



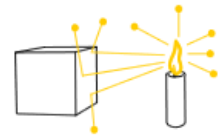
Faszination LICHT

- Das Wesen des Lichtes
- Geschichte
- Was ist Licht
- Leuchtmittel
- Durchschnittliche Strompreise Schweiz
- Wirtschaftlichkeit
- Landi Marketing-Strategie
- Schlussbemerkung

- Licht als Energie war eine Voraussetzung für die Entstehung des Lebens. Unsere Umgebung nehmen wir mit vielen Sinnen wahr, die meisten Informationen nehmen wir jedoch über die Augen auf. Wir sehen das Licht, welches in unsere Augen fällt. Schon seit der Antike haben Gelehrte und Wissenschaftler sich bemüht, eine allgemeingültige Theorie über die Natur des Lichts zu entwerfen. Dabei wurden viele grundlegende Erkenntnisse gewonnen, deren Theorien heute allgemein als moderne Physik bezeichnet werden.
- 300 v.Chr. hat **Euklid** sich in seiner Schrift über die Optik darum bemüht, seine Überlegungen in eine exakte mathematische Form zu bringen. Hierauf gründete sich die Theorie der geometrischen Optik, die besagt, dass Licht sich strahlenförmig auf geradlinigen Bahnen im Raum ausdehnt. Die Ausbreitung von Licht lässt sich also geometrisch beschreiben.
- Ende des 17. Jahrhunderts kamen mit der Emissions- oder Korpuskeltheorie und der Ondulations- oder Wellentheorie zwei einander widerstrebende Auffassungen über die Beschaffenheit des Lichts auf.
- Die geradlinige Ausbreitung des Lichtes führte **Isaac Newton** (1643-1727) dazu, 1675 die Emissionstheorie zu begründen. Danach besteht Licht aus winzigen Korpuskeln oder Partikeln, die von einer Lichtquelle aus geradlinig durch den Raum geschleudert werden. Die Lichtteilchen können von Hindernissen abprallen und die Richtung ihrer Flugbahn verändern. Weitgehend bleibt die Korpuskeltheorie der geometrischen Optik verhaftet.



Euklid erkannte, dass sich das Licht geradlinig und strahlenförmig im Raum ausbreitet.

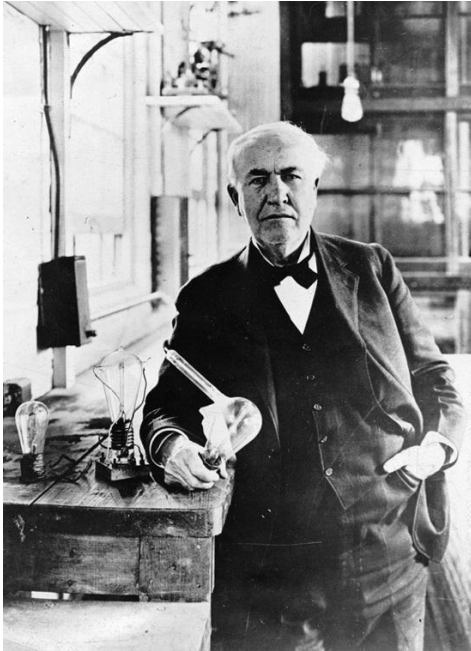


Nach Newton prallen winzige Lichtteilchen wie Bälle von Gegenständen ab.

- 1690 entwickelte **Christian Huygens** (1629-1695) in seiner Schrift Tractatus de lumini (Abhandlung über das Licht) eine erste Art Wellentheorie des Lichtes. Um 1800 konnte **Thomas Young** (1773-1829) die Wellennatur des Lichtes beweisen. Ebenso wie der Schall kann auch das Licht als ein Wellenphänomen verstanden werden und die Ausbreitung des Lichtes mit allgemeingültigen Gesetzen zur Ausbreitung von Wellen beschrieben werden. Phänomene wie die Beugung, Interferenz und Polarisation des Lichtes sind durch die Wellentheorie erklärbar.
- Die Wellentheorie wurde 1815 von **Augustin Jean Fresnel** (1788-1827) fortgeführt. Er deutete das Licht als Welle in einem schwingenden, elastischen Medium, dem Äther. Obwohl zwar mittlerweile erwiesen ist, dass es zur Fortpflanzung von Lichtwellen keines derartigen Stoffes bedarf, spricht man bisweilen auch heute noch davon, dass Wellen durch den Äther geschickt werden, wenn z.B. von Rundfunksendungen die Rede ist. Dennoch wurde die mechanische Äthertheorie bereits im Jahre 1864 von dem schottischen Mathematiker **Clerk Maxwell** (1831-1879) widerlegt, indem er das Licht als ein elektromagnetisches Phänomen darstellte. Seitdem wird das sichtbare Licht als ein relativ schmaler Bereich aus einem weiten Spektrum elektromagnetischer Schwingungen definiert.

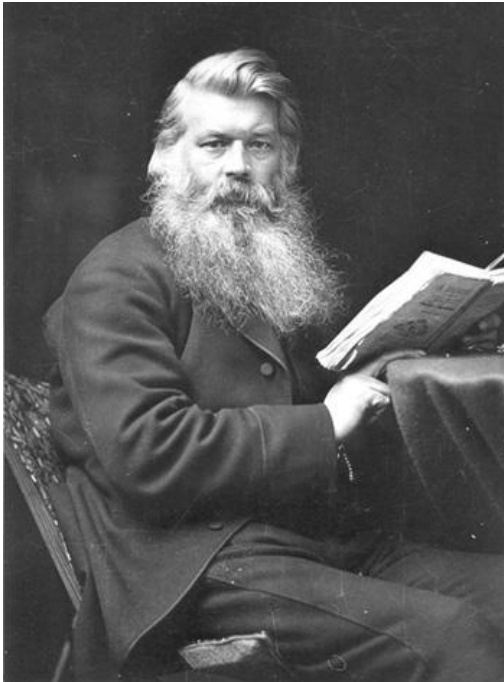


Die meisten Phänomene lassen sich mit dem Ausbreiten des Lichtes in Wellenform erklären.



Thomas Alva Edison

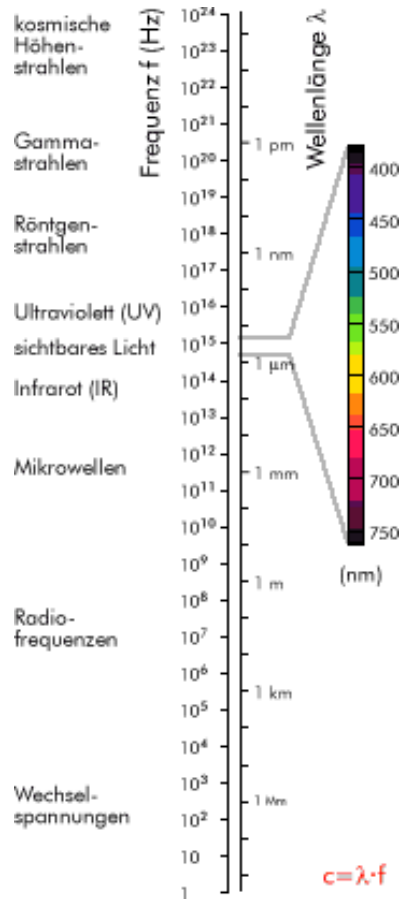
- Eine funktionstüchtige Bogenlampe wurde bereits 1809 durch Humphry Davy vorgestellt. Bogenlampen sind zwar vom Prinzip her Gasentladungslampen, erzeugen jedoch einen hohen Lichtanteil durch die glühenden Graphitelektroden.
- Quellen belegen eine frühe Glühlampe mit Platinfaden unter einer evakuierten (luftleeren) Glasglocke aus der Zeit um 1820. Herkunft und Datierung der als "De-la-Rue-Lampe" oder auch "De-la-Rive-Lampe" bezeichneten Lampe sind unklar.
- Später benutzte man wegen des höheren Schmelzpunktes und besserer Lichtausbeute Kohlefäden, wobei von Edison 1880 patentierte verkohlte Bambusfäden besonders gut geeignet waren.



Joseph Wilson Swan

- 1872 erhielt Alexander Nikolayevich Lodygin ein Patent auf eine Glühlampe mit einem dünnen Kohlefaden in einem mit Stickstoff gefüllten Glaskolben. In den 1890er Jahren experimentierte er mit verschiedenen Metallfäden. 1906 verkaufte Lodygin ein diesbezügliches Patent an General Electric, wo dieser auch heute noch gebräuchliche Lampentyp fortan industriell hergestellt wurde.
- Der britische Physiker und Chemiker Joseph Wilson Swan entwickelte 1860 ebenfalls eine Glühlampe, bei der er als Glühfaden verkohltes Papier in einem luftleeren Glaskolben benutzte. Erst 1878 gelang ihm die Herstellung einer praktisch brauchbaren elektrischen Glühlampe. Er stattete seine Glühlampen mit einer speziellen Fassung, der sog. Swanfassung aus, die sich im Gegensatz zu den Schraubgewinden der Edisonglühlampen bei Erschütterung, zum Beispiel in Fahrzeugen, nicht lösten.

Was ist Licht



In der Grafik ist der sichtbare Bereich der elektromagnetischen Strahlung herausgestellt. Kurze Wellen (370nm) sehen violett aus (wenn auch das kurzwellige Ende des Spektrums oft als Blau bezeichnet wird). Mit größerer Wellenlänge verändert sich die Farbe zu Blau, dann zu Grün, Gelb, Orange und schließlich, am langwelligen Ende des sichtbaren Bereichs (750 nm), zu Rot.

