

Grundlagenreihe Stromversorgungen und Verbraucher besonderer Art – Teil 7

Beleuchtungsstromkreise

Die Beleuchtungsanlage hat einen wesentlichen Einfluss, sowohl auf die Produktivität und Sicherheit in Fertigungsstätten und öffentlichen Gebäuden, als auch auf den Komfort und die Sicherheit im Dienstleistungs- und Wohnbereich.

Für Beleuchtungsanlagen in öffentlichen und gewerblichen Bereichen werden, je nach Anwendungsgebiet, Mindestbeleuchtungsstärken unter anderem durch die Normenreihe DIN 5035 und die Arbeitsstättenrichtlinien 7/1 und 7/4 vorgegeben.

Der Energiebedarf für die Beleuchtungsanlage stellt in Industrieanlagen ca. 15 % der erforderlichen Gesamtleistung dar, während in üblichen öffentlichen Gebäuden und im Dienstleistungsbereich die Beleuchtungsanlage bis zu 40 % des gesamten Energiebedarfs ausmachen kann.

Die Qualität der Beleuchtungsanlage ist ebenso abhängig von der Netzqualität im Versorgungsnetz. Eventuelle Spannungseinbrüche und Oberschwingungsanteile, THDI und/oder THDU, können zu einer Beeinträchtigung der Betriebskontinuität in der Beleuchtungsanlage führen. Dieses Kapitel enthält eine Analyse der verschiedenen Lampentechniken. Somit soll dem Anwender bei der Planung von Beleuchtungsstromkreisen geholfen und die Wahl von geeigneten Schutzeinrichtungen erleichtert werden. Die spezifischen Merkmale von Beleuchtungsstromkreisen und deren Anforderungen auf Steuer- und Schutzeinrichtungen werden beschrieben. Weiterhin sind in diesem Kapitel Empfehlungen bezüglich der zu beachtenden Maßnahmen bei der Realisierung von Beleuchtungsstromkreisen enthalten.

Verschiedene Lampentechniken

(s. Abb. N37)

Eine künstliche Beleuchtung kann mit Hilfe elektrischer Energie nach zwei Prinzipien erzeugt werden: Beleuchtung durch Glühlampen und durch Leuchtstofflampen.

Bei der **Beleuchtung durch Glühlampen** wird Licht durch sehr hohe Temperaturen erzeugt. Das bekannteste Beispiel ist ein durch das Fließen eines elektrischen Stroms erhitzter und somit weißglühender Draht. Die gelieferte Energie wird durch den Joule-Effekt in Wärme und in einen Lichtstrom umgewandelt.

Bei der **Beleuchtung mit Leuchtstofflampen** wird eine sichtbare oder nahezu sichtbare Lichtstrahlung von einem Werkstoff abgegeben. Ein einer elektrischen Entladung ausgesetztes Gas (oder Dämpfe) gibt Lichtstrahlung ab (Elektrolumineszenz von Gasen).

Da dieses Gas bei Normaltemperatur und -druck nichtleitend ist, wird die Entladung durch Erzeugung von geladenen Teilchen verursacht, die eine Ionisierung des Gases ermöglichen. Art, Druck und Temperatur des Gases bestimmen das Lichtspektrum. Photolumineszenz ist die Lumineszenz eines Werkstoffes, der sichtbarer oder nahezu sichtbarer Strahlung (Ultraviolett-, Infrarotstrahlung) ausgesetzt ist.

Nimmt die Substanz ultraviolette Strahlung auf und gibt sichtbare Strahlung ab, die kurz nach der Anregung wieder stoppt, spricht man von Fluoreszenz.

Glühlampen

Glühlampen sind historisch die ältesten und die im Allgemeinen am häufigsten verwendeten Lampen.

Sie basieren auf dem Prinzip eines Drahtes, der unter Vakuum oder in neutraler Atmosphäre (zur Brandverhinderung) zum Glühen gebracht wird.

Es wird unterschieden zwischen:

- Standardkolben

Diese Kolben enthalten einen Wolframdraht und sind mit einem Schutzgas (Stickstoff und Argon oder Krypton) gefüllt.

- Halogenkolben

Diese Kolben enthalten ebenso einen Wolframdraht, sind jedoch mit einer Halogenverbindung und einem Schutzgas (Krypton oder Xenon) gefüllt. Durch diese Halogenverbindung ist eine höhere Drahttemperatur möglich und es wird dadurch eine größere Helligkeit in kleinen Kolben erzielt.

Der Hauptnachteil von Glühlampen ist, dass sie aufgrund ihres Wirkungsprinzips die elektrische Energie vorwiegend in Wärme umsetzen und nur ein geringer Anteil der Energie in Licht umgewandelt wird.

