10. Beleuchtungsmittel

10.1 Leuchten

Leuchten sind Geräte, die der Verteilung, Lenkung, Streuung und Filterung des Lichtes dienen. Sie schützen die Lichtquellen, die Lampen und deren elektrische Anschlüsse gegen äußere Einflüsse, wie Luftfeuchtigkeit, Wasser und Staub. Sie sollen eine dem Verwendungszweck des Raumes angepasste Beleuchtung erzeugen und haben die Aufgabe, die architektonische Wirkung des Raumes zu verbessern, zumindest aber nicht zu stören. In Wohnräumen sollen sie eine angenehme, entspannende Atmosphäre schaffen.

10.2 Notleuchten

Notleuchten dienen der Sicherheit des Menschen. Sie sorgen bei Ausfall der Stromversorgung für die allgemeine künstliche Beleuchtung. Notbeleuchtung wird je nach Einsatzbereich unterschiedlich definiert. Sie unterscheidet sich in Sicherheitsbeleuchtung für Rettungswege, Sicherheitsbeleuchtung für Arbeitsplätze mit besonderer Gefährdung, Antipanikbeleuchtung und Ersatzbeleuchtung.
Notleuchten teilen sich nach Art der Stromversorgung in zwei große Gruppen:

1. Notleuchten für zentrale Notstromversorgung sind Leuchten, die bei Netzausfall aus einer Zentralbatterie, einer Gruppenbatterie oder von einem Stromerzeugungsaggregat gespeist werden.
2. Notleuchten mit Einzelbatterien sind Leuchten mit integrierten Batterien, die durch Sicherheitselektronik gesteuert werden und die bei Netzausfall die Versorgung der Lampen sicherstellen. Der Einsatz dieser Notleuchten erfordert keinen Installationsaufwand für einen Endstromkreis.

10.3 Lampen

Lampen sind die eigentlichen Lichtquellen in den Leuchten. Lampe und Leuchte müssen aufeinander abgestimmt sein. Man unterscheidet **Glühlampen** und **Gasentladungslampen**. Jede Lampe besteht aus einem Lichterzeugungssystem (Glühdraht oder Gasentladungsstrecke), dem Glaskörper und der Sockelung.

Glühlampe | Energiesparlampe | Leuchtstofflampe, hier in Stabform | Natriumdampf-Hochdrucklampe

Abb. 10.1: Lampenarten (siehe Anhang)

10.4 Glühlampen

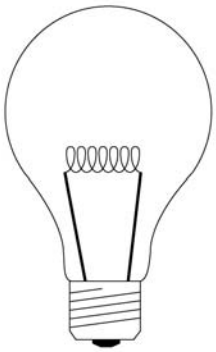


Abb. 10.2: Glühlampe

Die Glühlampe ist ein reiner Temperaturstrahler. Das Licht der Glühlampe entsteht mit Hilfe von elektrischem Strom, der einen feinen Wolframdraht in einem luftleeren Kolben zum Glühen bringt. Circa fünf Prozent der elektrischen Energie werden dabei in Licht umgewandelt. Der Rest wird als Wärme an die Umgebung abgegeben.
Die Helligkeit einer Glühlampe steigt mit der Temperatur des Leuchtfadens. Es werden sehr dünne Fäden aus Wolfram verwendet. Die Glühfadentemperaturen liegen zwischen 2200 ºC und 3200 ºC.

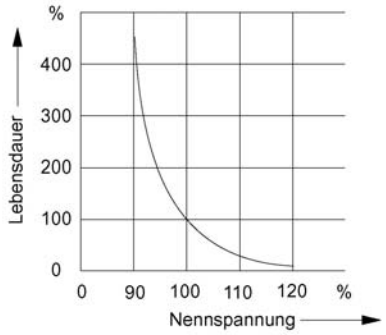


Abb. 10.3: Lebensdauer / Nennspannung

Der Leuchtfaden wird als Einfach- oder Doppelwendel in einen Glaskolben eingebracht. Damit der Leuchtfaden nicht oxydiert und dadurch durchbrennt, wird der Glaskolben mit den Gasen Stickstoff, Argon oder Krypton gefüllt. Die durchschnittliche Lebensdauer einer Glühlampe beträgt etwa 1000 Betriebsstunden. Glühlampen sind aber gegen Überspannungen sehr empfindlich. Bereits 5 % Überspannung erhöht zwar die Lichtausbeute um 20 %, erniedrigt aber die Lebensdauer der Lampen etwa auf die Hälfte. Zirka 5 % Unterspannung dagegen verdoppelt die Lebensdauer.

