



---

## **Bestandsaufnahme Energieeffiziente Beleuchtung**

---

**Materialien für die Weiterbildung  
zum/zur Gebäudeenergieberater/-in (HWK)**

# Bestandsaufnahme

## Energieeffiziente Beleuchtung

---

Handlungsfeld: Bestandsaufnahme

Lerneinheit: Energieeffiziente Beleuchtung

Stand: 25.05.2016

ID (Abk.): BSA\_EEB

Herausgeber: BTZ der Handwerkskammer Berlin und IZT Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung

Autor/-innen: Kamburow, Christian; Scharp, Michael

Offline nutzbar: ja

Online nutzbar: ja

Typ: Text

Umfang (Dauer Min. /Seiten): 35 / 29

Technische Voraussetzungen: Computer und/oder Drucker, Tablet, Smartphone

Kurzbeschreibung: In der Lerneinheit „Bestandsaufnahme / Energieeffiziente Beleuchtung“ wird die Bedeutung der Beleuchtung im Wohnbereich behandelt, die wesentlichen lichttechnischen Begriffe und die Zusammenhänge zwischen diesen dargestellt. Es werden die unterschiedlichen Leuchtmitteltypen vorgestellt mit typischen elektrotechnischen Merkmalen.

Unterrichtsaktivitäten: Dieser Lernstoff ist kursbegleitend zur Präsenzveranstaltung. Der Dozent / die Dozentin wird den Lernstoff kurz wiederholen und Sie können Fragen stellen.

Nutzung zum Selbstlernen: Bitte lesen Sie sich das Material eigenständig durch. Notieren Sie sich Fragen zur Vorbereitung auf die Präsenzphase.

## **Inhalt**

1. Gesamtenergiebedarf für die Beleuchtung von Wohngebäuden .....	4
2. Grundlagen und Begriffe der Beleuchtungstechnik .....	7
3. Glühlampe .....	12
4. Kompaktleuchtstofflampen.....	13
5. Stabförmige Leuchtstofflampen .....	16
6. Halogenlampen.....	17
7. Leuchtdioden-Lampen – LED .....	20
8. Vergleich unterschiedlicher Leuchtmittel .....	22
Zusammenfassung .....	24
Quellenverzeichnis .....	25
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis .....	25
Glossar.....	27
Impressum .....	29

# 1. Gesamtenergiebedarf für die Beleuchtung von Wohngebäuden

## Lernziele

Beschreiben, des Stromverbrauchs der elektrischen Beleuchtung im Wohnbereich in Deutschland.

## Schlagworte

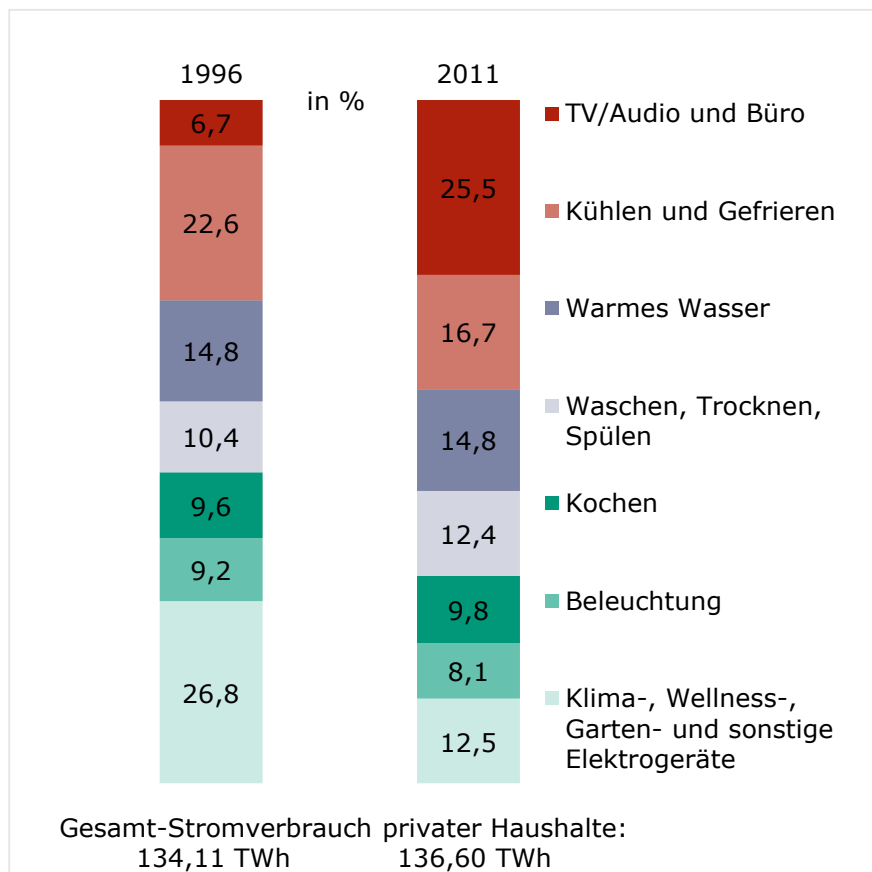
Beleuchtung, Stromverbrauch

## Inhalt

Bei der energetischen Bewertung der elektrischen Beleuchtung am Gesamtenergiebedarf eines Gebäudes muss grundsätzlich zwischen Wohn- und Nichtwohngebäude unterschieden werden. Der elektrische Endenergiebedarf für Beleuchtungszwecke ist in Wohngebäuden im Regelfall geringer als bei Nichtwohngebäuden. An dieser Stelle erfolgt ausschließlich die Betrachtung von Wohngebäuden.

Bei Wohngebäuden beträgt die durchschnittliche Haushaltsgröße rund 2 Personen pro Haushalt (Stand 2012, Statistisches Bundesamt 2012). Der durchschnittliche elektrische Endenergiebedarf je Haushalt variiert je nach Gebäudeart und Haushaltsgröße.