- Zur Erklärung der meisten Phänomene lässt sich Licht als **elektromagnetische Welle** definieren. Unser Empfinden für Farbe, Helligkeit und so weiter bezieht sich auf elektromagnetische Wellen, deren Frequenz im sichtbaren Bereich liegt. Wellen anderer Frequenzen haben keine Farbe. Sie werden mit Namen bezeichnet, die vor allem angeben, wozu sie verwendet werden.
- Der **gesamte Frequenzbereich** der elektromagnetischen Wellen heisst elektromagnetisches Spektrum und erstreckt sich lückenlos von den energieärmsten, langen Wellen, die leicht mit elektrischen Schwingungskreisen hergestellt und von Antennen abgestrahlt werden können (Radiowellen), bis zu den energiereichsten, ultraharten Röntgenstrahlen und den Gammastrahlen der Atomkerne. Das **Spektrum des sichtbaren Lichtes** umfaßt nur einen kleinen Bereich. Er liegt bei etwa 370 nm (violett) bis 750 nm (rot), entsprechend einer Frequenz von 8×10^{14} bis 4×10^{14} Hz.

p (pico-) = 10^{-12} = 0,000000000001 (billionstel)

n (nano-) = 10^{-9} = 0,000000001 (milliardstel)

μ (mikro-) = 10^{-6} = 0,000001 (millionstel)

m (milli-) = 10^{-3} = 0,001 (tausendstel)

k (kilo-) = 10^3 = 1000 (Tausend)

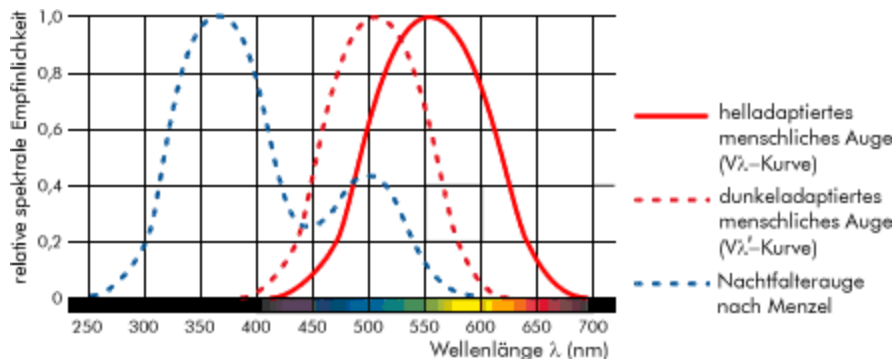
M (mega-) = 10^6 = 1000000 (Million)

G (giga-) = 10^9 = 1000000000 (Milliarden)

Weil die **Wellenlängen** (bzw. Frequenzen) der elektromagnetischen Strahlung einen sehr großen Bereich umfassen, werden sie meist in Zehnerpotenzen angegeben. So bezeichnet z.B. **555 nm** die Wellenlänge von grünem Licht.

Einheiten und Definitionen

- Man unterscheidet zwischen **strahlungsphysikalischen Größen**, die sich auf Strahlung beliebiger Wellenlänge beziehen, und **lichttechnischen Größen**, die das sichtbare Licht, bezogen auf die spektrale Empfindlichkeit des menschlichen Auges, bezeichnen.
- Für den **sichtbaren Bereich** verwendet man zur Bewertung von Lichtstrom und Lichtstärke die fotometrischen Einheiten **Lumen (lm)** und **Candela (cd)**. Diese bauen auf die Strahlungsbewertung durch das menschliche Auge auf. Für den übrigen Wellenlängenbereich werden strahlungsphysikalische Einheiten (z.B. Watt/sterad usw.) gebraucht.



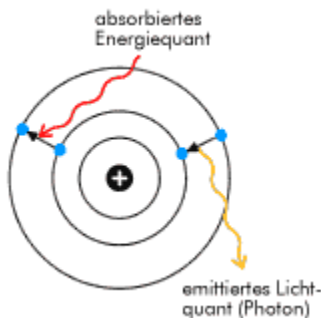
Tagsüber sieht der Mensch am besten bei etwa **555 nm** (gelb-grün). **Nachts** reagieren andere Rezeptoren des menschlichen Auges, sie sind im blauen Bereich am empfindlichsten. Sehr starke Lichtquellen, deren Wärme wir fühlen können, sehen wir auch im infraroten Bereich (IR) bis etwa 1100 nm. Wir könnten auch ultraviolettes Licht wahrnehmen, wenn nicht die Augenlinse dieses Licht verschluckte. Menschen, deren Linse etwa wegen eines Grauen Stars operativ entfernt wurde, sehen bis zu etwa 300 nm. Insekten wiederum sind für ultraviolettes Licht besonders empfindlich.

Lumineszenz - Wie entsteht Licht

Nach dem Bohrschen Atommodell bewegen sich Elektronen nicht in beliebigem Abstand um den Kern, sondern nur auf ganz bestimmten, durch eine Quantenbedingung ausgezeichneten Bahnen, den sog. stationären oder erlaubten Bahnen oder Quantenbahnen. Die Elektronen bewegen sich auf diesen stationären Bahnen strahlungsfrei, d.h. ohne Energieverlust. Je größer der Abstand der Bahnen vom Kern ist, um so größer ist das Energieniveau des Elektrons.

Der Übergang von einer Quantenbahn auf eine andere, der sogenannte Elektronen- oder Quantensprung, erfolgt dabei immer unter Aufnahme oder Abgabe der entsprechenden Energiedifferenz. Beim Übergang zu einer niedrigeren Energiestufe wird die Energiedifferenz in Form eines Photons abgegeben. Absorption oder Emission von Strahlung kann nur in dem Energieabstand entsprechenden Frequenzen erfolgen. Die Energie wird dabei in Elektronenvolt (eV) angegeben.

Licht emittierende Halbleiter (LED) müssen den der gewünschten Lichtfrequenz entsprechenden Energieabstand, der bei der Rekombination überbrückt wird, haben. Kurzwelliges Licht (blau oder UV) emittierende LED müssen also eine größere Energielücke bieten. Nach entsprechenden Halbleitern wurde in der Geschichte der LED lange geforscht.



Quantensprung unter Aufnahme (Absorption) oder Abgabe (Emission) von Energiequanten im Bohrschen Atommodell

Der Emissionsvorgang setzt voraus, dass das Atom zu Beginn in einer angeregten Stufe ist.

400 nm $\hat{=}$ 3,10 eV

500 nm $\hat{=}$ 2,48 eV

555 nm $\hat{=}$ 2,23 eV

600 nm $\hat{=}$ 2,07 eV

700 nm $\hat{=}$ 1,77 eV

Leuchtmittel

Glühbirne - Glühlampe



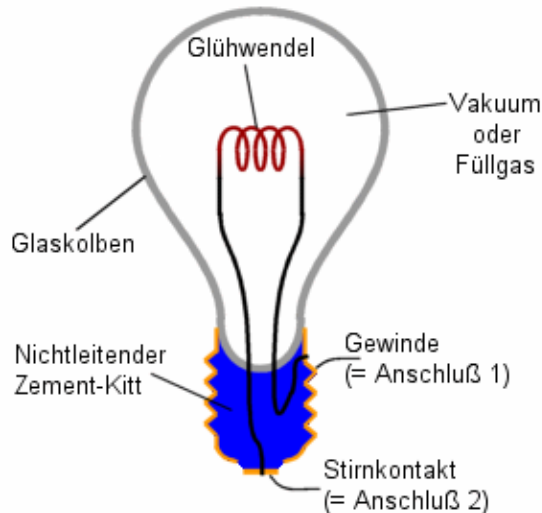
Die Glühbirne oder Glühlampe gehört zu den ältesten elektrischen Lichtquellen. Bei ihr handelt es sich um einen sogenannten Temperaturstrahler. Im Inneren bringt elektrischer Strom einen gewendelten Wolframdraht zum Glühen.

In einer Glühlampe wird ein elektrischer Leiter (Glühfaden bzw. Glühwendel) durch Stromfluss (Joulesche Wärme) so stark erhitzt, dass er glüht, d. h. kurzwellige thermische Strahlung emittiert. Die aufgenommene elektrische Leistung wird jedoch nur zum Teil in Form elektromagnetischer Strahlung (hauptsächlich Infrarot, sichtbares Licht sowie sehr wenig Ultraviolett) abgestrahlt. Ein Teil wird über Wärmeleitung und -konvektion an Füllgas und Glaskolben sowie über Wärmeleitung an die Zuleitungs- und Haltedrähte der Glühwendel abgegeben.

Der Glühfaden strahlt mit einer Wellenlängenverteilung entsprechend dem Planckschen Strahlungsgesetz. Das Strahlungsmaximum der Strahlung verschiebt sich mit steigender Temperatur gemäß dem Wienschen Verschiebungsgesetz zu kleineren Wellenlängen hin. Um eine möglichst hohe Lichtausbeute zu erhalten und auch, damit das Licht möglichst natürlich „weiß“ erscheint, strebt man danach, das Strahlungsmaximum durch Temperaturerhöhung aus dem Bereich der langwelligen Infrarotstrahlung (Wärmestrahlung) in den Bereich des sichtbaren Lichtes zu verschieben.

Leuchtmittel

Glühbirne - Glühlampe



- Die Höchsttemperatur wird allerdings durch die Eigenschaften des Glühfadenmaterials begrenzt. Um möglichst hohe Temperaturen zu ermöglichen, verwendet man heute für Glühfäden das hochschmelzende Metall Wolfram (Schmelztemperatur $3422 \pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$), früher auch Osmium oder Kohle. Allerdings lässt sich auch mit diesem Material die für tageslichtähnliches Licht wünschenswerte Farbtemperatur von etwa 6200 K nicht erreichen, da Wolfram bei dieser Temperatur bereits gasförmig (Siedetemperatur $5660 \text{ }^\circ\text{C}$) ist. Selbst wenn dies gelänge, betrüge die Lichtausbeute aufgrund des breiten emittierten Wellenlängenbandes nur weniger als 15%.

• Bei den praktisch in Glühlampen erreichbaren Temperaturen von etwa 2300 bis 2900 °C erreicht man kein Tageslicht und auch kein weißes Licht; Glühlampenlicht ist daher immer deutlich gelb-rötlicher als weißes oder Tageslicht. An diese typische Farbtemperatur von Glühlampen werden auch andere Lichtquellen für Wohnräume (z. B. Energiesparlampen und Leuchtstofflampen) angeglichen, sie wird hier als „Warmton“ bezeichnet.

Leuchtmittel

Halogen-Spot - Halogenlampe



Durch den Zusatz von Halogenen wird aus der normalen Glühlampe eine Halogen-Glühlampe. Halogen-Glühlampen sind bis zu 50 Prozent heller und halten etwa doppelt so lange wie konventionelle Leuchtmittel.

Die Zugabe des Halogens Brom oder Iod steigert die Lebensdauer auf 2.000 bis 4.000 Stunden – bei einer Betriebstemperatur von ca. 3.000 K. Die so genannten **Halogenglühlampen** erreichen eine Lichtausbeute von ca. 25 lm/W (vergleiche mit herkömmlicher Glühlampe ca. 15 lm/W, Energiesparlampe 60 lm/W).

Das Iod reagiert (zusammen mit Restsauerstoff) mit den vom Glühdraht verdampften Wolframatomten und stabilisiert eine wolframhaltige Atmosphäre. Der Prozess ist reversibel: Bei hohen Temperaturen zerfällt die Verbindung durch Pyrolyse wieder in ihre Elemente – Wolframatomten kondensieren auf oder in der Nähe der Glühwendel. Kleine Temperaturdifferenzen entlang der Wendel spielen für die Zersetzung nur eine untergeordnete Rolle. Die Vorstellung, dass sich Wolfram ausschließlich an den dünnen überhitzten Bereichen der Wendel niederschlagen würde, ist falsch. Ein interessanter Nebeneffekt dieser Überlegung hätte darin bestanden, dass sich der Glühfaden an den dünnsten Stellen selbst repariere. In Wirklichkeit findet die Kondensation von Wolframatomten jedoch an den kältesten Stellen der Wendel statt – es entstehen Whisker. Das Prinzip ist der chemische Transport, welcher sich in ähnlicher Weise auch beim Van-Arkel-de-Boer-Verfahren findet.