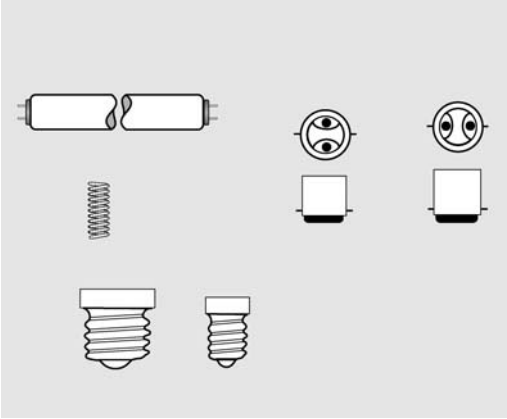


Abb. 10.4: Lampenfassungen

Die Fassungen der Glühlampen sind genormt. Man verwendet meist Schraubsockel (Edisonsockel), z. B. E 10, E 14, E 27, E 40.

Die Bezeichnung E 27 bedeutet, dass die Schraubenfassung mit dem Elektrogewinde einen Außendurchmesser von 27 mm hat.

Lampen die Erschütterungen ausgesetzt sind, z. B. in Fahrzeugen, erhalten meist Bajonettsockel.

10.5 Leuchtstofflampen

Die Leuchtstofflampe ist eine Gasentladungslampe. Sie ist ein Lampentyp, der mit einer geringen Temperatur arbeitet. Die Temperatur muss sogar niedrig gehalten werden (bei etwa 25 ºC – 45 ºC), um maximale Lichtausbeute zu erreichen. Die Glasrohrinnenwand ist mit einem Leuchtstoff belegt, den ultraviolettes Licht zum Strahlen anregt. Als Leuchtstoffe werden Silikate, Wolframmate und Phosphate verwendet. Die beiden Enden des Glasrohres sind durch je einen Glasfuß, der auch die Elektrode trägt, verschlossen. Als Elektroden werden Doppelwendeln aus Wolframdraht verwendet. Die Sockel sind aufgekittet. Um den Elektronenaustritt aus der Wendel zu erleichtern, beschichtet man diese mit einem Metalloxid, z. B. Bariumoxid. Die Wolframelektrode hat in einem kaltem Zustand einen Widerstand von etwa 1,5 Ω bis 10 Ω, der während der Vorheizung und beim Betrieb

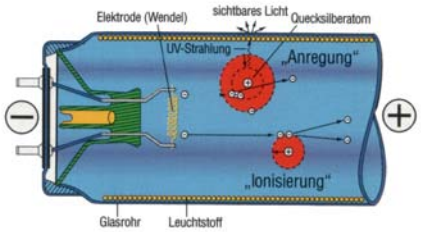


Abb. 10.5: Prinzip der Lichterzeugung (siehe Anhang)

der Lampe bis auf das 7-fache ansteigt. Die Lampe ist mit Quecksilberdampf und einer geringen Menge Edelgas, z. B. Argon oder Krypton, gefüllt und gehört deshalb in den Sondermüll.

Wirkungsweise

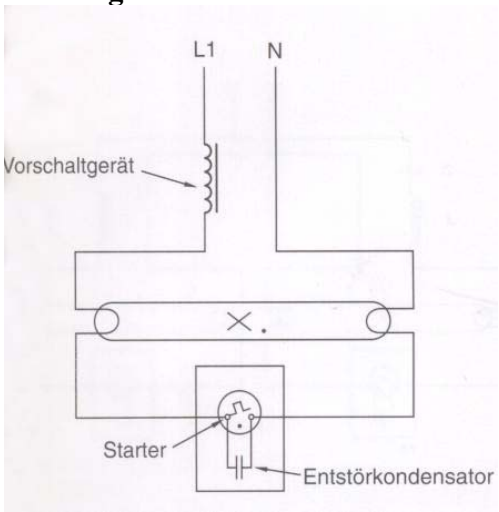


Abb. 10.6: Stromlaufplan

Zum Zünden der Lampe ist eine größere Spannung als die Nennspannung notwendig. Die Zündspannung wird durch ein Vorschaltgerät in Verbindung mit einem sogenannten Starter erzeugt. Im Betrieb dient das Vorschaltgerät zur Strombegrenzung.
Wird die Leuchtstofflampe eingeschaltet, fließt ein Strom über beide Lampenelektroden und den Starter. Der Starter ist eine kleine, mit Edelgas gefüllte Glimmlampe. Eine oder beide Elektroden des Starters bestehen aus Thermobimetall. Ab einer Spannung von etwa 160 V kommt eine Glimmentladung zustande. Die Glimmentladung erwärmt den Bimetallstreifen, der sich durchbiegt und den Stromkreis schließt. Jetzt fließt ein durch das Vorschaltgerät begrenzter Strom.

