtmittel jetzt u. a. auch Anforderungen (Temporal Light Artefakts – TLA [11]) bezüglich Flimmern (Pst LM – Short-Term-Light-Modulation) und Stroboskopeffekten (SVM – Stroboskopic Visibility Measure) einzuhalten. Es wird dabei immer die gesamte Leuchte, bestehend aus Leuchtmittel und Betriebsgerät (Vorschaltgerät), betrachtet.

Als einzuhaltende Grenzwerte wurden in der Ökodesign-Anforderung [3] festgelegt:

- $P_{st\ LM} \leq 1,0$ bei Volllast
- $SVM \leq 0,4$ bei Volllast

Hier wird erwartet, dass u. a. einige z. Zt. noch auf dem Markt befindliche sogenannte „Retro-Fit“ Leuchtmittel diese Anforderungen nicht erfüllen. Derzeit ist unklar, um welche Leuchtmittel es sich dabei handelt.

Die EU-Verordnung fordert nicht, im Gegensatz zu zahlreichen anderen Parametern, die Angabe von Pst LM und SVM auf der Verpackung oder deren Bekanntgabe im Internet.

Eine Liste mit allen neuen Funktionsanforderungen an Lichtquellen gemäß Verordnung 2019/2020/EU ist in Anhang II, Abschnitt 2., Tabelle 4 zu finden.

3.4.2 Quecksilbergehalt

In allen Leuchtstofflampen und auch Natrium-Hochdrucklampen ist Quecksilber (Hg) enthalten. Die EU-Richtlinie 2011/65/EU [12] gibt im Anhang III Grenzwerte vor, die ab dem 1.1.2012 in verschärfter Form, die Lampen einhalten müssen. Die nachfolgende Tabelle 2 zeigt, dass für die Leuchtmittel die entsprechend Tabelle 1 noch bis auf weiteres auf den Markt gebracht werden dürfen, Produkte auf dem Markt sind, die die aktuellen Anforderungen erfüllen. Es ergeben sich also von dieser Seite keine weiteren Beschränkungen.

	P_n/W	$Hg_{zul.}/mg$	Hg_{Markt}/mg
LFL T5-HE	14	3,0	1,9
	21	3,0	1,9
	28	3,0	1,9
	35	3,0	1,2
LFL T5-HO	24	3,0	1,9
	39	3,0	1,9
	49	3,0	1,7
	54	3,0	1,9
	80	3,0	1,7
LFL T 8	18	3,5	2,5
	38	3,5	2,5
	58	3,5	2,5

	P _n /W	Hg _{zul.} /mg	Hg _{Markt} /mg
CFLni	5	2,5	0,0 (quecksilberfrei)
	7	2,5	0,0 (quecksilberfrei)
	9	2,5	1,3
	11	2,5	1,3
	10	2,5	0,0 (quecksilberfrei)
	13	2,5	1,3
	18	2,5	1,3
	26	2,5	1,3
HPS	150	25,0	18,8
	250	30,0	23,1

Tabelle 2: Quecksilbergehalt von Lampen

Der Quecksilbergehalt bei Lampen mit einer Lichtfarbe von 3000 K bzw. 4000 K ist gleich groß.

1	1194/2012/EU	Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Lampen mit gebündeltem Licht, LED-Lampen und dazugehörigen Geräten https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:342:0001:0022:DE:PDF
2	2014/35/EU	Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung elektrischer Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen auf dem Markt https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0035&from=DE
3	2019/2020/EU	Verordnung 2019/2020/EU vom 1. Oktober 2019 zur Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an Lichtquellen und separate Betriebsgeräte https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R2020&from=DE
4	244/2009/EG	Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Haushaltslampen mit ungebündeltem Licht https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:076:0003:0016:DE:PDF
5	245/2009/EG	Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Nicht-Haushaltslampen mit ungebündeltem Licht und zugehörige Leuchten und Vorschaltgeräte https://www.ce-richtlinien.eu/alles/richtlinien/Oekodesign/Richtlinie/Verordnung_Oekodesign_EG_245_2009.pdf
6	34/2014/EU	Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen https://ibexu.de/wp-content/uploads/2016/08/RL_2014_34_EU_140329.pdf
7	347/2010/EG	Änderung der Verordnung (EG) Nr. 245/2009 der Kommission in Bezug auf die Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Leuchtstofflampen ohne eingebautes Vorschaltgerät, Hochdruckentladungslampen sowie Vorschaltgeräte und Leuchten zu ihrem Betrieb https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/EG_Verordnung_Licht_NHu_2.pdf
8	65/2011/EU	Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:174:0088:0110:DE:PDF