Leuchtmittel

Halogen-Spot - Halogenlampe

Der Halogenzusatz verhindert bei einer Glaskolbentemperatur von mehr als 250 °C den Niederschlag von Wolfram auf dem Glaskolben. Aufgrund der wegfallenden Kolbenschwärzung kann der Glaskolben einer Halogenlampe sehr kompakt gefertigt werden. Das kleine Volumen ermöglicht einen höheren Betriebsdruck, welcher wiederum die Abdampftrate des Glühdrahtes vermindert. Hierdurch ergibt sich schlussendlich der lebensverlängernde Effekt bei Halogenlampen. Jedoch wird der Halogenprozess durch Dimmung der Halogenleuchte vermindert, da die hierfür notwendige Temperatur nicht mehr erreicht wird.

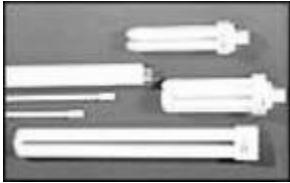
Das kleine Volumen ermöglicht zur Reduktion der Wärmeleitung die Befüllung mit schweren Edelgasen zu vertretbaren Kosten. Verunreinigungen auf dem Kolben (zum Beispiel Fingerabdrücke durch Anfassen des Glases) verkohlen im Betrieb und führen zu lokalen Temperaturerhöhungen, die zum Platzen des Glaskolbens führen können. Zurückbleibende Salze können auch als Kristallisationskeime zur Entglasung beitragen und so Schäden verursachen.

Die erforderliche hohe Glaskolbentemperatur erzwingt eine kleine Bauform, um die Wärmeabgabe an die Umgebungsluft zu reduzieren, und den Einsatz von Kieselglas (Quarzglas), das der hohen Temperatur standhält.

Gasdichte Stromdurchführungen werden bei den Quarzglas-Kolben von Halogenleuchtungen und auch bei Quarzglas-Brennern von Gasentladungslampen mittels Molybdän-Foliebändern realisiert.

Leuchtmittel

Neonröhre - Leuchtstofflampe

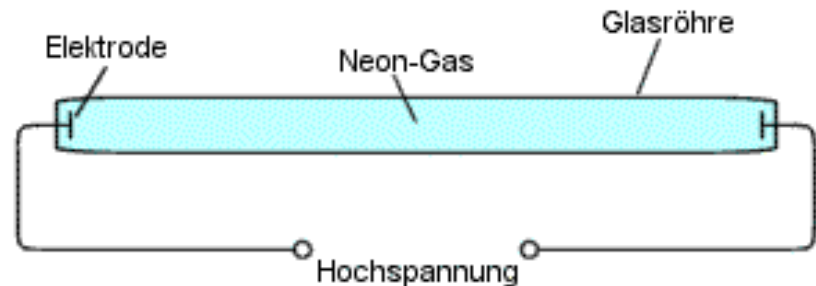


Die Neonröhre - oder korrekter Leuchtstofflampe - ist sehr wirtschaftlich. Sie braucht nur ein Fünftel des Stroms einer Glühbirne, und leuchtet mehr als 12.000 Stunden.

Die **Leuchtstoffröhre** ist eine Niederdruck-Gasentladungslampe, die innen mit einem fluoreszierenden Leuchtstoff beschichtet ist.

Als Gasfüllung dient Quecksilberdampf (Emission von Ultraviolettstrahlung) und zusätzlich meist Argon. Die Ultraviolettstrahlung wird von der Leuchtstoff-Beschichtung in sichtbares Licht umgewandelt.

Neonlampen sind sehr einfach aufgebaute Gasentladungslampen. Sie bestehen lediglich aus einem dünnen, klaren Glasrohr, das an den beiden Enden je eine Elektrode besitzt. Dieses Glasrohr ist mit Neon, einem Edelgas, unter geringem Druck gefüllt. Legt man eine ausreichend hohe Spannung von einigen zehntausend Volt an die Elektroden an, so kommt ein geringer Stromfluß in Gange.



Leuchtmittel

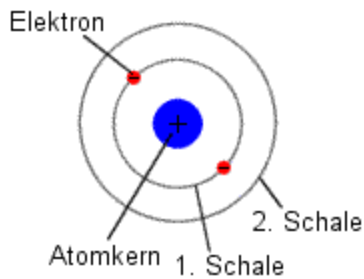
Neonröhre - Leuchtstofflampe

Die von einer zur anderen Elektrode fliegenden Elektronen kollidieren mit den Neon-Atomen, an die sie Bewegungsenergie abgeben wie eine Murmel, die mit einiger Geschwindigkeit eine andere streift. Hierbei wird ein Elektron eines Neon-Atoms auf eine weiter außen liegende Schale mit einem höheren Energieniveau abgelenkt, wie in Bild 2 anhand eines Helium-Atoms, dem am einfachsten aufgebauten Edelgas, dargestellt ist (Helium deshalb, um Sie nicht durch viele, an der Lichterzeugung unbeteiligte Elektronen zu verwirren; denn Neon besitzt 10 davon, nämlich 2 auf der ersten und 8 auf der zweiten Schale). Wird ein Elektron aus seiner Schale herausgeschlagen, kann es nur wie in Bild 2 dargestellt auf eine weiter außen liegende Schale springen und nicht auf beliebigen Abständen um den Atomkern kreisen. Dies liegt in der Wellenmechanik begründet, die aber leider viel zu kompliziert ist, um an dieser Stelle in einfachen Worten vermittelt zu werden.

In der überwiegenden Mehrzahl der Zusammenstöße reicht die Energie lediglich aus, um ein Elektron auf die 2. Schale zu katapultieren. Diese besitzt ein Energieniveau, das um einen genau definierten Betrag höher ist als das Energieniveau der 1. Schale. Von dort wird das Elektron jedoch sofort wieder aufgrund der elektrostatischen Anziehung in die 1. Schale zurückgezogen, wobei es eine definierte Energiemenge, nämlich die Differenz zwischen 2. und 1. Schale abgeben muß. Die physikalischen Ursachen sind die gleichen wie bei den Glühlampen. Auch hier wird die Differenzenergie in Form von Photonen d.h. in Form von Licht abgegeben.

Leuchtmittel

Neonröhre - Leuchtstofflampe



Im Unterschied zu den Glühlampen ist die abgegebene Energie immer exakt gleich, weil der Unterschied der Energieniveaus zwischen den 2 Schalen auch immer exakt gleich ist. Die Folge ist ein Linienspektrum mit genau einer einzigen Linie. Unter bestimmten Umständen können Elektronen nicht nur auf die nächste sondern gleich auf die übernächste Schale mit einem noch höheren Energieniveau katapultiert werden. Auf diese Weise entstehen weitere Linien. Bei Neon wird rot-/oranges Licht abgestrahlt. Auch andere Edelgase wie Argon oder Krypton geben sichtbares Licht ab und werden als Reklameschriftzüge gerne eingesetzt.

Die Hochspannungserzeugung ist nicht gerade billig. Auf der anderen Seite kann man die dünnen Glasröhren vor dem Füllen mit Edelgas nahezu beliebig biegen. Bevorzugtes Anwendungsgebiet sind die bekannten Reklameschriftzüge. Für Beleuchtungszwecke sind Neonlampen und andere Gasentladungslampen mit Edelgasen hingegen weniger geeignet.

Leuchtmittel

Neonröhre - Leuchtstofflampe

Leuchtstofflampen sind ähnlich wie Neonröhren aufgebaut. Allerdings besteht das gewünschte weiße Licht aus einer Mischung von unzähligen Lichtfarben, während Gasentladungslampen ein Linienspektrum mit einer begrenzten Anzahl von Wellenlängen (oft nur einer einzigen) abstrahlen. Um zu weißem Licht zu gelangen, muß man daher einen etwas anderen Weg einschlagen. Man verwendet eine evakuierte Glasröhre, die geringe Mengen an Quecksilber enthält. Quecksilber strahlt, wenn man es wie schon oben beschrieben mit Elektronen bombardiert, ultraviolettes Licht mit einer Wellenlänge von ca. 185 und 254 nm ab. Dieses ultraviolette Licht trifft auf einen Leuchtstoff, mit dem die Innenseite der Röhre beschichtet ist. Dieser Leuchtstoff absorbiert das ultraviolette Licht und läßt es nicht nach außen durch, wird durch das Ultraviolettlicht jedoch seinerseits zum Leuchten angeregt.



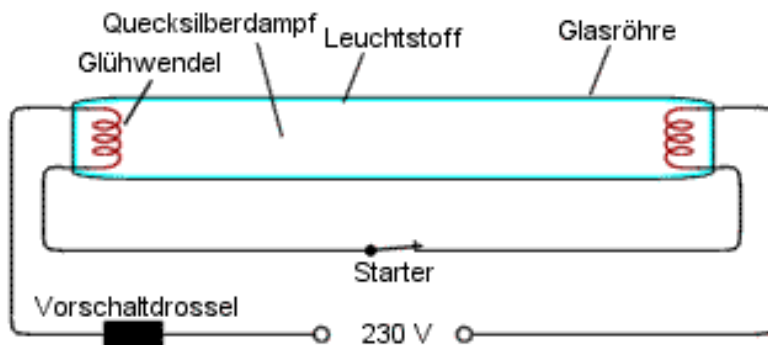
Leuchtstoffe emittieren allerdings ebenfalls kein kontinuierliches Spektrum. Durch Mischung mehrerer Leuchtstoffe kann man jedoch erreichen, daß in Summe ein quasikontinuierliches Spektrum abgestrahlt wird.

Durch geeignete Mischung gelingt es zudem, warmes oder kaltweißes Licht zu erzeugen. Wie gut die Annäherung an das kontinuierliche Spektrum des Sonnenlichts bzw. des Glühlampenlichts ist, hängt stark von der Qualität der Leuchtstoffröhre ab. Hochwertige Leuchtstoffröhren, die allerdings nicht in jedem Baumarkt erhältlich sind, strahlen Licht ab, das dem Sonnenlicht sehr nahe kommt.

Leuchtmittel

Neonröhre - Leuchtstofflampe

Während man bei Glühlampen und auch Neonlampen einfach den Strom anknipsen muß, damit sofort Licht emittiert wird, ist dies bei Leuchtstoffröhren bei Betrieb an der üblichen Netzspannung von 230 V nicht möglich. Denn ohne weitere Maßnahmen sprich Hochspannung fließt kein Strom durch die Röhre, und folglich wird auch kein Licht emittiert. Leuchtstofflampen müssen vielmehr, wie man sagt, gezündet werden, damit auch bei Netzspannung ein Stromfluß erfolgt. Zu diesem Zweck sind die Elektroden an beiden Enden der Röhre als Glühwendel ausgeführt. Im Einschaltaugenblick ermöglicht der geschlossene Starterkontakt einen Stromfluß durch die beiden Glühwendeln wie in Bild 4 dargestellt.