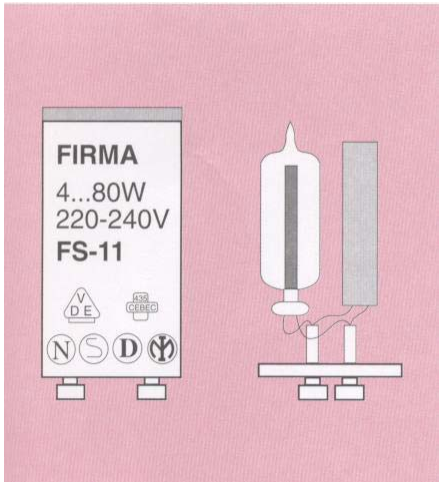


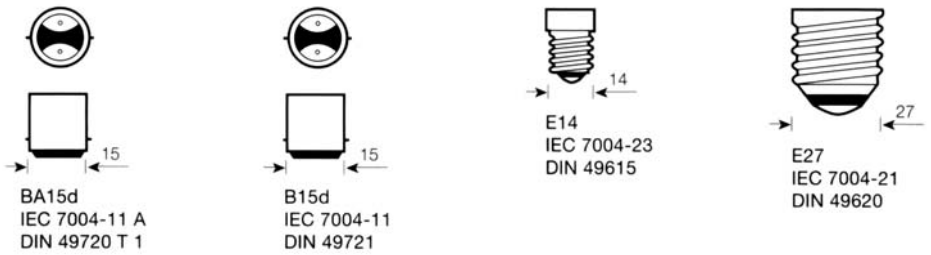
Abb. 10.7: Starter

Die Lampenelektroden werden vorgeheizt, Elektronen treten aus. Bei geschlossenen Kontakten hört die Glimmentladung auf und der Bimetallstreifen kühlt ab. Nach einiger Zeit öffnet der Starter. Diese Unterbrechung des Stromkreises hat durch die Induktionsspannung des Vorschaltgerätes einen Spannungsstoß mit einem Spitzenwert von etwa 1000 V zur Folge. Hat die Lampe gezündet, so wird am Vorschaltgerät ein so großer Spannungsfall hervorgerufen, dass eine Betriebsspannung von etwa 100 V an der Lampe liegt. Deshalb kann auch der Starter nicht wieder zünden. Zur Funkentstörung ist parallel zum Starter ein Kondensator geschaltet. Infolge der Induktivität des Vorschaltgerätes tritt beim Betrieb von Leuchtstofflampen eine Phasenverschiebung auf ($\cos \varphi \approx 0{,}4$). Der Leistungsfaktor kann durch Kompensation verbessert werden.

Abb. 10.8: Vorschaltgerät (siehe Anhang)

Stroboskopischer Effekt
Wird z. B. ein Rad mit vier Speichen mit einer Drehzahl von 1500 1/min = 25 1/s gedreht, so macht es in einer Hundertstel Sekunde eine Vierteldrehung. Bei einer Frequenz von 50 Hz wird das Rad aber nur eine hundertstel Sekunde beleuchtet, dazwischen erlischt das Licht einer einzeln geschalteten Leuchtstofflampe. So entsteht der Eindruck, das Rad stehe still. Diese Erscheinung nennt man stroboskopischen Effekt. Er lässt sich durch schaltungstechnische Maßnahmen (Verteilen der Lampe auf die drei Außenleiter eines Drehstromnetzes, Verwendung der Duo-Schaltung oder abwechselnd induktive und kapazitive Schaltung) vermindern.

10.6 Sockel



B = Bajonettsockel, die Zahl gibt den äußeren Durchmesser an
s = bedeutet ein Bodenkontakt (nicht abgebildet),
d = zwei Bodenkontakte
E = Edison-Schraubsockel, die Zahl gibt den äußeren Durchmesser an

Abb. 10.9: Gebräuchliche Lampensockel

10.7 Natriumdampf-Niederdrucklampe

Natriumdampflampen gibt es in Niederdruck- und Hochdruckausführung. Die Natriumdampf-Niederdrucklampe besteht aus einem u-förmig gebogenen Entladungsgefäß, das neben Neon Natriumdampf enthält. Natrium-Niederdrucklampen werden für Leistungen von 18 W bis 180 W hergestellt. Sie haben eine sehr hohe Lichtausbeute (bis 183 Lm/W). Ihre mittlere Lebensdauer beträgt 5000 – 7500 Stunden. Als Vorschaltgerät dient ein Streufeldtrafo. Er erzeugt die erforderliche Leerlaufspannung von 480 V bis 660 V. Die Anlaufzeit der Lampe liegt bei ca. 10 bis 15 Minuten. Die Farbe des erzeugten Lichtes ist intensiv gelb.