**Abb.: Entwicklung des Stromverbrauchs der privaten Haushalte von 1996 bis 2011**

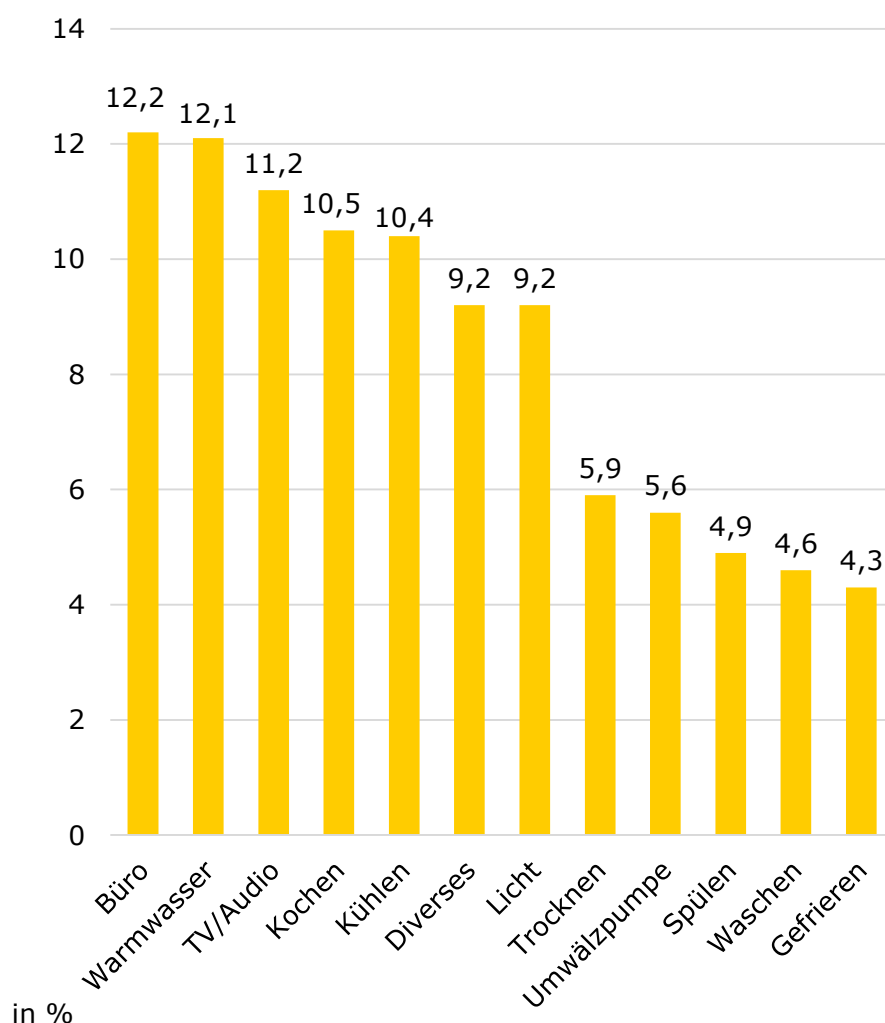


Quelle: Eigene Abbildung nach BDEW 2014

Der Bruttostromverbrauch in Deutschland betrug im Jahre 2011 rund 607 TWh. Hiervon entfallen rund 23% bzw. rund 137 TWh auf die privaten Haushalte bzw. Wohngebäude. Die elektrische Beleuchtung macht mit rund 11 TWh rund 2 % des Bruttostromverbrauchs Deutschlands aus.

Betrachtet man die unterschiedlichen Anwendungsbereiche von Strom in Haushalten im Jahre 2015, so zeigt sich, dass der Anteil der elektrischen Beleuchtung am Gesamtstromverbrauch eines privaten Haushalts rund 10 % beträgt. Das Einsparpotenzial durch effizientere Beleuchtung ist damit bei Wohngebäuden zwar relevant, aber sollte nicht überbewertet werden.

**Abb.: Stromverbrauch im Haushalt im Jahre 2015 (in %)**



Quelle: Eigene Abbildung nach EnergieAgentur NRW 2015. Stromverbrauch für Warmwasser: deutschlandweiter Schnitt über alle Haushalte deren Warmwasserbereitung sowohl mit als auch ohne elektrische Anlagen (Durchlauferhitzer o.ä.) bereitgestellt wird.

Für die Beleuchtung eines Muster-Einfamilienhauses mit beispielsweise 4 Personen, einer beheizten Nutzfläche von 195 qm und 4.500 kWh gesamtem jährlichen Endenergiebedarf für Strom, ergibt sich ein Endenergiebedarf von 2 bis 3 kWh/m<sup>2</sup>a und somit ca. 450 kWh jährlich. Zum Vergleich: Wenn eine Familie ca. 1.000 Stunden Fernsehen pro Jahr (ca. 3 Stunden pro Tag) schaut und hierbei ein modernes Fernsehgerät mit einer Leistungsaufnahme von ca. 60

Watt nutzt, dann ergibt sich ein elektrischer Endenergieverbrauch von ca. 60 kWh jährlich, eine große Kühl-Gefrierkombination verbraucht ca. 200 kWh pro Jahr.

## 2. Grundlagen und Begriffe der Beleuchtungstechnik

### Lernziele

Beschreiben, der physikalischen Einheiten und Grundbegriffe der Beleuchtungstechnik.

### Schlagworte

Licht, Lichtspektrum, Lichtstrom, Lichtstärke, Farbwiedergabe, Farbtemperatur

### Inhalt

Zur eindeutigen Beschreibung technischer Sachverhalte im Anwendungsbereich der Beleuchtungstechnik ist es essentiell den Fachterminus sowie die grundlegenden physikalischen Größen und Einheiten zu kennen.

### **Lampe/Leuchtmittel**

Die Lampe bzw. das Leuchtmittel ist die Quelle elektromagnetischer Strahlung, meist im sichtbaren Bereich. Sie ist der Teil der Leuchte, der die elektrische Energie in elektromagnetische Strahlung umwandelt. Den für den Menschen sichtbaren Bereich der elektromagnetischen Strahlung wird als Licht bezeichnet und ist für die Beleuchtungstechnik von Bedeutung.

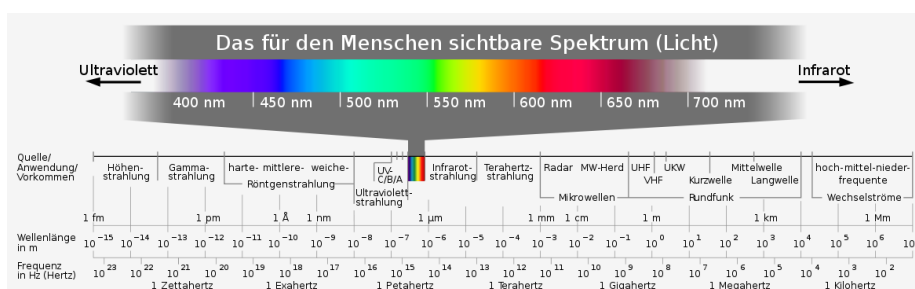
### **Leuchte**

Die Leuchte ist ein elektrisches Betriebsmittel, das dazu dient Licht zu erzeugen. Die Leuchte ist eine Vorrichtung, in der die Lampe bzw. das Leuchtmittel fest verbaut oder eingebaut werden kann.

### **Licht**

Das Licht ist der für das menschliche Auge sichtbare Teil der elektromagnetischen Strahlung. Im elektromagnetischen Spektrum umfasst der Bereich des Lichts Wellenlängen von etwa 380 nm bis 780 nm. Dies entspricht Frequenzen von etwa 789 THz bis 384 THz.

### **Abb.: Lichtspektrum**



Quelle: Wikimedia: Horst Frank / Phrood / Anony

### **Elektrische Leistungsaufnahme**

Die elektrische Leistungsaufnahme ist eine Größe, die den elektrischen Endenergiebedarf einer Leuchte bestimmt. Diese beinhaltet die Umwandlungsverluste der Beleuchtungsart.

- Kurzzeichen:  $P_{el}$
- Maßeinheit: W (Watt)

### Lichtstrom

Der Lichtstrom beschreibt die von einer Lichtquelle abgegebene Strahlungsenergie im sichtbaren Bereich.

- Kurzzeichen:  $\phi_v$  (phi)
- Maßeinheit: lm (Lumen)

Die folgende Tabelle zeigt Beispiele für den typischen Lichtstrom von verschiedenen Beleuchtungsarten:

**Tab.: Beleuchtungsarten und korrespondierende Lichtstromwerte**

Beleuchtungs-technologie	Elektrische Leistung [W]	Lichtstrom $\phi_v$ [lm]
Glühlampe	25	230
Glühlampe	60	730
Glühlampe	75	960
Halogenlampe	18	150
Halogenlampe	42	600
Halogenlampe	70	1200
Kompakt-Leuchtstofflampe	18	1000
Kompakt-Leuchtstofflampe	24	1450
Kompakt-Leuchtstofflampe	32	2000
LED-Lampe	6	320
LED-Lampe	9	450
LED-Lampe	17	1050

Quelle: Eigene Darstellung nach Wikipedia o.J.: Lichtquelle

### Lichtstärke

Die Lichtstärke beschreibt die Menge des Lichts, die in eine bestimmte Richtung abgestrahlt wird.