9	Beleuchtung 2019	AMEV Empfehlung Beleuchtung 2019 - Hinweise für die Beleuchtung öffentlicher Gebäude https://www.amev-online.de/AMEVInhalt/Planen/Elektrotechnik/Beleuchtung%202019/
10	LBS	ZVEI – Lampenbezeichnungssystem https://de.wikipedia.org/wiki/Lampenbezeichnungssystem
11	TLA	ZVEI – Temporal Light Artefacts https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2017/Maerz/ZVEI_Info_Tempororal_Light_Artefacts_2017_03_01/ZVEI-Info-Tempororal_Light_Artefacts-2017-03-01.pdf
12	ZVEI	Informationsschrift des ZVEI „Ökodesign, Energieverbrauchskennzeichnung, EPRL-Datenbank“ https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2020/August/Licht_Oekodesign-Energieverbrauchskennzeichnung-EPREL/ZVEI_IB_Oekodesign_Energieverbrauchskennzeichnung_EPREL-Datenbank_Download_NEU.pdf
12	2011/65/EU	Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:174:0088:0110:DE:PDF

5 Mitarbeiter

Ralf Speier Obmann	Eigenbetrieb Immobilienmanagement Darmstadt Darmstadt
Latif Ayesh	Niedersächsisches Landesamt für Bau und Liegenschaften Hannover
Reiner Dehne	Behörde für Umwelt und Energie Freie und Hansestadt Hamburg
Gabriel Handke	Landesbetrieb Liegenschafts- und Baubetreuung, Niederlassung Diez Diez
Jürgen Kroll	Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung des Landes Nordrhein-Westfalen Düsseldorf
Timo Lütke-Verspohl	Oberfinanzdirektion Nordrhein-Westfalen, Bauabteilung Münster
Wilfried Müller	Niedersächsisches Landesamt für Bau und Liegenschaften Hannover
Pay Scharfenberg	Finanzministerium Schleswig-Holstein, Amt für Bundesbau Kiel
Torsten Schaft	Staatliches Bau- und Liegenschaftsamt Greifswald Greifswald

Anlage 1 – Berechnungsbeispiel

Kompaktleuchtstofflampen mit externem Vorschaltgerät und CFLI 2 Stiftsockel

	Leuchte 1 alt	Leuchte 2 alt	Leuchte 1 neu	Leuchte 2 neu	
Leuchten	2 * 11 W		2100 lm		
Energiekosten	Alt		Neu		Einsparung
Leuchtenleistung (incl. VG)	0,028 kW		0,016 kW		
Leuchtenanzahl	11 Stück		6 Stück		
Lampen je Leuchte	2 Stück		1 Stück		
Jahresbetriebsstunden	1500 h		1500 h		
Einsparung Bewegungsmelder, Lichtregelung	0%		0%		0%
Verbrauch	462 kWh/a		144 kWh/a		318 kWh/a
Stromkosten	0,24 €/kWh		0,24 €/kWh		0,24 €/kWh
Gesamtstromkosten	110,88 €/a		34,56 €/a		76,32 €
Leuchtmittelkosten					
Lampe	5,00 €		50,00 €		
Lampenwechsel	10,00 €		20,00 €		
Lebensdauer*)	10000 h		50000 h		
Gesamtleuchtmittelkosten	49,50 €/a		12,60 €/a		36,90 €
Summe	*) Werte aus AMEV Beleuchtung 2011 annehmen bzw. den entsprechenden Registerkarten				113,22 €
Amortisation					
Kosten					900,00 €
Amortisationszeit					7,95 Jahre
Emission	401 g CO ₂ /kWh		CO₂ Einsparung		128 kg/Jahr