Abb. 10.10: Natrium-Niederdrucklampe (siehe Anhang)

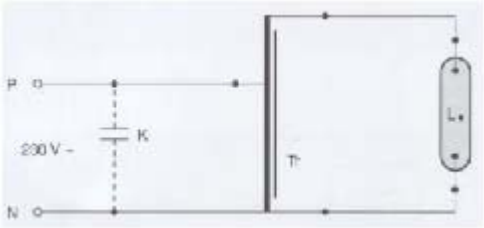


Abb. 10.11: Stromlaufplan

Bei diesem Licht lassen sich nur gelbe Körperfarben, nicht aber rot, blau und grün erkennen. Natriumdampflampen eignen sich besonders zur Beleuchtung von Außenanlagen, wie Fußgängerüberwegen und Straßenkreuzungen, weil das gelbe Licht Nebel und Dunst gut durchdringt.

10.8 Hochdruck-Entladungslampen

Hochdruck-Entladungslampen unterscheiden sich in ihrer Funktionsweise deutlich von Glühlampen. Sie zeichnen sich durch eine sehr wirtschaftliche Arbeitsweise aus. Sie liefern extrem große Lichtmengen auf kleinstem Raum. Aufgrund dieser Eigenschaften werden Hochdruck-Entladungslampen überall dort eingesetzt:

- wo es auf Präsentation von Waren und Gegenständen ankommt;
- wo Lichtmenge und Lebensdauer von Bedeutung sind, wie Industriehallen, Stadien und in der Straßenbeleuchtung;
- in der Pflanzenbeleuchtung.

10.9 Natriumdampf-Hochdrucklampe

Natriumdampf-Hochdrucklampen schaffen die höchste Lichtausbeute unter allen Hochdruck-Entladungslampen, bis zu 150 Lm/W. Ihre wichtigsten Vorteile sind: extrem hohe Lichtausbeute, extrem lange Lebensdauer (6000 Stunden). Sie werden für Leistungen von 50 W bis 1000 W gebaut. Zum Zünden wird ein Zündgerät gebraucht und es dauert einige Minuten bis sie den vollen Lichtstrom abgibt.

Abb. 10.12: Natrium-Hochdrucklampe (siehe Anhang)

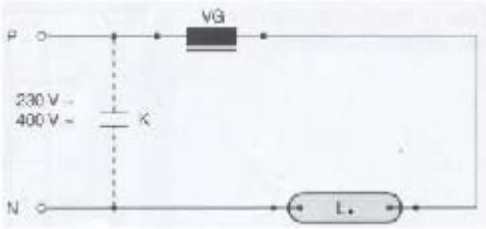


Abb. 10.13: Stromlaufplan

Nach dem Abschalten lässt sich die Lampe nicht sofort wieder zünden. Sie braucht einige Zeit zum Abkühlen, bis der Natriumdampfdruck soweit abgesunken ist, dass die Versorgungsspannung zur Zündung ausreicht.

10.10 Quecksilberdampf-Hochdrucklampe (HQL)

Die Quecksilberdampflampe hat einen elipsenförmigen Kolben. Im Kolben befindet sich ein Entladungsrohr aus Quarz mit zwei Hauptelektroden. Das Entladungsrohr enthält Quecksilberdampf. Die Quecksilberdampf-Hochdrucklampe benötigt kein Zündgerät. Die Zündung erfolgt mit Hilfe von zwei Zündelektroden direkt an 220 V. Die Lampe benötigt jedoch ein Vorschaltgerät, um den Strom zu begrenzen. Die HQL Lampe benötigt neben Quecksilber als Füllgas, Argon als Grundgas, für den Aufbau der Entladung. Durch die Entladungswärme des Argons verdampft Quecksilber und liefert innerhalb von 3 – 5 Minuten den vollen Lichtstrom. Wird der Strom der Lampe länger als 10 ms unterbrochen, erlischt