- Kurzzeichen:  $I_v$
- Maßeinheit: cd (Candela)

### Beleuchtungsstärke

Die Beleuchtungsstärke ist die Menge des Lichtstroms, die auf eine bestimmte Fläche auftritt.

- Kurzzeichen:  $E_v$
- Maßeinheit: lx (Lux)

### Lichtausbeute

Die Lichtausbeute ist ein Maß für die Effizienz einer Lichtquelle. Sie wird aus dem Quotienten des ausgesandten Lichtstroms und der dafür aufgewendeten elektrischen Leistung ermittelt. Die theoretische Obergrenze der Lichtausbeute beträgt 673 lm/W.

- Kurzzeichen:  $\eta$  (eta)
- Maßeinheit: lm/W (Lumen pro Watt)



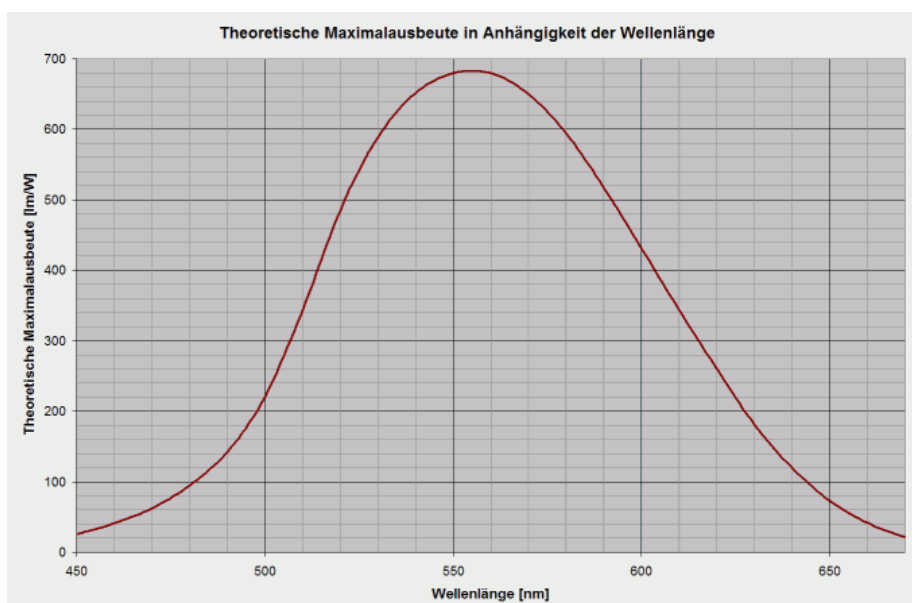
**Tab.: Beispiel für die typische Lichtausbeute verschiedener Beleuchtungsarten**

Beleuchtungsart	Lichtausbeute $\eta$ [lm/W]
Glühlampe	10 bis 15
Halogenlampe	15 bis 25
Leuchtstofflampe	60 bis 100
LED-Lampe	60 bis 140

Quelle: Eigene Darstellung

Die theoretisch maximal erzielbare Lichtausbeute ist abhängig von der Wellenlänge. Die Lichtausbeute ist stark von der Lichtfarbe abhängig, bei warmweißen LED liegt sie deutlich unter der von kaltweißen.

**Abb.: Theoretische maximale Lichtausbeute in Abhängigkeit der Wellenlänge**



Quelle: Wikimedia: Frank Klemm

### Farbwiedergabeindex

Der Farbwiedergabeindex ist die Auswirkung einer Lichtart auf den Farbeindruck von Objekten. Er beschreibt die Qualität der Farbwiedergabe von Lichtquellen gleicher Farbtemperatur. Das Index-a steht für den allgemeinen Farbwiedergabeindex, der nur die Werte der ersten acht Testfarben nach DIN 6169 berücksichtigt. Je nach Anwendungsumgebung werden normativ unterschiedliche Indexwerte vorgegeben, z.B. für Arbeitsplätze, Wohnbereiche, öffentlichen Räumen etc.

- Kurzzeichen:  $R_a$

**Tab.: Farbwiedergabeindex einiger Leuchtmittel**

Leuchtmittel	Ausführung	Index R <sub>a</sub>
Glühlampe		bis 100
Halogen-Lampe		60 bis 95
Leuchtstofflampe	weiß de Luxe	85 bis 100
	weiß	70 bis 84
	Standard	50 bis 90
LED-Lampe	weiß	80 bis 97

Quelle: Eigene Darstellung nach Wikipedia o.J.

### Farbtemperatur

Die Farbtemperatur ist ein Maß, um einen jeweiligen Farbeindruck einer Lichtquelle quantitativ zu bestimmen.

- Kurzzeichen: T<sub>C</sub>
- Maßeinheit: K (Kelvin)

**Tab.: Kennzeichnung von Lichtfarbe und Farbwiedergabe (beispielhafte Auswahl möglicher Kombinationen bei üblichen Leuchtmitteln)**

Typ	Farbtemperatur	Bezeichnung	Farbwiedergabe-Index R <sub>a</sub>
827	2.700 K	extra warmweiß („sehr gemütlich“)	80-90
830	3.000 K	warmweiß	80-90
840	4.000 K	neutralweiß	80-90
860	6.000 K	tageslichtweiß („sehr sachlich“)	80-90
965	6.500 K	„Vollspektrum“	Über 90
640	4.000 K	„neutralweiß“ „cool-white“	62

Quelle: Eigene Abbildung nach: SAENA 2014. Spalte Typ: dreistelliger Zifferncode oft verwendet zur Charakterisierung von Lichtfarbe und Farbwiedergabequalität von LEDs, Leuchtstofflampen, Energiesparlampen. Erste Ziffer: Kennzeichnung Farbwiedergabeindex. Zweite und dritte Ziffer: Kennzeichnung Farbtemperatur.

### Reflexionsgrad

Der Reflexionsgrad ist der Anteil des zurückgeworfenen Lichtstroms vom auffallenden Lichtstrom.

- Kurzzeichen: ρ (roh)
- Maßeinheit: 1

### Transmissionsgrad

Der Transmissionsgrad ist der Anteil des durchgelassenen Lichtstroms vom auffallenden Lichtstrom.

- Kurzzeichen: τ (tau)
- Maßeinheit: 1

### **Absorptionsgrad**

Der Absorptionsgrad ist der Anteil des in Wärme umgewandelten bzw. absorbierten Lichtstroms vom auffallenden Lichtstrom.

- Kurzzeichen:  $\alpha$  (alpha)
- Maßeinheit: 1

### **Vorschaltgerät**

Das Vorschaltgerät ist ein elektrisches Gerät, das die Netzspannung in die jeweilige erforderliche Betriebsspannung der Lampe umwandelt. Vorschaltgeräte wurden ursprünglich überwiegend bei Leuchtstofflampen eingesetzt, dabei werden konventionelle (KVG) und elektronische (EVG) Vorschaltgeräte unterschieden. Neuerdings werden Vorschaltgeräte auch bei LED und Halogenlampen eingesetzt.

### **3. Glühlampe**

#### Lernziele

Aufzählen, der Eigenschaften von Glühlampen.

#### Schlagworte

Glühlampen

#### Inhalt

Angesichts der geringen Lichtausbeute wurden Glühlampen in der EU bis 2012 schrittweise vom Markt genommen. Dies wurde in der Verordnung Nr. 244/2009 „Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Haushaltslampen mit ungebündeltem Licht“ geregelt, die am 13. April 2009 in Kraft getreten ist. Ausgenommen von dieser Regelung sind Speziallampen für Backöfen und Kühlschränke sowie Reflektorlampen etc. Es sind derzeit immer noch Glühlampen am Markt im Sinne der Ausnahmeregelungen erhältlich. Unter anderem werden diese mit dem Hinweis vertrieben, dass sie nicht für haushaltsübliche Anwendungen eingesetzt werden dürfen.