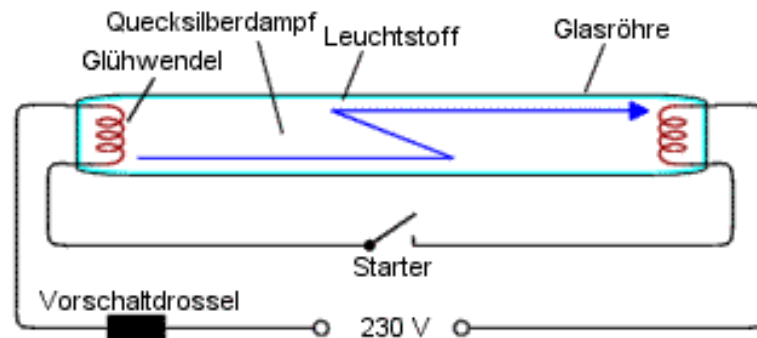


Durch die Heizwendeln erreicht man gleich 2 Dinge: Erstens verdampft durch die Hitze ein wenig Quecksilber und zweitens können Elektronen viel leichter aus heißen als aus kalten Elektroden austreten. Beides ist für den nachfolgenden Zündvorgang wichtig. Denn wenn der Starterkontakt nach typisch etwa 0,5 bis 2 s öffnet, will die Vorschalt-drossel, wie es dem Wesen einer Drossel (=Spule/Induktivität) entspricht, den Stromfluß aufrecht erhalten.

Leuchtmittel

Leuchtröhre - Leuchtstofflampe

Der Starterkontakt ist jedoch geöffnet, so daß der Stromfluß hier unterbunden ist. Die Spannung steigt daher schlagartig an, bis irgendwo ein Funke überspringt, damit der Stromfluß aufrecht erhalten werden kann. Der gewollte Weg ist hierbei durch die Röhre, wobei man es durch das Vorheizen dem Strom relativ einfach macht. Denn die jetzt stromlosen Glühwendeln glühen noch eine Weile nach, so daß aus ihnen relativ leicht Elektronen austreten können, und auch das verdampfte Quecksilber schlägt sich nicht schlagartig nieder. Bei einer Spannung von größenordnungsmäßig 1000 V zündet die Röhre, d.h. es findet ein Stromfluß von einer Elektrode zur anderen statt. Einmal gezündet, braucht man keine sehr hohe Spannung mehr. Sofort nach dem Zünden bricht daher die Spannung auf die sogenannte Brennspannung von ungefähr 100 V zusammen. Zudem bleibt der Stromfluß erhalten, obwohl sich die Heizwendeln langsam abkühlen.



Leuchtmittel

leonoröhre - Leuchtstofflampe

Durch den Stromfluß durch die Röhre werden die Quecksilberatome zum Leuchten angeregt. Das Prinzip ist dabei das gleiche wie bei z.B. den Neonlampen. Hierbei heizt sich die Lampe ein wenig auf, so daß langsam das gesamte Quecksilber in der Röhre verdampft und aktiv an der Lichterzeugung teilnimmt. Aus diesem Grund dauert es einige Minuten, bis eine Leuchtstoffröhre ihre maximale Helligkeit erreicht. Außerdem wird klar, warum Leuchtstoffröhren bei niedrigen Temperaturen schlecht zünden; denn hierbei verdampft trotz Vorheizens nur relativ wenig Quecksilber, weil die Röhre ziemlich lang ist und die Heizwendeln sich nur an den Enden befinden.

Die Vorschaltdrossel, die beim Zünden für die Erzeugung der Hochspannung verantwortlich war, erfüllt im normalen Betrieb einen weiteren Zweck: Sie begrenzt den Strom durch die Röhre auf einen zulässigen Wert. Da es sich um eine Induktivität handelt, geschieht dies theoretisch verlustlos. In der Praxis bleiben in einer für eine übliche 36-W-Röhre geeigneten Drossel etwa 9 W hängen, die einfach in Wärme umgewandelt werden. Die gesamte Aufnahmeleistung beträgt in diesem Fall daher ca. 45 W und nicht 36 W, wie vielfach aufgrund der Leistungsangabe auf der Röhre vermutet wird.

Leuchtmittel

leonoröhre - Leuchtstofflampe

Beim Zündvorgang gibt es leider öfter Probleme: Der in überwiegender Mehrheit anzutreffende Bimetallstarter öffnet den Kontakt zu einem beliebigen Zeitpunkt. Ideal wäre, wenn dies im Strommaximum geschieht, damit ein energiereicher Zündfunke induziert wird. Gar nicht selten passiert dies jedoch im falschen Moment d.h. bei niedrigen Strömen, so daß die Röhre zwar kurz aufblitzt, aber sofort wieder verlöscht. Abhilfe schafft ein sogenannter elektronischer Starter, der meistens nur wenig mehr als 2,50 Euro kostet und sein Geld mehr als wert ist, weil er nicht nur die Röhre in der Regel beim ersten Versuch zündet sondern zudem durch die sich dadurch ergebende Reduzierung der Heizzyklen den Verschleiß an den Heizwendeln verringert und damit die Lebensdauer der Röhre deutlich erhöht.

Außerdem werden Leuchtstoffröhren in aller Regel mit niederfrequentem Wechselstrom betrieben, d.h. bei den üblichen 50 Hz geht alle hundertstel Sekunde der Strom auf Null zurück und wechselt die Polarität. Kurz vor jedem Nulldurchgang ist die Spannung so gering, daß die Röhre verlöscht und das ionisierte Quecksilber abkühlt. Bei kalter Röhre kann die Abkühlung so stark sein, daß sie in der nächsten Halbwelle, in der sie normalerweise auch bei Netzspannung sofort wieder zündet, dies nicht tut. Deshalb sind oft mehrere Startversuche erforderlich, bis die Röhre stabil brennt.

Leuchtmittel

leonoröhre - Leuchtstofflampe

In Büroräumen kommen oft Hochfrequenzsysteme zum Einsatz, die meistens mit 35 bis 40 kHz arbeiten. Wegen der infolge der deutlich höheren Frequenz ganz erheblich kürzeren Zeit kann das Quecksilber beim Nulldurchgang kaum abkühlen, so daß die Röhre zuverlässig sofort wieder zündet. Auch die Vorglühzeit kann viel kürzer sein, so daß fast unmittelbar nach dem Einschalten der Spannung die Röhre Licht abgibt. Zudem sind die Verluste im Vorschaltgerät deutlich geringer als in einer konventionellen Vorschaltdrossel. Nachteilig ist der verglichen mit einer Vorschaltdrossel ganz erheblich höhere Preis.

Aufgrund des Quecksilberanteils sind Leuchtstofflampen aller Bauformen nicht unproblematisch. Keinesfalls sollte man die Röhren zur Entsorgung zerschlagen, denn Quecksilber ist bereits in geringer Menge hochgradig gesundheitsgefährdend. Leuchtstofflampen gehören daher unbedingt in den Sondermüll und keinesfalls in die Hausmülltonne, selbst wenn man sie hierzu nicht zerstören muß. Denn irgendwann bei der Entsorgung zerbricht die Röhre doch, wobei das Quecksilber in die Umwelt oder gar ins Grundwasser gelangen würde. Meistens kann man defekte Röhren dort zurückgeben, wo man neue kaufen kann.

Leuchtmittel

Leuchtröhre - Leuchtstofflampe

Leuchtstofflampen sind sehr weit verbreitet, vor allem als gerade Röhre. Ebenfalls erhältlich sind die sogenannten Energiesparlampen. In diesen ist ein elektronisches Vorschaltgerät mit einer oder mehreren dünnen, gefalteten Röhren zusammengefaßt, so daß man sie anstelle von normalen Glühlampen verwenden kann. Der Wirkungsgrad von Leuchtstofflampen ist mit zwischen ca. 8 und 15 % deutlich höher als der von Glühlampen, wobei lange Lampen mit großem Durchmesser einen höheren Wirkungsgrad besitzen als solche mit kurzer Röhre ("Energiesparlampen"). Die Lichtfarbe von vor allem preisgünstigen Leuchtstofflampen wird oft als unnatürlich empfunden. Zudem stört oft das Flackern von konventionell mit Vorschalt-drossel betriebenen Röhren. Für Pflanzen ist auch das Licht von sehr einfach gebauten und daher preiswerten Leuchtstofflampen gut geeignet, sofern das Verhältnis von blauem zu rotem Licht günstig ist, was für Röhren mit der Lichtfarbe "kaltweiß" zutrifft.

Ein leider weitverbreitetes Märchen ist übrigens, man müsse Leuchtstofflampen regelmäßig auswechseln, weil ihr Wirkungsgrad nach einem halben bis ganzen Jahr auf die Hälfte abgesunken sei, d.h. bei gleicher Stromaufnahme nur noch den halben Lichtstrom d.h. die halbe "Lichtmenge" abstrahlt. Es ist zwar richtig, daß nagelneue Leuchtstofflampen mehr Licht abgeben als ältere, aber der Unterschied im besagten Zeitraum beträgt über den Daumen gepeilt nur 10% und stabilisiert sich zudem in dieser Größenordnung. Der genaue Verlauf ist normalerweise in den einschlägigen Datenblättern der Hersteller enthalten. Man kann daher in aller Regel eine Leuchtstofflampe bis zum Ende der Lebensdauer benutzen. Nur wer mit sehr spitzem Bleistift den durch den nachlassenden Lichtstrom virtuell vergeudeten Strom dem Restwert der Röhre gegenüberstellt, wird seine Röhren nach etwa 4 bis 5 Jahren Nutzungsdauer bei täglich 12 h Brenndauer durch neue ersetzen. Als Überwinterungsbeleuchtung, die z.B. nur 4 Monate im Jahr benutzt wird, macht es daher wenig Sinn, vor Ablauf von ca. 12 bis 15 Jahren an einen Austausch zu denken.

Leuchtmittel

Leuchtröhre - Leuchtstofflampe

Die Farbwiedergabe von Lampen wird durch den Farbwiedergabeindex *Ra* beschrieben.

Die farbliche Zusammensetzung des Lichtes wird bei Leuchtstoffröhren wesentlich durch die Zusammensetzung der Beschichtung des Glases, zu einem Teil aber auch durch die primären Emissionslinien der Gasfüllung und deren Hindurchtreten durch den Leuchtstoff und das Glas bestimmt. Die Leuchtstoffbeschichtung besteht aus kristallinen Pulvern (vorwiegend anorganische Oxide), die im Falle von 3-Banden-Leuchtstoffen Spuren von zwei- oder dreiwertigen Lanthanoid-Kationen enthalten, welche je nach eingesetztem Lanthanoid und des zugrundeliegenden Wirtsgittersystems unterschiedliche Farben erzeugen. Diese Farben ergeben additiv die Leuchtfarbe der Röhre. Die Standardleuchtstoffe basieren auf dem System des sogenannten Calciumhalophosphats der allgemeinen Formel $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{F},\text{Cl}):\text{Sb},\text{Mn}$, wobei die unterschiedliche Farbtemperatur durch Variationen in der Konzentration der beiden Dotierelemente Mangan (Mn) und Antimon (Sb) erzielt wird.