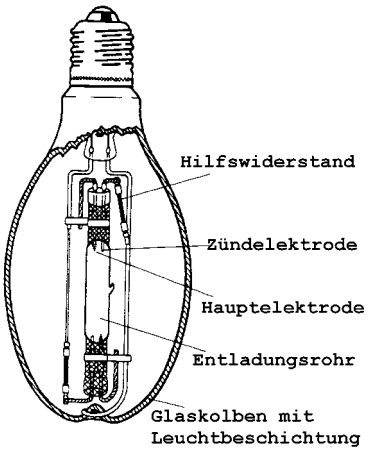


Abb. 10.14: Quecksilberdampf-Hochdrucklampe

die Lampe. Sie zündet erst wieder nach ca. 5 – 15 Minuten. Das Licht der Lampe ist ohne Leuchtstoff bläulich-weiß. Durch Auftragen eines Leuchtstoffes auf der Innenseite des Glaskolbens erhält man eine Verbesserung der Lichtfarbe.

10.11 Halogen-Metalldampflampe

Halogen-Metalldampflampen sind eine Weiterentwicklung der Quecksilber-Hochdrucklampen. Durch die Zugabe von Metallen und Jodiden ist die Farbe und Lichtausbeute der Halogen-Metalldampflampe wesentlich verbessert worden. Der Wert der Lichtausbeute beträgt ca. 95 Lm/W.

Die Farbwiedergabeeigenschaften genügen höchsten Ansprüchen. Die Versorgungsspannung soll bei diesen Lampen nicht mehr als +/- 5 % schwanken.

Bei größeren Abweichungen kann sich die Lebensdauer und die Lichtfarbe ändern. Die Einbrennzeit beträgt 3 – 5 Minuten.

Abb. 10.15: Halogen-Metalldampflampe (siehe Anhang)

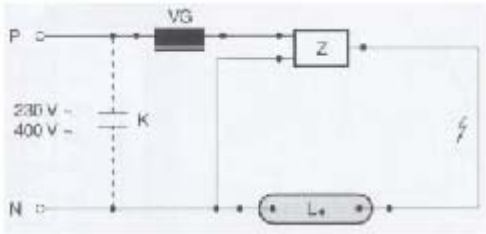


Abb. 10.16: Stromlaufplan Halogen-Metalldampflampe

10.12 Sicherheit beim Hochdruck-Entladungslampenbetrieb

Wegen der UV-Strahlung und des Betriebsüberdrucks dürfen Hochdruck-Entladungslampen nur in die dafür vorgesehenen vollständig geschlossenen Leuchten betrieben werden. Da ein Zerspringen der Lampenkolben nicht vollkommen ausgeschlossen werden kann, müssen Leuchten für die oben genannten Lampen mit einer temperaturwechselbeständigen und bruchsicheren Abdeckscheibe ausgestattet sein. Einzige Ausnahme ist, wenn die Lampen explizit für Betrieb in offenen Leuchten zugelassen sind. Der Betrieb von Lampen, die einen beschädigten Außenkolben aufweisen, ist gefährlich und unzulässig. Am Lebensende der Lampen können Gleichrichtereffekte auftreten, die zur Überhitzung des Vorschaltgeräts durch Gleichstrom führen können. Deshalb sind hier Thermoschutzschalter vorzusehen. Schaltungen, die Resonanzeffekte verursachen können, sind generell zu vermeiden. Am Ende der Lebensdauer sind die Lampen zügig zu wechseln, die durch eines der folgenden Kennzeichen auffallen: Farbveränderung, Helligkeitsverlust, keine Zündung mehr, periodisches Zünden und Verlöschen.

10.13 Bestimmungen für Leuchten und Beleuchtungsanlagen (VDE 0100 Teil 559)

Kennzeichen für Leuchten und Vorschaltgeräte:

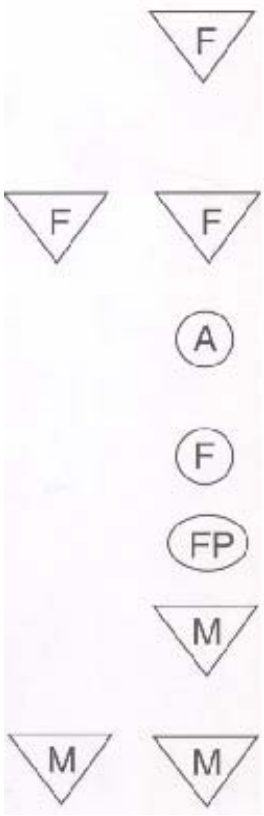


Abb. 10.17: Kennzeichen

gekennzeichnete Leuchtstofflampenleuchten sind für die direkte Anbringung auf brennbaren Baustoffen geeignet. Die Leuchte ist so konstruiert, dass selbst im Fehlerfall der Leuchte durch sie kein Brand entstehen kann.