## 4. Kompaktleuchtstofflampen

### Lernziele

Beschreiben, der Eigenschaften sowie der Vor- und Nachteile von Kompaktleuchtstofflampen.

### Schlagworte

Kompaktleuchtstofflampe, Leuchtstofflampe, Quecksilberdampf-Niederdrucklampe

### Inhalt

Die Kompaktleuchtstofflampe zählt zu den Leuchtstofflampen. Sie zählt zu den Quecksilberdampf-Niederdrucklampen. Kompaktleuchtstofflampen sind seit Anfang der 1980er Jahre am Markt; ihre technische Entwicklung gilt weitgehend als abgeschlossen. Die Effizienz liegt heute bei etwa 50 bis 60 lm/W, was etwa 80 % Energieeinsparung gegenüber Glühlampen bedeutet. Die mittlere Lebensdauer liegt zwischen 5.000 bis 15.000 Stunden. Allerdings bewirken häufige Schaltzyklen eine deutlich geringere Lebensdauer. Auch eine hohe Betriebstemperatur (durch geringe Kühlung zum Beispiel bei geschlossenen Einbauleuchten) reduziert die Lebensdauer stark. Kompaktleuchtstofflampen enthalten Quecksilber, ein für Menschen giftiges Schwermetall. Sie müssen daher aufwändig entsorgt werden. Defekte Lampen dürfen nur von zertifizierten Sammelstellen zurückgenommen und nicht im Hausmüll entsorgt werden. In der Bauform unterscheiden sich Kompaktleuchtstofflampen deutlich von anderen Lampenarten. Sie sind meist größer als vergleichbare Glühlampen. Ein klarer Glaskolben ist technisch nicht möglich, da die primäre Emission im UV-Bereich erfolgt und ein zusätzlicher, matter Leuchtstoff im Inneren der Gasentladungsröhre zur Umwandlung in sichtbares Licht benötigt wird. Das Lichtspektrum ist außerdem weniger gleichmäßig (also diskontinuierlich) als bei Glühlampen, dadurch ist die Erkennbarkeit von Farben weniger gut. Nutzer haben subjektiv den Eindruck eines „kälteren“ Lichts, auch wenn die Farbtemperatur die Gleiche ist. Kompaktleuchtstofflampen gibt es mit externem und integriertem Vorschaltgerät.

### **Kompaktleuchtstofflampen mit integriertem Vorschaltgerät**

Kompaktleuchtstofflampen mit integriertem Vorschaltgerät werden auch Energiesparlampen genannt. Ausgestattet mit den klassischen Schraubsockeln E14 und E27, sind sie die energiesparende Alternative beim direkten Austausch von Glühlampen. Ihre etwas höheren Anschaffungskosten amortisieren sich in kurzer Zeit, da bei gleicher Lichtausbeute, die elektrische Leistung – beispielsweise 11 statt 60 Watt – verhältnismäßig gering ist.

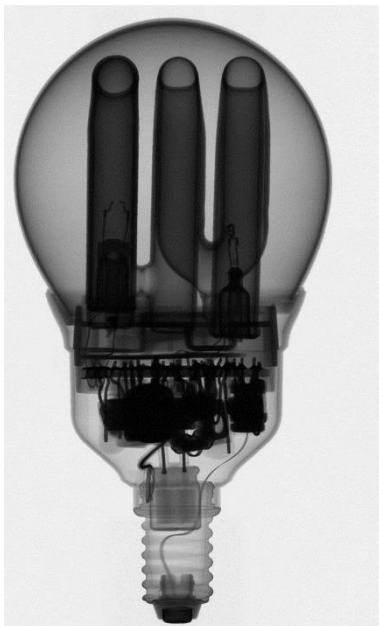
Kompaktleuchtstofflampen mit integriertem Vorschaltgerät haben eine lange mittlere Lebensdauer, können aber bis auf wenige Ausnahmen nicht gedimmt werden. Die Vorteile der Kompaktleuchtstofflampe sind: Hohe Lichtausbeute, lange mittlere Lebensdauer, geringe Abmessungen und wenig Gewicht, flackerfreier Sofortstart.

### **Tab.: Typische Merkmale von Kompaktleuchtstofflampen mit integriertem Vorschaltgerät**

	Mit Schraubsockel E27	Mit Schraubsockel E14	„Birnenform“
Elektrische Leistung (Watt)	5-23	3-11	5-15
Lichtstrom (Lumen)	240-1.500	100-600	200-900
Lichtausbeute (Lumen/ Watt)	48-65	33-55	40-60
Lichtfarbe	Warmweiß		
Farbwiedergabe-Index $R_a$	$\geq 90$		

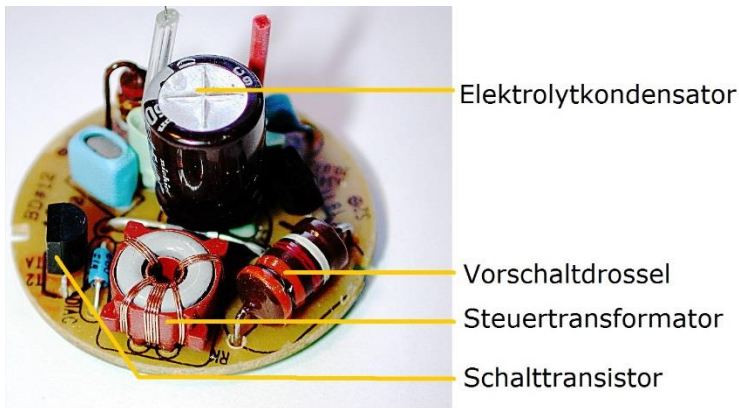
Quelle: Eigene Darstellung nach licht.de o.J.a

**Abb.: Röntgenaufnahme einer Kompaktleuchtstofflampe**



Quelle: Wikimedia: SecretDisc

**Abb.: Vorschaltgerät einer Kompaktleuchtstofflampe**



Quelle: Eigene Bearbeitung von Wikimedia: Michael Schönlitzer

### Kompaktleuchtstofflampen ohne integriertes Vorschaltgerät

Stecksockel kennzeichnen Kompaktleuchtstofflampen ohne integriertes Vorschaltgerät. Insbesondere bei gewerblichen Anwendungen sind diese kurzen und kompakten Lampen inzwischen die übliche Alternative zu stabförmigen Leuchtstofflampen. Das externe Vorschaltgerät ist meistens in der Leuchte mit eingebaut.

**Tab.: Typische Merkmale von Kompaktleuchtstofflampen ohne integriertes Vorschaltgerät**

	2-,4- und 6-Rohr- Rohr- lampe	4-Rohr- lampe flach	2-Rohr- lampe flach
Elektrische Leistung (Watt)	5-42	18-36	18-80
Lichtstrom (Lumen)	250-3.200	1.100-2.800	1.200-6.000
Lichtausbeute (Lumen/Watt)	50-76	61-78	67-88
Lichtfarbe	Warmweiß, tageslicht		
Farbwiedergabe- Index $R_a$	80-90		

Quelle: Eigene Darstellung nach licht.de o.J.a

## 5. Stabförmige Leuchtstofflampen

### Lernziele

Beschreiben, der Eigenschaften sowie der Vor- und Nachteile von stabförmigen Leuchtstofflampen.

### Schlagworte

Stabförmige Leuchtstofflampen, Vorschaltgerät, EVG

### Inhalt

Stabförmige Leuchtstofflampen haben eine hohe Lichtausbeute, gute Farbwiedergabeeigenschaften und eine lange mittlere Lebensdauer. Optimierte Leuchtstoffe und moderne Beschichtungsverfahren stabilisieren den Lichtstrom im hohen Maße über die gesamte Lebensdauer. Der Betrieb mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) erhöht die Effizienz und erhöht die Lebensdauer dieser Lampen deutlich.