Die Farbtemperatur ist auch abhängig von der Raumtemperatur. Gewöhnliche Leuchtstoffröhren sind für eine Raumtemperatur von etwa 20 °C ausgelegt, bei dieser Raumtemperatur erwärmen sie sich auf knapp 35 °C. Wird diese Temperatur wesentlich unterschritten, beginnt das Argon stärker zu leuchten, und die Leuchtstoffröhre sendet mehr infrarotes Licht aus. Für Anwendungen im Außenbereich und in Kühlanlagen gibt es spezielle Leuchtstoffröhren für niedrige Umgebungstemperaturen.

Leuchtmittel leorröhre - Leuchtstofflampe

Die Lichtfarbe der Lampen ist für die Raumqualität mit von Bedeutung. Auch die Lichtfarben sind den verschiedenen Arbeitsaufgaben bzw. Arbeitsstätten zugeordnet. Weißes Licht ist gemäß DIN5035 in drei Farbtemperaturbereiche eingeteilt:

Abkürzung	Bezeichnung	Farbtemperatur	Anwendung
ww	Warmweiß / warm white	< 3300 K	Konferenz- u. Büroräume, Gasträume, Wohnräume
nw	Neutralweiß / cool white	3300 K bis 5300 K	Schulen, Büros, Werkstätten, Ausstellungsräume
tw	Tageslicht / day light	> 5300 K	Tageslichtersatz in geschlossenen Räumen und für technische Anwendungen

Die Farbe nw wird am häufigsten ausgewählt. In einem Raum sollte stets die gleiche Lichtfarbe eingesetzt werden.

Leuchtmittel

giesparlampe - Energiesparbirne



Die Energiespar-Birne erzeugt Licht nach dem gleichen Prinzip wie Neonröhren. Durch Biegen des Glasrohres ist es aber gelungen, diese Energiesparlampen sehr kompakt zu bauen.

Bei den Heißkathodenröhren (Leuchtstofflampen, Energiesparlampen) ist an den Enden jeweils ein Heizdraht eingebaut. Eine geeignete Beschichtung reduziert die Austrittsarbeit der Elektronen, damit der Heizdraht bei moderaten Temperaturen genügend Elektronen emittiert. Beim Startvorgang werden zunächst beide Elektroden von Strom durchflossen, um sie zu heizen. Dann wird durch die Starteinrichtung zwischen den Elektroden die eigentliche Betriebsspannung freigegeben. Es ist eine Wechselspannung, daher wirken beide Elektroden jeweils eine halbe Periode lang abwechselnd als Anode (Positive Elektrode) bzw. Kathode.

Diese Entladungsspannung beschleunigt die Elektronen, die sich um den Kathodenheizdraht angesammelt haben, im elektrischen Feld in Richtung Anode. Bei ihrem Flug durch die Röhre stoßen die Elektronen mit den Quecksilberatomen zusammen. Dabei wird das Gas ionisiert (Stoßionisation), und es entsteht ein Plasma innerhalb der Glasröhre.

Durch Ionen- und Elektronenbeschuss der Elektroden wird nun die Erwärmung der Kathoden durch den Entladungsstrom selbst aufrechterhalten, und der Heizstrom durch die Kathoden ist nicht weiter erforderlich.

Leuchtmittel

giesparlampe - Energiesparbirne

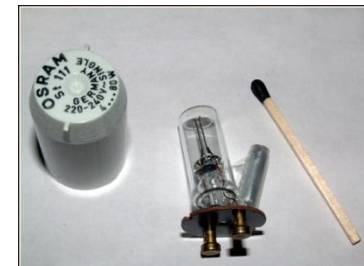
Zündung und Betrieb mit konventionellem Vorschaltgerät (KVG)

KVG bestehen aus einer Netz-Drossel (Drosselspule für 50 Hz), zusätzlich ist ein **Starter** erforderlich. Er ist nahe der Lampe oder bei manchen Kompaktleuchtstofflampen in dieser integriert.

Drossel

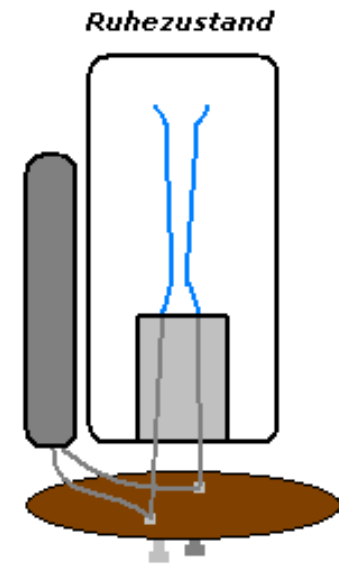
Die Leuchtstoffröhre selbst arbeitet mit etwa 55 V Betriebsspannung und benötigt einen Vorwiderstand, um im Betrieb den durch die Röhre fließenden Strom zu begrenzen. Sie besitzt eine "fallende" Kennlinie. Das heißt, die Spannung wird geringer, wenn der Strom steigt. Ohne Vorwiderstand steigt dieser zu weit und die Röhre explodiert. Bei Wechselspannung sollte man auf jeden Fall entweder einen Kondensator oder eine Spule mit passendem Blindwiderstand verwenden, um unnötige Wärmeentwicklung zu vermeiden. Eine Drossel, in Reihe zur Röhre geschaltet, kann auch die zur Zündung der Röhre erforderliche Spannung erzeugen. Bei einem Kondensator sind kompliziertere Schaltungen notwendig.

Die Drosselspule wird auch als „Konventionelles Vorschaltgerät“ (KVG) bezeichnet. Sie hat bei einer 58-W-Röhre eine Verlustleistung von ca. 12 W. „Verlustarme Vorschaltgeräte“ (VVG) sind eine (selten anzutreffende) Weiterentwicklung mit ca. 5 W Verlustleistung. Kondensatoren verursachen kaum Verlustleistung und werden deshalb in Stablampen verwendet.



Starter

Das Bild rechts zeigt einen geöffneten Glimmstarter, links das Gehäuse, rechts ein Streichholz zum Größenvergleich. Der Starter leitet die Zündung der Lampe ein. Er ist parallel zur Röhre angeschlossen und enthält in seiner traditionellen Ausführung eine Glimmlampe, deren Elektroden als Bimetallstreifen (siehe Bild rechts) ausgeführt sind und sich durch das Brennen der Glimmentladung erwärmen. Die Zündspannung der Glimmlampe ist so bemessen, dass sie unterhalb der Betriebsspannung der Leuchtstoffröhre liegt. Parallel zur Glimmlampe liegt ein Entstörkondensator, im Bild rechts neben der Glimmlampe zu sehen. Er begrenzt beim Öffnen der Kontakte die Spannungsanstiegsgeschwindigkeit und sorgt auch bei gezündeter Lampe für eine Verminderung der Störemissionen der Gasentladung der Lampe.



Man unterscheidet zwischen Startern für Einzelbetrieb (Einzelröhren von 4 - 65/80 Watt) und Startern für den sogenannten Tandembetrieb (Zweifachleuchten mit meist 2 Röhren á 18 Watt, die mit einer 36 Watt-Drossel in Reihe geschaltet werden). Ein Starter für Einzelbetrieb kann nicht in einer Tandemleuchte betrieben werden - die Glimmlampenkontakte schließen erst nach mehreren Minuten oder gar nicht. Ein Tandemstarter kann jedoch in Einzelröhren bis zu 20 Watt Stärke eingesetzt werden. Röhren mit höheren Wattagen können nicht zuverlässig gezündet werden - es ergibt sich ein dauerhaftes Flackern der Röhre. Es kann jedoch auch sein, dass sie für einige Sekunden lang zündet, um dann wieder zu erlöschen, weil die Glimmlampe für niedrigere Spannungen bzw. Stromstärken ausgelegt ist und die Gasentladung nicht aufrecht erhalten kann.

Läßt sich eine defekte Röhre nicht mehr zünden, so kommt es bei Glimmstartern aufgrund der fehlenden Sicherung dauerhaft zur Glimmentladung. Die Kontakte der Glimmlampe schließen, und nach einem erfolglosen Zündversuch öffnen sie kurz, um dann erneut zu schließen. Auch das führt zu dauerhaftem Flackern der Leuchtstoffröhre. Es endet erst, wenn in der Röhre ein Heizdraht durchbrennt. Der Starter altert dabei rapide.

Gealterte Starter erreichen mit der Zeit einen Punkt, an dem sie nicht mehr oder kaum noch nutzbar sind. Es gibt bei einem Starter drei Möglichkeiten des Defektes. Zum einen kann der Entstörkondensator durchschlagen. Der Starter gibt dabei ein relativ lautes Geräusch von sich und zündet anschließend nicht mehr, da ein oder mehrere Kontakt beschädigt wurden. Obwohl die Glimmlampe an sich oft unversehrt ist, muss er ausgetauscht werden. Zum zweiten können die Elektroden der Glimmlampe verschweißen. In diesem Fall ergibt sich ein dauerhaft geschlossener Stromkreis, als hätte man an die Stelle des Starters einen simplen Verbindungsdraht gesetzt. Die Leuchtstoffröhre wird ständig beheizt, und die leuchtenden Elektroden an ihren Enden altern erheblich. Auch ein solcher Starter muss ausgetauscht werden.

Ein dritter möglicher Defekt ist der, dass die Gasfüllung innen im Glaskörper ganz oder teilweise durch abgesputtertes Metall adsorbiert worden ist. Solche Starter brauchen entweder eine sehr lange Zeit, um den Kontakt in der Glimmlampe zu schließen (sehr langes "Leuchten" des Starters, bevor die Drossel zu brummen anfängt), oder aber die Zündimpulse werden sehr schwach oder selten, so dass Röhren mit hohen Wattzahlen nicht mehr gezündet werden können.

Wird eine noch nutzbare Röhre durch einen defekten Starter mehrere Stunden lang beheizt, verliert sie dadurch einen guten Teil ihrer restlichen Lebensdauer (erkennbar an den verrußten Enden). Eine solche Röhre ist oft noch zündbar, jedoch nimmt der Zündvorgang über die belasteten Elektroden relativ viel Zeit in Anspruch. Auch gibt sie kurz nach dem Zündvorgang wesentlich weniger Licht ab als ein intaktes Leuchtmittel und flackert stärker (deutlich erkennbar bei Dreibandlampen mit hohen Wattagen ≥ 36 Watt). Da sich die Röhre nach einer Weile von den Enden her erwärmt, leuchten diese oft deutlich heller als die Mitte, in der sich eine Art "Lichtstrom-Loch" ergibt. Eine solche Röhre erreicht ihren vollen Lichtstrom, wenn überhaupt, erst nach längerer Zeit.