gekennzeichnete Leuchten sind geeignet für staub- und faserstoffgefährdete Betriebsstätten.

gekennzeichnete Drosselspulen sind so gebaut, dass sie auch außerhalb von Leuchten ohne Gehäuse montiert werden können.

gekennzeichnete Kondensatoren sind flammsicher.

gekennzeichnete Kondensatoren sind flamm- und platzsicher

gekennzeichnete Leuchten gelten als Möbelleuchten und sind für direkte Montage selbst auf kunststoffbeschichteten Möbeln geeignet.

gekennzeichnete Leuchten können auf Materialien mit unbekannten Entflammungseigenschaften montiert werden.

10.14 Leuchtdioden

Leuchtdioden (LED) sind Halbleiterdioden, die Licht abstrahlen. Sie bestehen aus einem Halbleiterkristall mit PN-Übergang. Als Halbleiterwerkstoff verwendet man Galliumarsenid (GaAs), Galliumphosphid (GaP) oder Gallium-Arsenidphosphid (GaASP), je nach der Lichtfarbe, welche die Leuchtdiode abstrahlen soll.

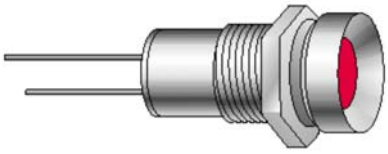


Abb. 10.18: Leuchtdiode (siehe Anhang)

Da die LED nur Licht eines begrenzten Wellenbereiches abstrahlen, erhalten sie ein Gehäuse aus farbigen Kunststoff, in den Farben grün, gelb, orange, rot und blau, der noch ein lichtstreuenden Stoff erhält.

LED´s setzt man als Signal-, Anzeige- oder Überwachungslämpchen ein. Sie vertragen Vibrationen und Stöße, arbeiten fast trägheitslos, sehr zuverlässig und haben eine sehr hohe Lebensdauer. Da durch eine Leuchtdiode grundsätzlich nur ein begrenzter Strom fließen darf, werden sie in der Regel mit einem Vorwiderstand betrieben. Die erforderliche Höhe des Widerstandes richtet sich nach der Betriebsspannung, der Durchlassspannung und dem Durchlassstrom der LED.

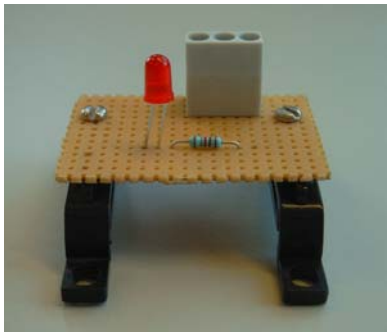


Abb. 10.19: Leuchtdiode mit Widerstand (siehe Anhang)