Ein EVG schafft zudem Beleuchtungskomfort: Die Lampen starten schneller, geräuschloser und flackerfrei, geben konstantes, ruhiges Licht ohne Elektrodenflimmern und stroboskopische Effekte ab, defekte Lampen werden automatisch abgeschaltet. Mit speziellen EVGs können stabförmige Leuchtstofflampen gedimmt oder tageslichtabhängig geregelt werden.

Leuchtstofflampen mit Ø 16 mm Durchmesser werden ausschließlich mit EVG betrieben. Sie gelten zunehmend als Alternative zu den Ø 26 mm-Lampen, nicht zuletzt, weil ihre Lichtausbeute höher und die Lebensdauer länger ist.

Das Angebot der stabförmigen Leuchtstofflampen wird ergänzt durch schmale Ausführungen mit 7 mm Durchmesser, überwiegend eingesetzt als Möbelanbau-, Möbeleinbau- und Bilderleuchten sowie durch Ø 38 mm-Lampen. Hierzu gibt es Speziallampen zur Beleuchtung von Lager- oder Betriebsräumen mit explosionsgefährdeten Gütern oder zur Anwendung in Tiefkühlräumen.

**Tab.: Typische Merkmale von stabförmigen Leuchtstofflampen**

	Ø 26 mm	Ø 16 mm hohe Lichtausbeute	Ø 16 mm hoher Lichtstrom
Elektrische Leistung (Watt)	18-58	14-35	24-80
Lichtstrom (Lumen)	1.350-5.200	1.350-3.650	2.000-7.000
Lichtausbeute (Lumen/ Watt)	75-93	96-104	83-93
Lichtfarbe	Warmweiß, neutralweiß, tageslicht		
Farbwiedergabe -Index Ra	80-90		

Quelle: Eigene Darstellung nach licht.de o.J.b



## 6. Halogenlampen

### Lernziele

Beschreiben, der Eigenschaften sowie der Vor- und Nachteile von Halogenlampen.

### Schlagworte

Halogenlampe, Halogen-Metall dampflampen

### Inhalt

Halogenlampen sind Glühlampen, die aufgrund des verwendeten Halogens Iod mit einer höheren Betriebstemperatur betrieben werden können als Glühlampen. Dadurch ist die Effizienz bzw. die Lichtausbeute bei gleicher Leistungsaufnahme höher. Diese Lampe ist etwa 33 % sparsamer als eine Glühlampe (Beispiel: 20 Watt Leistungsaufnahme; Lichtausbeute wie eine 30 Watt Glühlampe). Die mittlere Lebensdauer beträgt ca. 2.000 bis 3.000 Stunden. Starkes Dimmen reduziert die Lebensdauer erheblich, da der Halogeneffekt, der verdampftes Halogen zurück zum Glühfaden transportiert, eine Mindesttemperatur an der Kolbeninnenwand benötigt, die beim Dimmen nicht oder nur eingeschränkt erreicht wird.

Halogen-Metall dampflampen sind eine Weiterentwicklung der Quecksilberdampf-Hochdrucklampe. Durch Zusätze von Halogenverbindungen verschiedener Metalle erhöhen sich die Leistungsmerkmale. Halogen-Metall dampflampen haben eine hohe Lichtausbeute und gute Farbwiedergabeeigenschaften.

### **Halogen-Metall dampflampen mit Reflektor**

Halogenlampen mit Reflektor gibt es in Leistungsstufen bis 150 W, mit Schraubsockel E27, mit Stecksockel, für offene oder geschlossene Leuchten sowie mit Ausstrahlungswinkeln zwischen 10 und 75 Grad.

Sie benötigen auf den jeweiligen Typ abgestimmte Zünd- bzw. Vorschaltgeräte. Alle Halogen-Metall dampflampen mit Reflektor können an EVG betrieben werden. Der Vorteil sind bessere Farbkonstanz und kein Lichtflimmern. Ein zusätzliches Zündgerät ist nicht erforderlich. Die schonende Zündung durch das EVG verlängert die Lebensdauer. Das Dimmen dieser Lampen ist nicht möglich.

**Tab.: Typische Merkmale von Halogen-Metall dampflampen mit Reflektor**

Elektrische Leistung (Watt)	35-150
Lichtstrom (Lumen)	2.000-11.000
Lichtausbeute (Lumen/ Watt)	57-73
Lichtfarbe	Warmweiß
Farbwiedergabe-Index $R_a$	<95

Quelle: Eigene Darstellung nach licht.de o.J.c

### **Halogen-Metalldampflampen ohne Reflektor**

Halogenlampen ohne Reflektor gibt es mit Ellipsoidkolben, in Röhrenform und als zweiseitig gesockelte Ausführung. Die hohen Leistungsstufen eignen sich besonders zum Hervorheben von Objekten, für Sportstättenbeleuchtung und hohe Industriehallen. Halogen-Metalldampflampen niedriger Leistung mit transparentem Keramikbrenner zeichnen sich durch verbesserte Farbqualität aus. Sie haben eine sehr gute Farbwiedergabe und eine konstante Lichtfarbe über die gesamte Lebensdauer. Ihr Einsatzgebiet ist zum Beispiel die Verkaufsraum- und Schaufensterbeleuchtung.

Halogenlampen bis 150 W können an EVG betrieben werden. Die Vorteile sind bessere Farbkonstanz und kein Lichtflimmern. Das Dimmen von Halogen-Metalldampflampen erfordert zusätzliche Technik, beim Dimmen sind Verfälschungen der Lichtfarbe nicht auszuschließen. Für einige Lampentypen wurden inzwischen dimmbare EVG entwickelt.

### **Abb.: Halogen-Metalldampflampen mit Schraubsockel**



Quelle: Wikimedia: BLammel

### **Abb: Halogen-Metalldampflampe in Leuchte mit Stecksockel**



Quelle: Wikimedia: Schlechtwetter

**Tab.: Typische Merkmale von Halogen-Metalldampflampen ohne Reflektor**

	Mit Schraub- sockel	Mit Steck- sockel	Zweiseitig gesockelt
Elektrische Leistung (Watt)	70-1.000	35-150	70-250
Lichtstrom (Lumen)	5.000- 80.000	3.000- 12.000	5.000- 20.000
Lichtausbeute (Lumen/ Watt)	68-80	77-80	67-80
Lichtfarbe	warmweiß, neutralweiß		
Farbwiedergabe- Index R <sub>a</sub>	80<90=90		

Quelle: Eigene Darstellung nach licht.de o.J.c

## **7. Leuchtdioden-Lampen – LED**

### Lernziele

Beschreiben, der Eigenschaften sowie der Vor- und Nachteile von LED.

### Schlagworte

LED, Leuchtdioden, Licht emittierenden Dioden

### Inhalt

Handelsübliche Leuchtdioden-Lampen (Licht-emittierende Dioden, LED) haben eine Effizienz von über 80 lm/W. Damit sind sie mindestens sechsmal effizienter als eine Glühlampe (Stromeinsparung also mindestens 83 %). Allgemein wird eine Mindest-Lebensdauer von 25.000 Betriebsstunden und über 12.500 mögliche Ein- und Ausschaltvorgänge genannt. Die Angaben auf den Verpackungen lautet beispielsweise 15 Jahre Lebensdauer. Als nutzbare Lebensdauer (Licht-Degradation) einer LED gilt die Zeit, nach der der Lichtstrom auf 80 Prozent des Anfangswertes abgesunken ist. Seit 2011 werden auf der Verpackung - neben dem elektrischen Leistungsbedarf, meist Lichtstrom, Farbtemperatur und Farbwiedergabe angegeben.