- Das Vorheizen der Kathoden erfolgt durch Wechselstrom wie bei konventionellen Startern. Die Kathoden glühen dabei leicht auf. Nach einer kurzen Zeit von 1-3 Sekunden (abhängig vom Modell) öffnet der Starter (idealerweise im Strommaximum), wodurch eine hohe Induktionsspannung in der Drossel entsteht, welche die Röhre zündet.
- Der Drosselstrom wird gleichgerichtet, dadurch ist er aufgrund der Sättigung der Drossel gegenüber konventionellen Startern höher. Die Lampe wird dadurch innerhalb weniger als einer halben Sekunde gezündet. Ein Nachteil dieser Methode ist das Geräusch der Drossel: Ist diese auf Metall montiert, so ist während der Startphase ein sehr lautes Brummen zu hören.

Elektronische Vorschaltgeräte (EVG) bewerkstelligen den Startvorgang selbst. Hat eine Röhre nach dem Startvorgang nicht gezündet, ist sie oftmals defekt. Meist ist eine der Kathoden taub, es fließt während einer Halbwelle kein Strom durch die Lampe, sodass der Starter bei der nun höheren Spannung erneut zündet.

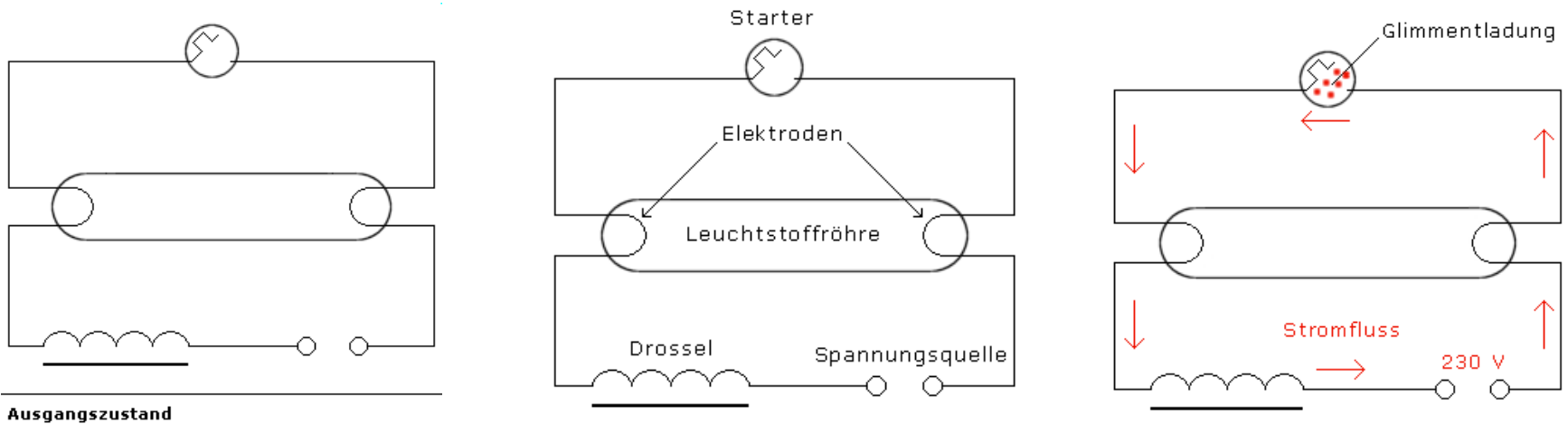
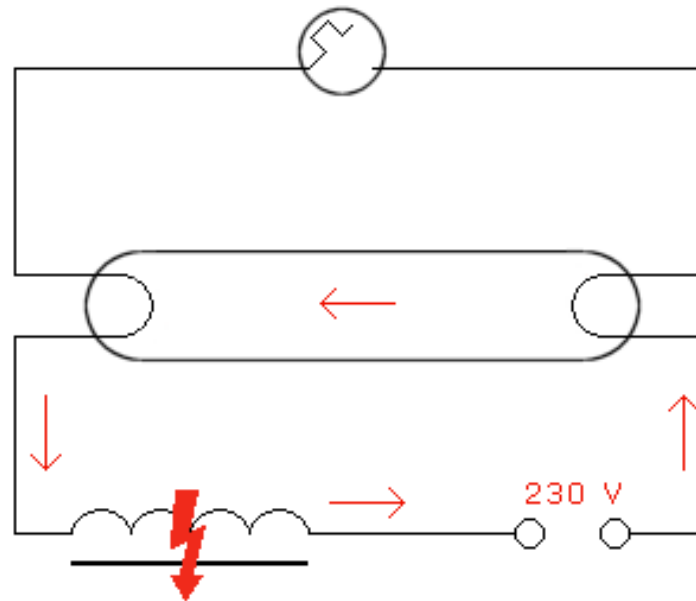
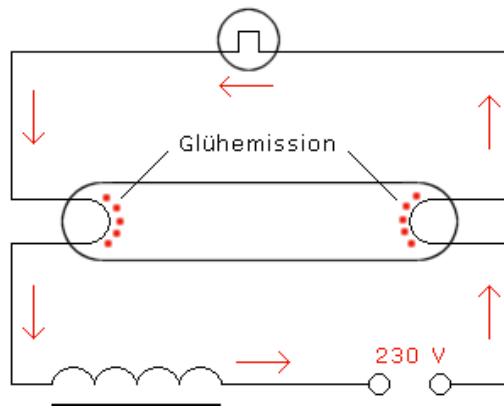


Bild 1 zeigt den schematischen Aufbau einer Leuchtstoffröhre, angeschlossen an einen Bimetalstarter und eine Drosselspule. Der Startvorgang geht hier wie folgt vor sich: Nach dem Einschalten liegt, da durch die Röhre noch kein Strom fließt, die volle Netzspannung am Starter an. Die Glimmlampe des Starters zündet (siehe Bild 2).



Der Bimetallstreifen erwärmt und verbiegt sich, so dass beide Kontakte kurzgeschlossen werden. Nun fließt ein großer Strom durch die Heizwendeln in der Leuchtstoffröhre und die Drosselspule. Die Wendeln beginnen zu glühen und senden Elektronen aus, die das Gas in der Röhre mit Ladungsträgern anreichern (siehe Bild 3).

Die nun fehlende Glimmentladung im Starter lässt das Bimetall abkühlen, wodurch sich der Bimetallkontakt wieder öffnet. Da die Glimmlampe und die noch nicht gezündete Leuchtstoffröhre einen hohen Widerstand besitzen, fällt der Strom in der Drosselspule schnell ab, und durch Selbstinduktion entsteht kurzzeitig eine hohe Spannung, die das mit Ladungsträgern angereicherte Gas in der Röhre zündet (siehe Bild 4). Der Strom fließt nun durch das ionisierte Gas in der Röhre.

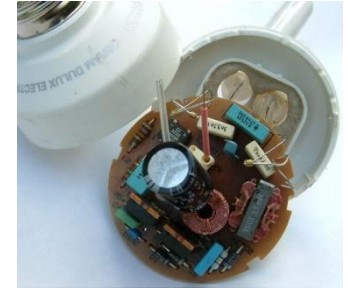
Da die Röhre mit Wechselstrom betrieben wird, kann es geschehen, dass beim Öffnen des Bimetallkontakts der momentane Strom in der Drossel zu niedrig ist, um die nötige Zündspannung aufzubauen. Dann beginnt der Startprozess von vorn, indem die Glimmentladung wieder zündet und den Bimetall erwärmt. Deshalb verläuft der Start meist etwas unregelmäßig, und die Röhre flackert oft ein- oder zweimal auf, bevor sie startet.

Nach der Zündung teilt sich die Betriebsspannung an Röhre und Drossel so auf, dass eine ausreichende Spannung (zwischen 50 V und 110 V) erhalten bleibt, um die Röhre am Leuchten zu halten. Für die Glimmlampe im Starter ist sie zu niedrig, eine weitere Zündung unterbleibt. Diese Spannung reicht nun aus, um nach jeder Richtungsumkehr des Stroms einen weiteren Zündvorgang auszulösen, da das Gas genügend ionisiert ist und die Elektroden erwärmt sind

Betrieb mit elektronischem Vorschaltgerät (EVG)

Die Anordnung aus konventionellem Vorschaltgerät und Starter kann durch ein elektronisches Vorschaltgerät ersetzt werden. Das Bild zeigt den Aufbau für eine Kompaktleuchtstofflampe („Energiesparlampe“). Zusammen mit dem Siebkondensator (Elektrolytkondensator, großer aufrecht stehender Zylinder) erzeugt der Gleichrichter (kleines schwarzes Bauteil mit dem Aufdruck „+ -“ über dem Kondensator) eine Gleichspannung. Die beiden aufrecht stehenden Bipolartransistoren links vom Siebkondensator wandeln sie in eine hochfrequente Wechselspannung von etwa 40 kHz um, die einen LC-Reihenschwingkreis (Drossel mit dem Aufdruck „3.5 mH“ und einer der Kondensatoren in den rechteckförmigen Plastikgehäusen) mit der Leuchtstofflampe als Last treibt. Der kleine Transformator, bestehend aus einem Ferritkern mit 2x3 und 1x5 Windungen, dient zur Steuerung der Halbbrücke aus den beiden Transistoren. Ins Lampengehäuse integrierte EVGs enthalten üblicherweise eine eingebaute Sicherung.

Die Zündung der Leuchtstofflampe erfolgt nach vorheriger Vorheizung durch die Einstellung der Taktfrequenz der Halbbrücke auf einen Wert, der den Reihenschwingkreis in dessen Resonanz steuert, was zu einer hohen Spannung über der Lampe führt, die die Leuchtstofflampe schließlich durchzündet lässt. Nach der Zündung fällt die Impedanz der Lampe auf ihren Betriebswert, wodurch sich an der Lampe Betriebsspannung einstellt.



Als Vorteile gegenüber dem konventionellen Vorschaltgerät ergeben sich, je nach Bauform:

- fast keine Blindleistung (Geräte mit Leistungsfaktorkorrektur)
- geringere Verlustleistung in Vorschaltgerät und Lampe (Ersparnis bis zu 30 %)
- zuverlässiger und schneller Start
- flimmerfreier Betrieb ohne Stroboskopeffekt, daher auch an rotierenden Maschinen einsetzbar
- Fehlererkennung und Abschaltung bei defekter Lampe
- geringere Geräusentwicklung (kein Netzbrummen)
- adaptive Spannungsanpassung, z.B. 154...254 V DC bei Notstrombetrieb und 220...240 V AC bei normaler Netzverfügbarkeit.
- Betrieb mit Niedervolt-Gleichstrom (zum Beispiel 24 oder 12 V). Diese EVG können auch an Akkumulatoren betrieben werden und sind daher für den Einsatz in Fahrzeugen, auf Booten oder etwa im Kleingarten geeignet.