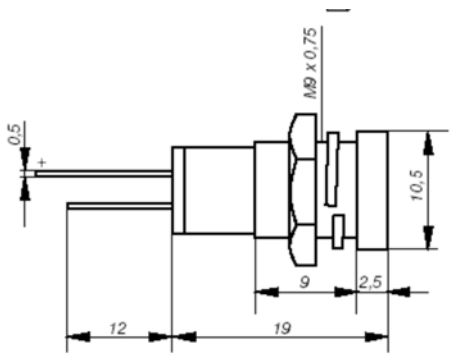


Abb. 10.20: Leuchtdiode, Abmessungen

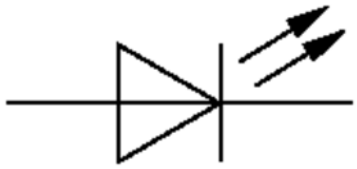


Abb. 10.21: Schaltzeichen für LED

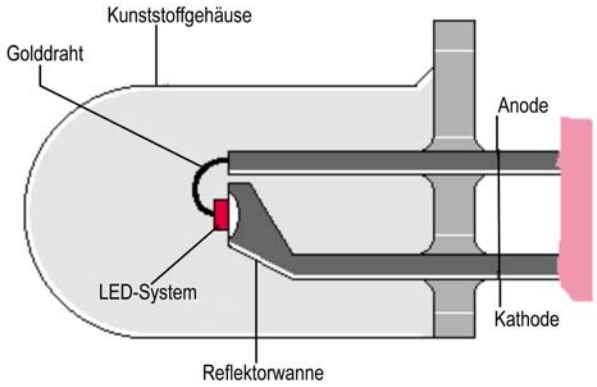


Abb. 10.22: Aufbau einer LED

10.15 Testfragen

1. Wie hoch ist die Lichtausbeute bei einer Glühlampe und wie hoch ist sie bei einer Leuchtstofflampe?

2. Erklären Sie den Stroboskopischen Effekt!

3. Zählen Sie verschiedene Sockeltypen für Glühlampen auf!

4. Welche Aufgabe hat der Starter bei der Leuchtstofflampe?

5. Welche Aufgabe hat die Drosselspule bei einer Leuchtstofflampe?

6. Was ist eine Leuchte?

7. Welche Aufgabe hat der Streufeldtrafo bei der Natrium-Niederdrucklampe?

8. Welches Gerät braucht man um eine Natriumdampf-Hochdrucklampe zum Leuchten zu bringen?

9. Womit müssen Leuchten für Hochdruckentladungslampen ausgestattet sein?

10. Wofür werden Leuchtdioden hauptsächlich eingesetzt?

10.16 Übung

Anfertigen einer Leuchtstofflampenschaltung

Erstellen Sie die gezeigte Leuchtstofflampenschaltung nach anliegendem Stromlaufplan, Installationsplan und Materialliste.

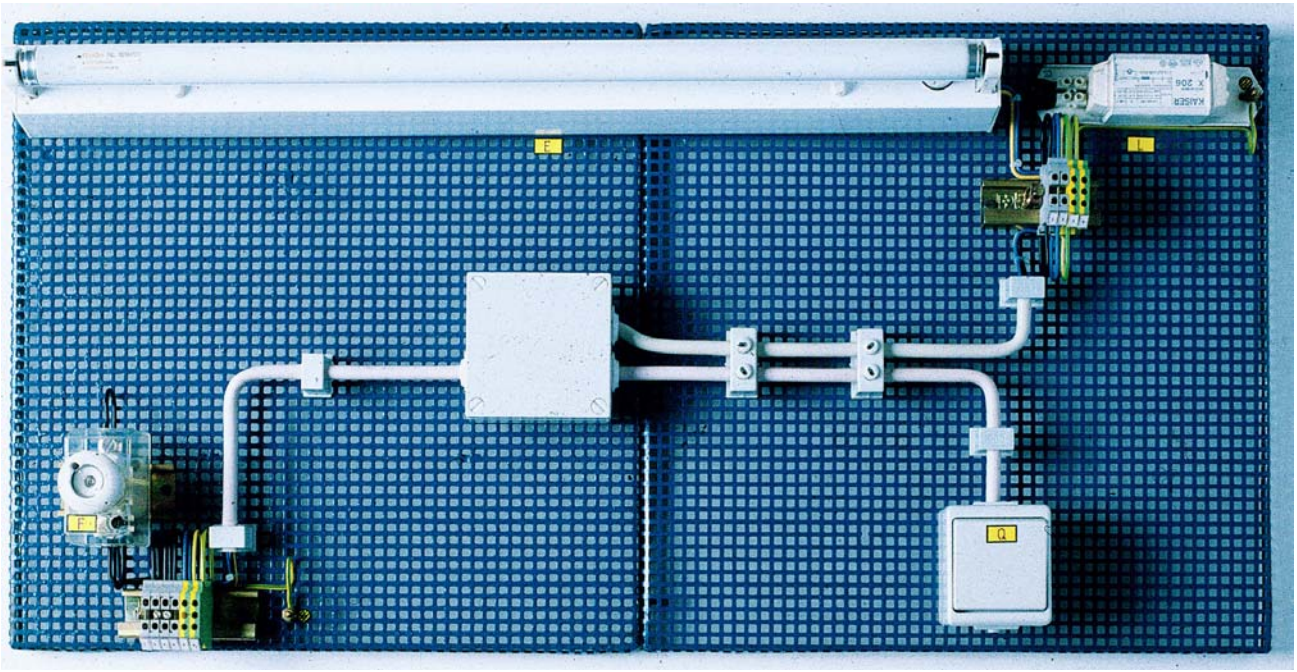


Abb. 10.23: Leuchtstofflampenschaltung (siehe Anhang)