Die Lichterzeugung findet bei Licht emittierenden Dioden (LEDs) in einem Halbleiterkristall statt, der elektrisch zum Leuchten angeregt wird (Elektrolumineszenz). Wenn durch die Diode Strom in Durchlassrichtung fließt, strahlt sie Licht ab (Infrarotstrahlung als Infrarotleuchtdiode oder auch Ultraviolettstrahlung mit einer vom Halbleitermaterial und der Dotierung abhängigen Wellenlänge). Ein Gehäuse schützt den Halbleiter vor Umwelteinflüssen.

LEDs erzeugen monochromatische Strahlung. Der Farbton des LED-Lichts wird durch die dominante Wellenlänge definiert. Es gibt LEDs in den Farben Rot, Orange, Gelb, Grün und Blau. Weißes Licht entsteht entweder durch additive Farbmischung der drei RGB-Farben (Rot, Grün, Blau) oder mit Hilfe des von der Leuchtstofflampe bekannten Konversionsprinzips. Dabei regt das Licht einer blauen LED einen Leuchtstoff an, der einen Teil des blauen in gelbes Licht umwandelt. Die Überlagerung des nicht absorbierten, blauen Lichts mit dem emittierten gelben Licht ergibt weißes Licht.

LEDs sind äußerst effizient. Die Lichtausbeute von weißen LED-Lampen erreicht heute über 80 lm/W. Hiervon zu unterscheiden sind die LED-Chips, also den nicht-konfektionierten Bauelementen, wo im Labormaßstab inzwischen Lichtausbeuten von bis zu 300 lm/W erreicht werden. Durch den Einsatz in Leuchtmitteln mit einschränkenden thermischen und optischen Bedingungen ergeben sich Lichtausbeuten von 80-100 lm/W. Die Lichtintensität von LEDs nimmt nur ganz langsam ab (Degradation), Totalausfälle sind selten. Zu hohe Betriebs- oder Umgebungstemperaturen verringern die Lebensdauer erheblich. Die Lebensdauer orientiert sich an einer Absenkung des Lichtstroms auf 80 Prozent des ursprünglichen Wertes.

Defekte oder ausgediente LED-Lampen müssen in Deutschland als Elektronikschrott entsorgt werden, obwohl sie keine Schadstoffe oder Schwermetalle enthalten. Auch ist keine spezielle Entsorgung wie bei Kompaktleuchtstofflampen nötig.

LEDs können als die dominierende Beleuchtungstechnik im Wohngebäudebereich angesehen werden. Andere Beleuchtungstechniken werden, außer für Sonderanwendungen, an Bedeutung verlieren.

## **OLED**

OLED, s.g. organische Leuchtdioden, sind seit einigen Jahren in der Entwicklung als weitere hochgradig energie-effiziente Beleuchtungstechnologie. Trotz Ankündigungen in der Vergangenheit, sind keine Marktprodukte verfügbar und es erscheint fraglich, inwieweit und wann Produkte im Endkundenbereich verfügbar sein werden.

## 8. Vergleich unterschiedlicher Leuchtmittel

### Lernziele

Vergleichen, der unterschiedlichen Leuchtmitteltypen hinsichtlich ihrer Energieeffizienz.

### Schlagworte

Energieeffizienz, Energiesparlampe, Glühlampe, Halogenlampe, Kompaktleuchtstofflampe, LED, Leistungsaufnahme, Leuchtmitteltypen, Leuchtstofflampe, Lichtausbeute, Lichtstrom, Lumen

### Inhalt

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die elektrische Leistungsaufnahme verschiedener Leuchtmitteltypen mit gleicher Helligkeit (physikalisch: Lichtstrom, in Lumen) wie eine 60 W-Glühlampe. Es ist deutlich zu erkennen, dass vergleichbare Helligkeiten durch andere Leuchtmittel geringerer Leistungsaufnahme erzielbar sind.

**Tab.: Elektrische Leistungsaufnahme verschiedener Leuchtmitteltypen**

Lampentyp	W, typisch	lm/W, typisch	Einsparung ggü. Glühlampe	Energie- effizienz- klasse
Glühlampe	60	ca. 12	-	D-G
Halogen- lampe	7-60	15-27	Bis zu 30%	B-F
Kompakt- leucht- stofflampe	5-15	40-65	Bis zu 80%	A-B
LED-Lampe	3-20	20-200	Bis zu 89%	A und höher

Quelle: Eigene Darstellung nach Wikipedia o.J.

Zusammen mit der nachfolgenden Tabelle wird ersichtlich, dass eine bestimmte Lichtausbeute bei unterschiedlichen Leuchtmitteltypen mit unterschiedliche Leistungsaufnahme einhergeht.

**Tab.: Vergleich der Effizienz von verschiedenen Leuchtmitteltechnologien**

Helligkeit in lm	LED	ESL	Halogenlampe	Glühlampe
1.300	17W	20W	70W	100W
1.100	13W			
900	11W	15W	53W	75W
700		11W	42W	60W
500	9W			40W
300	6W 3W		28W	25W
100			18W	15W

Quelle: Eigene Darstellung nach dena 2013 mit eigenen Ergänzungen. Durchschnittswerte am Markt befindlicher Beleuchtungstechnologien. ESL = Energiesparlampe.

An Hand der folgenden Tabelle werden die Lichtausbeute und die Energieeffizienzklasse von verschiedenen Beleuchtungstypen gegenübergestellt.

**Tab.: Lichtausbeute und Energieeffizienzklasse und korrespondierende Beleuchtungstechnologien**

Klassen	Lichtausbeutebereich <sup>1)</sup>	Beispiel-Lichtquellen
A++ <sup>2)</sup>	> 111 lm/W	LED
A+ <sup>2)</sup>	72-111 lm/W	LED
A	51-72 lm/W (seit 1.9.13)	ESL, LED
B	20-51 lm/W	ESL, LED
C	15-20 lm/W	Halogenlampe
D	13-15 lm/W	Glühlampe, Halogenlampe
E	< 13 lm/W (seit 1.9.13)	Glühlampe, Halogenlampe

Quelle: Eigene Darstellung nach SAENA 2014. 1) Hier beispielhaft für Lampen mit 700 lm Lichtstrom, entspricht ca. 60 W Glühlampe. 2) Ab 1.9.2013 wurden die Effizienzklassen F (9-11 lm/W) und G (unter 9 lm/W) nicht mehr ausgewiesen und die beiden neuen Effizienzklassen A+ und A++ kamen hinzu.

## **Zusammenfassung**

Die elektrische Beleuchtung besitzt einen geringen, aber signifikanten Anteil am Stromverbrauch eines privaten Haushalts. Durch die richtige Wahl des Leuchtmittels kann ein erheblicher Anteil an elektrischer Energie für die Beleuchtung eingespart werden.

Zur eindeutigen Beschreibung technischer Sachverhalte im Anwendungsbereich der Beleuchtungstechnik ist es essentiell den Fachterminus sowie die grundlegenden physikalischen Größen und Einheiten zu kennen.

Es sind verschiedene Leuchtmittelarten in Gebrauch, wobei bestimmte umweltgefährdende Leuchtmittel durch entsprechende Verordnungen aus dem Markt genommen wurden.

LEDs zeigen einen deutlichen Marktzuwachs und werden zukünftig den größten Marktanteil haben.

Die LED bietet hinsichtlich Lichtausbeute und Effizienz die besten Eigenschaften für die Anwendung im Wohn- und Nichtwohngebäudebereich.