Die Wirkverlustleistung eines EVG für eine 58-Watt-Leuchtstofflampe beträgt ca. 4...6 W, also wesentlich weniger als diejenige eines KVG (50-Hz-Drossel; ca. 8...12W). Der Preis eines EVG ist im Vergleich zum konventionellen Vorschaltgerät höher. Energieeinsparung wird weiterhin dadurch erzielt, dass die hohe Frequenz der Wechselspannung (zwischen 10 und 100 kHz) den ionisierten Atomen weniger Zeit lässt, um mit den freien Elektronen zu rekombinieren. Die Leitfähigkeit des Plasmas nimmt daher in den Pausen während des Nulldurchgangs der Spannung weniger stark ab, als bei den 50 Hz Netzfrequenz der konventionellen Vorschaltgeräte. Dieser Effekt wird als HF-Gewinn bezeichnet. Das Nachleuchten der fluoreszierenden Leuchtstoffschicht trägt ebenfalls dazu bei, die Dunkelphase beim Nulldurchgang der Spannung zu reduzieren.

Zur Beurteilung des Energieverbrauchs werden EVG wie andere elektrische Verbraucher in Energieeffizienzklassen des Energie-Effizienz-Index (EEI) eingeteilt. Der EEI berücksichtigt sowohl die Leistungsaufnahme des EVG als auch die Lichtausbeute der Lampe. Innerhalb dieser Klassifizierung erreichen gute EVG die Klasse „A2“. Der Wirkungsgrad eines EVG kann bis zu 95 % erreichen.

Dimmbare EVG können den Lampenstrom variieren, um so eine Helligkeitsregelung (z.B. 3 % bis 100 % Helligkeit) der Lampe zu erreichen. Bei geringerer Helligkeit ist die Leistungsaufnahme des EVG gleichsam niedriger, wodurch dimmbare EVG unter Umständen in die EEI-Klasse „A1“ eingeteilt werden können.

Aufsteck-EVG

Leuchten mit KVG für T8-Röhren lassen sich mit Aufsteck-EVG auf kürzere T5-Röhren kleinerer Leistung umrüsten. Diese EVG werden als Adapter-Set beidseitig zwischen Röhre und alte Leuchten-Fassung gesteckt. Sie liefern flimmerfreien Betrieb der T5-Röhren und sparen bis 50 % der Stromkosten. Da die T5-Röhren per se effizienter sind, bleibt der Lichtstrom nahezu gleich. Bei der Umrüstung bleibt die konventionelle Vorschalt-drossel im Stromkreis, was den Wirkungsgrad gegenüber Lampen mit fest eingebautem EVG etwas verringert. Der Starter der konventionellen Leuchte wird bei der Umrüstung durch einen Überbrücker (Gleiche Bauform, jedoch kurzgeschlossene Anschlüsse) ersetzt.

Auch Aufsteck-EVG sind teilweise dimmbar.

Effizienz

Leuchtstoffröhren erreichen eine Lichtausbeute von etwa 50 bis 100 Lumen pro Watt (zum Vergleich: normale Glühlampe: ca. 15 lm/W) und haben somit eine hohe Energieeffizienz, die nur von Natriumdampflampen - allerdings bei schlechterem Farbwiedergabeindex - übertroffen wird.

Leuchtstofflampen sparen somit gegenüber Glühlampen 75 bis 80% Energie ein. In Messeinrichtungen werden neue Leuchtstoffröhren erst 100 - 200 Stunden gealtert, die eigentliche Messung erfolgt erst nach etwa 10-20 Minuten (je nach Typ) nach dem Einschalten.

Alle Leuchtstofflampen erreichen erst einige Zeit nach dem Einschalten ihre volle Leuchtkraft. Besonders deutlich ist dieser Effekt bei Kompaktleuchtstofflampen (z.B. Energiesparlampen) zu beobachten, da diese ihren höheren Betriebsdruck erst nach Erwärmung erreichen.

Der etwa 4-fach bis 6-fach höheren Lichtausbeute der Leuchtstoffröhre gegenüber der Glühlampe steht ein erheblich höherer Anschaffungspreis gegenüber.

Der Vergleich lässt sich besonders gut bei Energiesparlampen anstellen, die direkt in eine Glühlampenfassung hineingeschraubt werden können. Dabei kann für gleichen Lichtstrom eine 60 Watt Glühbirne durch eine 12 Watt Energiesparlampe ersetzt werden.

Lebensdauer

Leuchtstoffröhren zeichnen sich durch eine sehr lange Lebensdauer aus, die durch die Adsorption des Quecksilbers an den Lampenkomponenten, durch Degradation des Leuchtstoffes und - bei Heißkathodenröhren - durch die Lebensdauer der Glühkathoden begrenzt ist.

Herkömmliche Leuchtstofflampen (T8) haben eine echte Nutzlebensdauer von 3-4000 Stunden, also rund ein Jahr. Eine moderne Leuchtstofflampe (Osram Lumilux T5, 14-80 W) mit EVG erreicht eine Nutzleuchtdauer von 18.000 Stunden. Eine Kompaktleuchtstofflampe erreicht eine Nutzleuchtdauer von meist zwischen 5.000 und 15.000 h (zum Vergleich: konventionelle Glühlampen haben eine Lebensdauer von etwa 1.000 Stunden). Nach dieser Zeit sollten die Röhren ausgetauscht werden, da sie weniger als 80% des ursprünglichen Lichtstromes aussenden. In dieser Zeit haben sich diese Lampen allerdings durch die reduzierten Stromkosten mehrfach bezahlt gemacht. Neuere Leuchtstoffe erlauben einen Betrieb bis zum Versagen der Kathoden, da sie dann noch 80 % des ursprünglichen Lichtstromes liefern.

Wichtig für die Lebensdauer von Leuchtstofflampen sind: - möglichst wenige Schaltvorgänge –
- beidseitiger Warmstart vor dem Einschaltvorgang (einseitig begrenzt die Lebensdauer stark)
- gute Netzfilterung (ergibt sich aus dem VDE Prüfzertifikat des EVG)

Leuchtstofflampen (heiße Kathode) eignen sich nur bedingt für wiederholte Schaltvorgänge und kurze Brenndauern unter 10 Minuten, eine solche Betriebsweise verschleißt die Kathoden. Eine Ausnahme bilden neuere Typen von Energiesparlampen, die durch eine Steuerung der Vorheizphase statt für wenige 10.000 für mehrere 100.000 Schaltvorgänge ausgelegt sind.

Kompaktleuchtstofflampen mit integriertem Vorschaltgerät (sog. Energiesparlampen) versagen häufig durch Ausfälle des elektronischen Vorschaltgerätes; dieses ist sehr empfindlich gegenüber erhöhten Umgebungstemperaturen, was besonders in geschlossenen Leuchten zu Frühausfällen führt.

„Flimmern“ und Stroboskopeffekt

Bedingt durch die 50 Hz Wechselspannung erlischt das Lampenlicht bei konventionellen Vorschaltgeräten im Bereich eines jeden Nulldurchganges. Es entstehen Hell-Dunkel-Phasen im 100-Hz-Rhythmus („Flimmern“), die Stroboskopeffekte hervorrufen können, welche sich bei schnellen Bewegungen bemerkbar machen oder bei rotierenden Arbeitsmaschinen eine langsame oder stehende Maschine vortäuschen können.

Das menschliche Auge ermüdet durch das Flimmern nachweislich schneller.

Abhilfe bietet die Duoschaltung oder bei großen Anlagen die Versorgung mit 3-Phasen-Wechselstrom (Drehstrom), wodurch mehrere Lampen ihr Licht phasenverschoben abgeben.

Elektronische Vorschaltgeräte (auch die Aufsteck EVG-s, die zum Umrüsten von T8-Leuchten mit konventionellem Vorschaltgerät auf T5-Röhren kleinerer Leistung angeboten werden) liefern nahezu flimmerfreies Licht, da sie die Röhre mit Wechselstrom einer höheren Frequenz betreiben, um den Stroboskopeffekt zu vermindern und die Baugröße der Drossel zu verringern.

Energiesparlampen haben heute normalerweise ein elektronisches Vorschaltgerät integriert und flimmern daher kaum.

Recycling

Das Quecksilber in Leuchtstoffröhren ist giftig für Mensch und Umwelt, die Beschichtung der Röhre ebenfalls. Zudem sind die verwendeten seltenen Elemente relativ teuer und können zurückgewonnen werden, weshalb ausgediente Leuchtstoffröhren keinesfalls über Hausmüll oder Altglas entsorgt werden sollten. Innerhalb der EU ist das Recycling von Leuchtstoffröhren und anderen Leuchtmitteln durch die WEEE-Richtlinie geregelt.

Leuchtstoffröhren aus Privathaushalten müssen bei einer Sammelstelle (Recyclinghof) abgegeben werden. Die Regelung für Leuchtstoffröhren aus dem gewerblichen Bereich ist in den einzelnen EU Mitgliedsstaaten unterschiedlich. In Deutschland soll die Rücknahme durch den Hersteller erfolgen, haushaltsübliche Mengen können aber auch über die öffentlichen Sammelstellen entsorgt werden, geregelt wird das vom ElektroG.

„Elektrosmog“ und elektromagnetische Verträglichkeit

Grundsätzlich müssen Leuchtstoffröhren und die für diese konstruierten Leuchten, wie alle anderen im Handel erhältlichen elektrischen Geräte, Grenzwerte der elektromagnetischen Verträglichkeit erfüllen. Dies wird durch das auf den Geräten angebrachte CE-Kennzeichen dokumentiert. Damit sind Störaussendungen auf ein Maß begrenzt, bei dem eine Beeinträchtigung anderer Geräte hinnehmbar (weil gering oder kurzzeitig) ist.

Die nachfolgend aufgelisteten Störungen sind möglich:

-Leuchtstoffröhren mit elektronischem Vorschaltgerät erzeugen durch den darin befindlichen Inverter breitbandige hochfrequente Strahlung, die von der Lampe und deren Zuleitungen abgestrahlt werden. Maßgeblich sind dabei die Arbeits-Frequenzen von meist knapp unterhalb 50 kHz sowie deren Oberwellen (Harmonische).

- Auch Leuchtstofflampen mit konventionellem Vorschaltgerät geben ein breitbandiges Störspektrum im Bereich des AM-Rundfunks ab. Gestört werden können unter anderem Rundfunkempfänger für Lang-, Mittel- und Kurzwelle.

-Störend kann sich der Startvorgang konventioneller Leuchstofflampen auch auf Audioanlagen auswirken
- der generierte breitbandige Störimpuls breitet sich auf den Netzleitungen aus und gelangt meist kapazitiv auf verschiedenen Wegen in Signalzuleitungen und Verstärker. Die wirksamste Maßnahme dagegen und auch gegen die breitbandigen Störungen im Betrieb ist die sog. Nahentstörung in der Leuchte (Kondensator im Glimmstarter) oder ein Netzfilter vor der Leuchte oder den gestörten Verbrauchern.