Leuchtstofflampen

Diese Gruppe beinhaltet röhrenförmige Leuchtstofflampen und Kompakt-Leuchtstofflampen. Die Technik dieser Lampen wird im Allgemeinen als „Niederdruck-Quecksilber-Technik“ bezeichnet.

In röhrenförmigen Leuchtstofflampen kollidieren die Elektronen durch eine elektrische Entladung mit den Ionen des Quecksilberdampfes. Dies führt aufgrund der Anregung der

Quecksilberatome zu einer ultravioletten Strahlung. Die fluoreszierende Beschichtung innerhalb der Lampen wandelt dann diese Strahlung in sichtbares Licht um.

Röhrenförmige Leuchtstofflampen geben weniger Wärme ab und haben eine längere Lebensdauer als Glühlampen, sie benötigen jedoch eine Zündeinrichtung (einen „Starter“) und eine Einrichtung zur Begrenzung des Stroms im Lichtbogen nach der Zündung. Diese Einrichtung wird als „Vorschaltgerät“ bezeichnet und ist im Allgemeinen eine mit dem Lichtbogen in Reihe geschaltete Induktivität.

Kompakt-Leuchtstofflampen basieren auf dem gleichen Funktionsprinzip wie röhrenförmige Leuchtstofflampen. Die Starter- und Vorschaltgerätfunktionen werden durch ein (in die Lampe integriertes) elektronisches Vorschaltgerät gewährleistet, das die Verwendung von kleineren und in sich gefalteten Lampen ermöglicht.

Kompakt-Leuchtstofflampen (siehe **Abb. N35**) wurden zum Ersetzen von Glühlampen entwickelt: Sie bieten erhebliche Energieeinsparungen (15 W gegen 75 W bei gleicher Beleuchtungsstärke) und eine längere Lebensdauer.

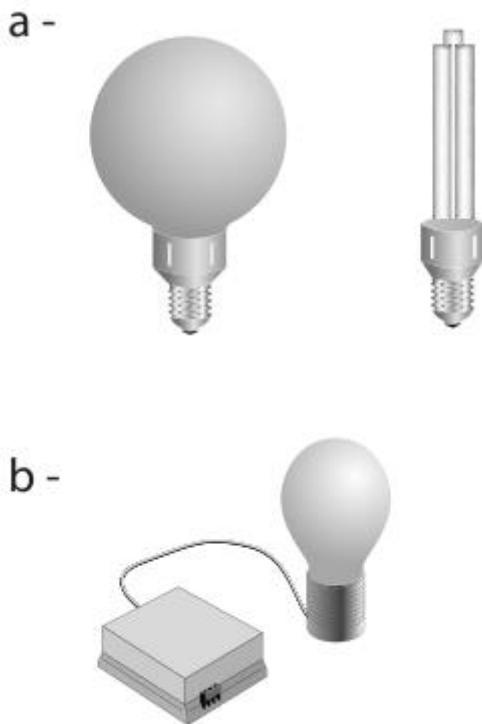


Abb. N35: Kompakt-Leuchtstofflampen [a] Standardausführung, [b] Induktionsausführung

Das Funktionsprinzip von „Induktionslampen“ oder „Lampen ohne Elektroden“ basiert auf der Ionisierung des Gases in der Lampe durch ein sehr hochfrequentes elektromagnetisches Feld (bis zu 1 GHz). Ihre Lebensdauer kann bis zu 100.000 Std. betragen.

Entladungslampen

(siehe Abb. N36)



Abb. N36: Entladungslampen

Das Licht entsteht durch eine elektrische Entladung, die zwischen zwei Elektroden innerhalb eines Gases in einem Quarzkolben erzeugt wird. Daher benötigen diese Lampen ein Vorschaltgerät zur Begrenzung des Stroms im Lichtbogen. Es wurden einige Techniken für verschiedene Anwendungen entwickelt. Niederdruck-Natriumdampflampen besitzen die beste Lichtausbeute, dennoch ist die Farbwiedergabe aufgrund ihrer monochromatisch orangefarbenen Lichtstrahlung sehr schlecht.

Hochdruck-Natriumdampflampen erzeugen weißes Licht mit orangefarbener Tönung.