## Quellenverzeichnis

BDEW 2014: Energie-Info. Stromverbrauch im Haushalt. Online:

<https://www.bdew.de/internet.nsf/id/705-energie-info-stromverbrauch-im-haushalt-aktualisiert-de>. Zugriff: 06.06.16

dena 2013: Energieeffiziente Beleuchtung. Europäische Energieeffizienz-Anforderungen an Beleuchtung, Deutsche Energie-Agentur GmbH, Berlin, Oktober 2013. Online:

[http://www.dena.de/fileadmin/user\\_upload/Publikationen/Energiedienstleistungen/Dokumente/131011\\_Factsheet\\_Beleuchtung.pdf](http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Energiedienstleistungen/Dokumente/131011_Factsheet_Beleuchtung.pdf). Zugriff: 06.06.16

EnergieAgentur NRW 2015: Erhebung „Wo im Haushalt bleibt der Strom?“. Online:

[http://www.energieagentur.nrw/content/anlagen/Erhebung\\_Wo\\_im\\_Haushalt\\_bleibt\\_der\\_Strom\\_20151126.pdf](http://www.energieagentur.nrw/content/anlagen/Erhebung_Wo_im_Haushalt_bleibt_der_Strom_20151126.pdf). Zugriff: 06.06.16

licht.de o.J.a: Kompaktleuchtstofflampen. Online: <http://www.licht.de/de/produkte-hersteller/licht-kategorie/kompaktleuchtstofflampen/> Zugriff: 06.06.16

licht.de o.J.b: Leuchtstofflampen. Online: <http://www.licht.de/de/produkte-hersteller/licht-kategorie/leuchtstofflampen/> Zugriff: 06.06.16

licht.de o.J.c: Halogenlampen. Online: <http://www.licht.de/de/produkte-hersteller/licht-kategorie/halogenlampen/>. Zugriff: 06.06.16

Lux 2016: ‘No future for OLEDs’ in general lighting. Online:

<http://luxreview.com/article/2016/02/-no-future-for-oleds-in-general-lighting>. Zugriff: 06.06.16

SAENA 2014: Beleuchtung im Haushalt. Sächsische Energieagentur GmbH, Dresden, 2014.

Online: [http://www.saena.de/download/Broschueren/BH\\_Beleuchtung\\_2.pdf](http://www.saena.de/download/Broschueren/BH_Beleuchtung_2.pdf). Zugriff 06.06.2016.

Stromverbrauchinfo.de o.J.: Stromkosten für alltägliche Haushaltsaufgaben. Online:

<http://www.stromverbrauchinfo.de/stromkosten-im-alltag.php>. Zugriff: 06.06.16

Wikipedia (o.J.): Lichtquelle. Online: <https://de.wikipedia.org/wiki/Lichtquelle>. Zugriff:

06.06.2016

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Kapitel 1: Abb.: Aufteilung des Stromverbrauchs der privaten Haushalte 1996 und 2011, Quelle: Eigene Abbildung nach BDEW 2014

Kapitel 1: Abb.: Stromverbrauch im Haushalt im Jahre 2015, Quelle: Eigene Abbildung nach EnergieAgentur NRW 2015

Kapitel 2: Abb.: Lichtspektrum: Wikimedia Commons: Horst Frank / Phrood / Anony (Horst Frank, Jailbird and Phrood). Lizenz: CC BY-SA 3.0. Public Domain. Online:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AElectromagnetic\\_spectrum\\_c.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AElectromagnetic_spectrum_c.svg)

Kapitel 3: Abb.: Theoretische maximale Lichtausbeute in Abhängigkeit der Wellenlänge:

Wikimedia Commons: Frank Klemm. Lizenz: Public Domain. Online:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AMaximallichtausbeute\\_bei\\_100\\_Prozent\\_Wirkungsgrad.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AMaximallichtausbeute_bei_100_Prozent_Wirkungsgrad.png)

- Kapitel 4: Abb.: Röntgenaufnahme einer Kompaktleuchtstofflampe: Wikimedia Commons: SecretDisc. Lizenz: CC BY-SA 3.0. Public Domain. Online: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ADefective\\_compact\\_fluorescent\\_lamp\\_x-ray.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ADefective_compact_fluorescent_lamp_x-ray.jpg)
- Kapitel 4: Abb.: Vorschaltgerät einer Kompaktleuchtstofflampe: Eigene Bearbeitung von Wikimedia Commons: Michael Schönitzer. Lizenz: CC BY-SA 3.0. Public Domain. Online: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ABallast\\_of\\_modern\\_CFL\\_\(Osram\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ABallast_of_modern_CFL_(Osram).jpg)
- Kapitel 6: Abb.: Halogen-Metall dampflampen mit Schraubsockel: Wikimedia Commons: GLammel. Lizenz: CC BY-SA 3.0. Public Domain. Online: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d0/Halogen\\_lamp\\_230V.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d0/Halogen_lamp_230V.jpg)
- Kapitel 6: Abb.: Halogen-Metall dampflampen in Leuchte mit Stecksockel: Wikimedia Commons: Schlechtwetter. Lizenz: CC BY-SA 3.0. Public Domain. Online: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/65/Halogenlampe.jpg>
- Kapitel 2: Tab.: Beleuchtungsarten und korrespondierende Lichtstromwerte: Wikipedia (o.J.): Lichtquelle. Online: <https://de.wikipedia.org/wiki/Lichtquelle>. Zugriff: 06.06.2016
- Kapitel 2: Tab.: Beispiel für die typische Lichtausbeute verschiedener Beleuchtungsarten: Eigene Darstellung
- Kapitel 2: Tab.: Farbwiedergabeindex einiger Leuchtmittel, Quelle: Wikipedia o.J. Online: [https://de.wikipedia.org/wiki/Energiesparende\\_Leuchtmittel#Vergleichstabelle\\_unterschiedlicher\\_elektrischer\\_Leuchtmittel](https://de.wikipedia.org/wiki/Energiesparende_Leuchtmittel#Vergleichstabelle_unterschiedlicher_elektrischer_Leuchtmittel). Zugriff: 06.06.2016
- Kapitel 2: Tab.: Kennzeichnung von Lichtfarbe und Farbwiedergabe: Eigene Abbildung nach: SAENA 2014
- Kapitel 4: Tab.: Typische Merkmale von Kompaktleuchtstofflampen mit integrierten Vorschaltgerät, Quelle: licht.de o.J.a
- Kapitel 4: Tab.: Typische Merkmale von Kompaktleuchtstofflampen ohne integriertes Vorschaltgerät, Eigene Darstellung nach licht.de o.J.a
- Kapitel 5: Tab.: Typische Merkmale von stabförmigen Leuchtstofflampen, Quelle: eigene Darstellung nach licht.de o.J.b
- Kapitel 6: Tab.: Typische Merkmale von Halogen-Metall dampflampen mit Reflektor, licht.de o.J.c
- Kapitel 6: Tab.: Typische Merkmale von Halogen-Metall dampflampen ohne Reflektor, licht.de o.J.c
- Kapitel 8: Tab.: Elektrische Leistungsaufnahme verschiedener Leuchtmitteltypen, Quelle: Eigene Darstellung nach Wikipedia o.J. Online: [https://de.wikipedia.org/wiki/Energiesparende\\_Leuchtmittel#Vergleichstabelle\\_unterschiedlicher\\_elektrischer\\_Leuchtmittel](https://de.wikipedia.org/wiki/Energiesparende_Leuchtmittel#Vergleichstabelle_unterschiedlicher_elektrischer_Leuchtmittel). Zugriff: 06.06.2016
- Kapitel 8: Tab.: Vergleich der Effizienz von verschiedenen Leuchtmitteltechnologien: dena 2014 mit eigenen Ergänzungen
- Kapitel 8: Tab.: Lichtausbeute und Energieeffizienzklasse und korrespondierende Beleuchtungstechnologien: SAENA 2014

## Glossar

**Absorptionsgrad:** Der Absorptionsgrad ist der Anteil des absorbierten Lichtstroms vom auffallenden Lichtstrom.

**Beleuchtungsstärke:** Die Beleuchtungsstärke ist die Menge des Lichtstroms, die auf eine bestimmte Fläche auftritt.

**Bruttostromverbrauch:** Der Bruttostromverbrauch bezeichnet den Stromverbrauch einer Region (z.B. Deutschland), der sich aus der Summe des innerregional erzeugten Bruttostroms und der Stromaustauschbilanz mit dem Ausland ergibt. Der Bruttostromverbrauch beinhaltet neben dem Endenergieverbrauch von Strom (durch Haushalte, Industrie u.a.) auch die Netzverluste sowie die Eigenverbräuche im Stromerzeugungs- und Stromwandlungsbereich.