Leuchtstofflampen – Schaltung

Lfd. Nr.	Vorgehensweise	Werkzeuge / Hilfsmittel	Arbeitssicherheit
1.	Alle Bauteile wie in der Zeichnung dargestellt, nach den vorgegebenen Massen aufbauen. (Leuchtstofflampe, Schalter, Abzweigdose, Klemmen, Vorschaltgerät, Klemmschellen, Sicherung)	Schraubendreher, Maßstab, Maulschlüssel	
2.	Die NYM – Leitung verlegen	Seitenschneider, Kabelmesser, Schraubendreher, Absetz-Zange	Kabelmesser nach Gebrauch schließen
3.	Die Leuchtstofflampe verdrahten	Seitenschneider, Kombizange, Schraubendreher, Absetz-Zange	Gefahr durch abspringende Leitungsstücke
4.	Die einzelnen Bauteile durch anschließen der Leitungen verbinden	Seitenschneider, Schraubendreher, Absetz-Zange	
5.	Die Verdrahtung überprüfen	Durchgangs-Prüfer	
6.	Inbetriebnahme der Schaltung		

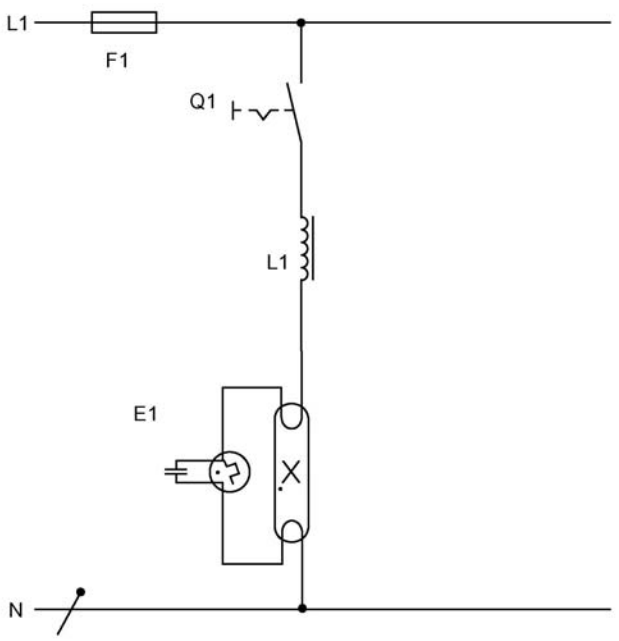


Abb. 10.24: Stromlaufplan

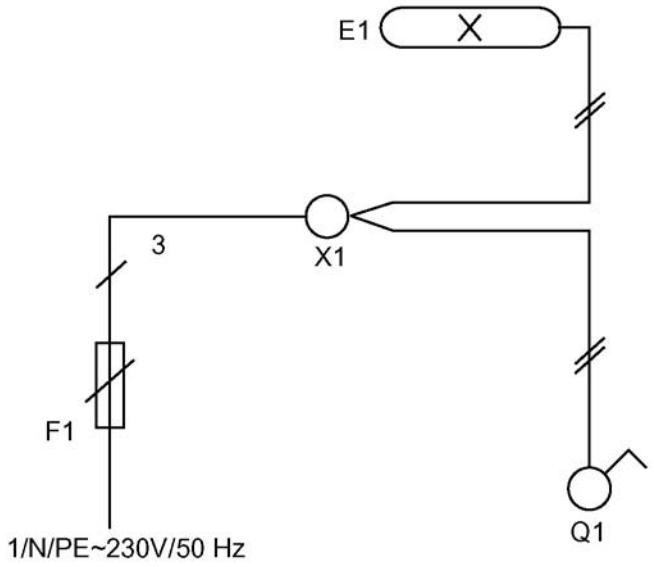


Abb. 10:25: Installationsplan

Materialliste:

lfd. Nr.	An-zahl	Material	Bemerkungen
1	1	Montageblech	400 x 400
2	2	Leuchtstofflampenfassung	(eine mit Starterfassung)
3	1	Vorschaltgerät	für 18 W L-Lampe
4	1	Reihenklemmleiste	komplett
5	1	Verteilerdose a. P.	
6	1	Ausschalter a. P.	
7	1	Sicherungselement	komplett
8	4	ISO-Druckschelle bis 16 mm	einfach
9	2	ISO-Druckschelle bis 16 mm	doppelt
10	1,5 m	Kunststoffmantelleitung	NYM-J3 x 1,5 mm^2
11	1,0 m	Kunststoffaderleitung	H07V-U 1,5 mm^2 sw
12	0,3 m	Kunststoffaderleitung	H07V-U 1,5 mm^2 gnge
13	1,0 m	Kunststoffaderleitung	H07V-U 1,5 mm^2 bl
14	1	Einzelheit „Z“ nach Zeichnung	
15	1	Leuchte	18 W
16	1	Reihenklemmleiste	komplett
17	1	Leuchtstofflampe	z. B. L 18 / W 11
18	6	Kabelband	Insuluk

Abb. 10.26: Materialliste Leuchtstofflampenschaltung