Technik	Anwendung	Vorteile	Nachteile
Standard-Glühlampe	• Haushalt • Örtlich begrenzte dekorative Beleuchtung	• Direkter Anschluss • Geringe Anschaffungskosten • Kompakte Größe • Unverzögerte Beleuchtung • Gute Farbwiedergabe	• Niedrige Lichtausbeute bei hoher Stromaufnahme • Sehr große Wärmeabgabe • Kurze Lebensdauer
Halogen-Glühlampe	• Spot-Beleuchtung • Strahler-Beleuchtung	• Direkter Anschluss • Unverzögerte Beleuchtung	• Durchschnittliche Lichtausbeute
Röhrenförmige Leuchtstofflampen	• Geschäfte, Büros, Werkstätten • Freiluftbereich	• Hohe Lichtausbeute • Durchschnittliche Farbwiedergabe	• Niedrige Lichtstärke einer einzigen Lampe • Empfindlich gegenüber extremen

			Temperaturen
Kompakt-Leuchtstofflampe	• Haushalt • Büros • Ersetzen von Glühlampen	• Hohe Lichtausbeute • Gute Farbwiedergabe	• Hohe Anfangskosten im Vergleich zu Glühlampen
Quecksilberdampf-Hochdrucklampe	• Werkstätten, Hallen, Hangars • Fabrikräume	• Hohe Lichtausbeute • Akzeptable Farbwiedergabe • Kompakte Größe • Lange Lebensdauer	• Abkühlzyklen vor Wiedereinschaltung sind zu beachten
Hochdruck-Natriumdampf Lampe	• Freiluftbereich • Große Hallen	• Sehr hohe Lichtausbeute	• Abkühlzyklen vor Wiedereinschaltung sind zu beachten
Niederdruck-Natriumdampf Lampe	• Freiluftbereich • Notbeleuchtung	• Gut sichtbar unter nebligen Bedingungen • Wirtschaftliche Anwendung	• Lange Zünddauer (5 Min.) • Mittlere Farbwiedergabe
Halogen-Metall-dampf Lampe	• Große Bereiche • Hallen mit hohen Decken	• Hohe Lichtausbeute • Gute Farbwiedergabe • Lange Lebensdauer	• Abkühlzyklen vor Wiedereinschaltung sind zu beachten
LED	• Signalisierung (Ampeln, „Ausgang“-Schilder und Notbeleuchtung)	• Unempfindlich gegenüber der Anzahl an Umschaltvorgängen • Niedriger Energieverbrauch • Niedrige Temperatur	• Begrenzte Farbanzahl • Geringe Helligkeit einer einzigen LED

Technik	Leistung (Watt)	Lichtausbeute (Lumen/Watt)	Lebensdauer (Std.)
Standard-Glühlampe	3 – 1000	10 – 15	1000 – 2000
Halogen-Glühlampe	5 – 500	15 – 25	2000 – 4000
Röhrenförmige Leuchtstofflampe	4 – 56	50 – 100	7500 – 24000
Kompakt- Leuchtstofflampe	5 – 40	50 – 80	10000 – 20000
Quecksilberdampf- Hochdrucklampe	40 – 1000	25 – 55	16000 – 24000
Hochdruck- Natriumdampflampe	35 – 1000	40 – 140	16000 – 24000
Niederdruck- Natriumdampflampe	35 – 180	100 – 185	14000 – 18000
Halogen- Metallampflampe	30 – 2000	50 – 115	6000 – 20000
LED	0,05 – 0,1	10 – 30	40000 – 100000

Abb. N37: Anwendung und technische Kenndaten von Leuchtmitteln

In Hochdruck-Quecksilberdampflampen wird die Entladung in einem Quarz- oder Keramikkolben bei Hochdruck erzeugt. Diese Lampen werden als „Fluoreszent-Quecksilberentladungslampen“ bezeichnet. Sie erzeugen ein für sie charakteristisches bläulich-weißes Licht.

Die jüngste Technik ist die der Halogen-Metallampflampen. Sie erzeugen eine Farbe mit einem breiten Farbspektrum. Durch die Verwendung eines Keramikkolbens erhält man eine bessere Lichtausbeute und Farbstabilität.

Leuchtdioden (Light Emitting Diodes = LED)

Leuchtdioden funktionieren nach dem Prinzip der Lichtausstrahlung über einen Halbleiter, wenn dieser von einem elektrischen Strom durchflossen wird.

LEDs werden derzeit schon in zahlreichen Anwendungsbereichen eingesetzt, jedoch hat die neueste Entwicklung von weißen oder blauen Dioden mit hoher Lichtausbeute neue Perspektiven eröffnet, besonders im Bereich Signalisierung (Ampeln, „Ausgang“-Schilder oder Notbeleuchtung).

LEDs sind Geräte mit niedriger Spannung und geringem Stromverbrauch und sind somit für den Betrieb über eine Batterieversorgung geeignet. Für den Betrieb über die Netzversorgung ist ein Umwandler notwendig.

Der Vorteil von LEDs ist ihr niedriger Energieverbrauch. Folglich arbeiten sie bei sehr niedriger Temperatur, wodurch sich ihre Lebensdauer beträchtlich verlängert. Hingegen ist die Lichtstärke einer einfachen Diode schwach. Eine Beleuchtungsanlage mit hoher Leistung erfordert daher den Anschluss einer großen Anzahl an in Reihe oder parallelgeschalteten Dioden.