**Endenergie:** Endenergie ist der nach Energiewandlungs- und Übertragungsverlusten übrig gebliebene Teil der Primärenergie, die den Hausanschluss des Verbrauchers passiert hat.

**Energieeffizienz:** Die Energieeffizienz ist ein Maß für den Energieaufwand zur Erreichung eines festgelegten Nutzens. Ein Vorgang ist dann effizient, wenn ein bestimmter Nutzen mit minimalem Energieaufwand erreicht wird.

**Energiesparlampe:** siehe ESL.

**ESL:** Abkürzung für Energiesparlampe, häufig auch Kompaktleuchtstofflampe genannt. Die Lampe basiert auf Lichtanregung von Schwermetallen, die in einer Pulverschicht eingebettet sind.

**Farbtemperatur:** Die Farbtemperatur ist ein Maß, um einen jeweiligen Farbeindruck einer Lichtquelle quantitativ zu bestimmen.

**Farbwiedergabeindex:** Die Farbwiedergabe ist die Auswirkung einer Lichtart auf den Farbeindruck von Objekten. Er beschreibt die Qualität der Farbwiedergabe von Lichtquellen gleicher Farbtemperatur. Das Index-a steht für den allgemeinen Farbwiedergabeindex, der nur die Werte der ersten acht Testfarben nach DIN 6169 berücksichtigt.

**Glühlampe:** Eine Glühlampe ist eine künstliche Lichtquelle, in der ein elektrischer Leiter durch elektrischen Strom aufgeheizt und dadurch zum Leuchten angeregt wird.

**Interne Wärmegewinne:** Interne Wärmegewinne sind hauptsächlich solche Wärmegewinne aus der Wärmeabstrahlung von Personen und Warmwasserrohren, dem Betrieb elektrischer Geräte oder aus der Sonneneinstrahlung durch Fenster.

**Halogenlampe:** Die Lampe basiert auf einer elektrischen Anregung von Halogenverbindungen, die intensiv Licht emittieren. Halogenlampen gehören zu den leuchtstärksten Lampen.

**Kompaktleuchtstofflampe:** siehe ESL.

**LED:** Abkürzung für Light Emitting Diode. Bei dieser Technologie werden Halbleiter mit Strom zur Lichtemission angeregt. LEDs sind derzeit die fortschrittlichste und energieeffizienteste Leuchtmitteltechnologie.

**Leistungsaufnahme:** Die Leistungsaufnahme, auch Stromverbrauch, oder Strombedarf genannt, ist die Menge an elektrischer Energie, die von elektrischen Geräten während eines definierten Zeitabschnitts umgesetzt wird.

**Leuchtstofflampe:** siehe ESL. Umgangssprachlicher Begriff für Energiesparlampe.

**Licht:** Das Licht ist der für das menschliche Auge sichtbare Teil der elektromagnetischen Strahlung.

**Lichtausbeute:** Die Lichtausbeute ist der Quotient aus dem Lichtstrom, der von der Lampe abgegeben wird und ihrer aufgenommenen Leistung in Lumen pro Watt [lm/W].

**Lichtspektrum:** Das Lichtspektrum ist der vom Menschen sichtbare Anteil des elektromagnetischen Spektrums.

**Lichtstärke:** Die Lichtstärke beschreibt die Menge des Lichts, die in eine bestimmte Richtung abgestrahlt wird.

**Lichtstrom:** Der Lichtstrom beschreibt die von einer Lichtquelle abgegebene Strahlungsenergie im sichtbaren Bereich.

**Lumen:** Einheit des Lichtstroms, angegeben in lm. Der Lichtstrom wird auf den Verpackungen der Lampen als dritte Kennzeichnung neben der Leistung und der Farbtemperatur angegeben.

**OLED:** organische Leuchtdioden, sind seit einigen Jahren in der Entwicklung als weitere hochgradig energie-effiziente Beleuchtungstechnologie.

**Rebound-Effekt:** Dies bezeichnet eine Wirkung, die sich dadurch ergibt, dass etwas eingespart wird und die eingesparten Mittel für andere Zwecke verwendet werden. Der Rebound-Effekt kann zum Beispiel auftreten, wenn effizientere (Beleuchtungs-)Technologien genutzt werden, es durch eine vermehrte Nutzung dieser Technologien jedoch zu höheren absoluten (Energie-)Aufwendungen kommt.

**Reflexionsgrad:** Der Reflexionsgrad ist der Anteil des zurückgeworfenen Lichtstroms vom auffallenden Lichtstrom.

**RGB-Farben:** Ein RGB-Farbraum ist ein additiver Farbraum, der Farbwahrnehmungen durch das additive Mischen dreier Grundfarben (Rot, Grün und Blau) nachbildet.

**Transmissionsgrad:** Der Transmissionsgrad ist der Anteil des durchgelassenen Lichtstroms vom auffallenden Lichtstrom.

**Vorschaltgerät:** Das Vorschaltgerät ist eine Vorrichtung für den Betrieb von Lampen. Ursprünglich wird dabei bei Leuchtstofflampen zwischen konventionellen (KVG) und elektronischen (EVG) Vorschaltgeräten unterschieden.

## Impressum



### Partner des Verbundprojekts:

#### Smart Learning – Medieneinsatz in der handwerklichen Weiterbildung

- Bildungs- und Technologiezentrum (BTZ) der Handwerkskammer Berlin
- Fraunhofer-Institut für offene Kommunikationssysteme (FOKUS), Berlin
- Beuth-Hochschule für Technik, Berlin
- IZT Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gGmbH, Berlin

Das diesem Material zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01PD14002A-D gefördert.

Diese Lerneinheit darf weder ganz noch teilweise ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers in irgendeiner Form reproduziert oder sonst veröffentlicht werden.

Diese Lerneinheit wurde mit äußerster Sorgfalt bearbeitet, Herausgeber und Autor/-innen können für den Inhalt jedoch keine Gewähr übernehmen.

### Herausgeber

Bildungs- und Technologiezentrum (BTZ) der Handwerkskammer Berlin, Mehringdamm 14, 10961 Berlin

IZT Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, Schopenhauerstraße 26, 14129 Berlin

### Autor/-innen

Lerneinheit:

IZT Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gGmbH, Christian Kamburow und Michael Scharp, Schopenhauerstraße 26, 14129 Berlin, Tel.: +49 (0)30-803088-14, E-Mail: m.scharp@izt.de

E-Book und ScreenCasts:

IZT Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gGmbH, Michael Scharp und Katrin Ludwig, Schopenhauerstraße 26, 14129 Berlin, Tel.: +49 (0)30-803088-14, E-Mail: m.scharp@izt.de