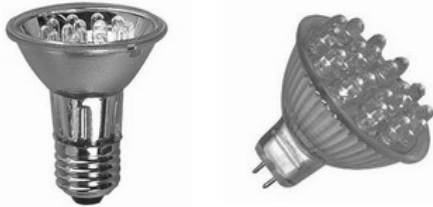
-Durch das 50-Hz-Magnetfeld konventioneller Drossel-Vorschaltgeräte können Bildschirme mit Kathodenstrahlröhre (CRT) gestört werden.

- Gelegentlich stört EVG-erzeugtes Licht die IR-Empfänger (Fernsteuerung) von Unterhaltungsgeräten, da deren Arbeitsfrequenzen ähnlich sind.

Elektrosmog ist ein pseudowissenschaftlicher Begriff, der nichtionisierende Strahlung (Funkwellen) und elektrische sowie magnetische Felder und deren unterstellte gesundheitliche Beeinträchtigungen umfasst. Insbesondere konventionelle Vorschaltgeräte erzeugen ein magnetisches Streufeld mit einer Frequenz von 50 Hz.

Auswirkungen von Elektrosmog auf die Gesundheit sind sehr stark umstritten. (Siehe Elektrosmog)

Leuchtmittel LED



Leuchtdioden gehören zu den Elektrolumineszenzstrahlern. Sie sind Halbleiterdioden, die nach Anlegen der Durchlassspannung aus der Sperrschicht heraus Licht emittieren. Sie basieren auf Halbleiterverbindungen.

Die Strahlungserzeugung erfolgt bei den LED durch Rekombination von Ladungsträgerpaaren in einem Halbleiter mit entsprechendem Bandabstand.

Der Bandabstand und damit die Wellenlänge des Lichtes ist durch die Wahl der Halbleiterstoffe in Zusammenhang mit dem entsprechenden Dotiermaterial bestimmt.

Die Leuchtdiode dient zur Erzeugung einer (im Vergleich zu Temperaturstrahlern) schmalbandigen Strahlung im nahen UV, im sichtbaren oder im Infrarotbereich. Auch die Laserdiode beruht auf dem LED-Konzept. Lumineszenzdioden sind bis zum MHz-Bereich modulierbar (Optoelektronik) und benötigen nur niedrige Spannung. Im Gegensatz zur Glühwendel sind sie unempfindlich gegen mechanische Stöße, sie haben keinen Hohlkörper, der implodieren kann. Die Größe der Leuchtfläche liegt bei etwa 10-3mm² bis 4mm². Praktisch hat man also eine punktförmige Strahlungsquelle verfügbar.

Leuchtmittel LED

	III	IV	V	VI
3e von 1 st	10811 5 B Bor (BeO ²⁺) ¹	12011 6 C Kohlenstoff (BeO ²⁺) ²	14007 7 N Stickstoff (BeO ²⁺) ³	16000 8 O Sauerstoff (BeO ²⁺) ⁴
06 Mg von 1 st	26991 13 Al Aluminium (BeO ²⁺) ¹	28086 14 Si Silicium (BeO ²⁺) ²	30974 15 P Phosphor (BeO ²⁺) ³	32064 16 S Schwefel (BeO ²⁺) ⁴
79 Zn von 1 st	69723 31 Ga Gallium (AlGa ³⁺) ¹	724 32 Ge Germanium (AlGa ³⁺) ²	74876 33 As Arsen (AlGa ³⁺) ³	7896 34 Se Selen (AlGa ³⁺) ⁴
3 Sr von 1 st	11482 49 In Indium (SnIn ³⁺) ¹	11871 50 Sn Zinn (SnIn ³⁺) ²	12175 51 Sb Antimon (SnIn ³⁺) ³	12760 52 Te Tellur (SnIn ³⁺) ⁴

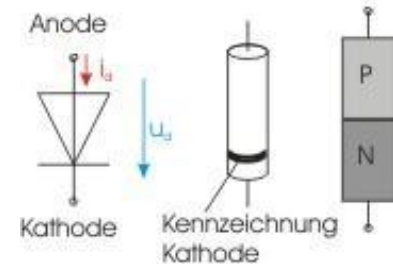
Am häufigsten vertreten sind die III/V-Halbleiter, die aus Elementen der 3. und 5. Gruppe des Periodensystems bestehen, weil sie passende Bandabstände haben und weil ihre Bandstruktur effizient strahlende Rekombination ermöglicht. Dazu gehören Stoffe wie Galliumphosphid (GaP), Aluminiumgalliumarsenid (AlGaAs) oder Indiumgalliumnitrid (InGaN).

Funktionsweise der Diode - Leuchtdiode

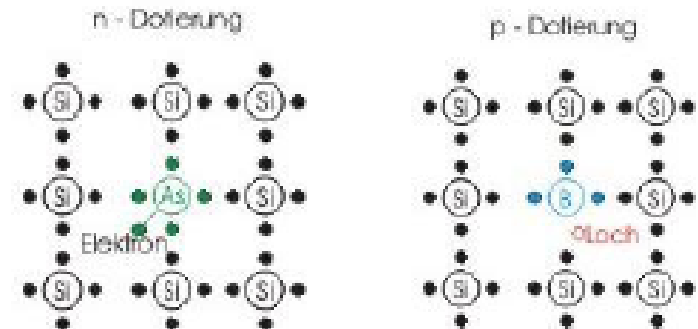
Die **LED (Light Emitting Diode)** entspricht prinzipiell dem Aufbau einer Diode und wird in Durchlassrichtung betrieben.

Dioden senden grundsätzlich bei der Rekombination Wellen aus, nur waren sie bisher im Infraroten Bereich und wurden zudem durch den undurchsichtigen Stoff absorbiert. Ca 1963 wurde dieses Phänomen zur Signallichterzeugung erstmals genutzt. Nebenstehend ist das **Schaltbild** der **Diode** und Ihrerem P-N Aufbau dargestellt.

Diode



Ein **P-N Übergang** entsteht durch das aneinanderfügen von zwei unterschiedlich dotierten Halbleitern. Ein Halbleiter wird dadurch charakterisiert, dass er vier Elektronen auf der äußeren Elektronenbahn aufweist. Damit kann er perfekt sich mit vier weiteren Atomen verbinden. Leider sind dann keine Ladungsträger frei die einen Stromfluss erlauben würden.



Leuchtmittel LED

Wenn man aber einen Halbleiter wie **Silizium** mit einem Atom das fünf Elektronen auf der äußeren Bahn aufweist verunreinigt, so ist ein Elektron zum Stromfluss verfügbar. Solche Atome nennt man **Donatoren**.

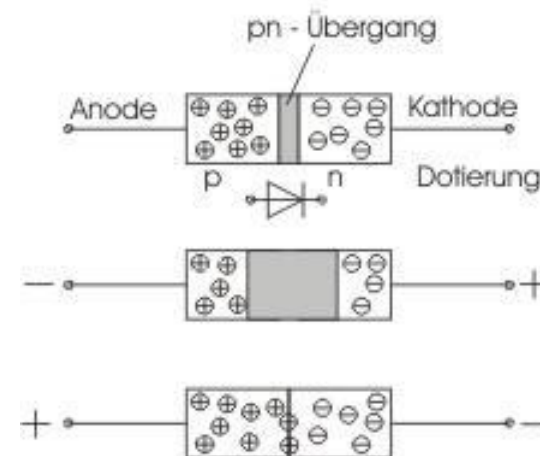
Verunreinigt man den Siliziumkristall mit einem Atom wie Bor (**Akzeptoren**) mit nur drei Bindungsarmen, so fehlt ein Ladungsträger. Man spricht von **Löchern**. Auch Positive Ladungsträger wie dieses Loch können einen Stromfluss ermöglichen.

Treffen nun beide Stoffe aufeinander, so werden sich in der Grenzschicht die freien Elektroden in die Löcherplätze einfinden und somit ist dieser Körper elektrisch neutral und auch nicht leitend.

Beaufschlagt man eine Spannung in **Sperrrichtung**, so wird diese Schicht immer breiter. Ein Strom kann sich nicht einstellen, bis die Spannung wesentlich größer wird und dann ein "Überschlag" auftritt.

Wird die Spannung in **Flussrichtung** angelegt, benötigt man eine kleine Spannung um die Sperrschicht zu überwinden. Danach stellt sich ein Stromfluss ein.

Diode PN Übergang

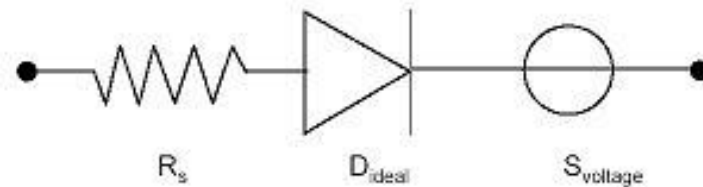
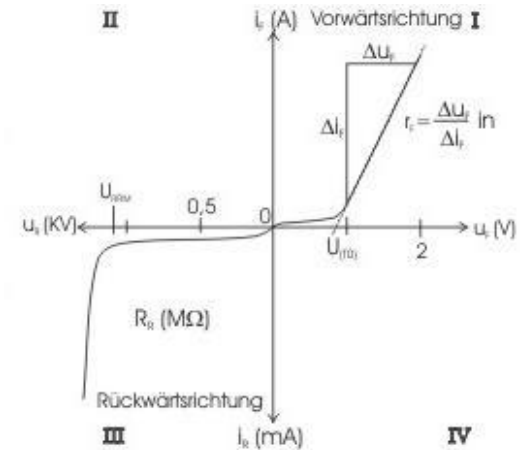


Leuchtmittel LED

Typische Kennlinie einer Diode und damit im Prinzip auch einer Leuchtdiode.

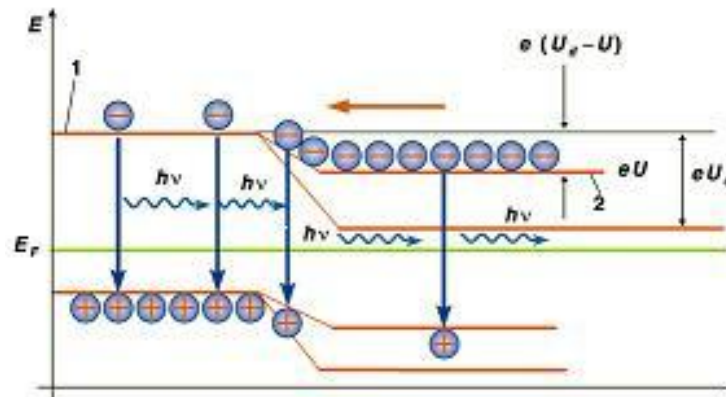
Anhand des Ersatzschaltbild der Diode lässt sich das Bauteil und die Kennlinie gut erklären. Ist einmal die Spannung der Quelle (Sperrschicht) überwunden, kann ein Strom abhängig vom Widerstand des Halbleitermaterials R_s fließen.

In Sperrichtung verhindert das als Ideal angenommene Ventil den Stromfluss.



Leuchtmittel LED

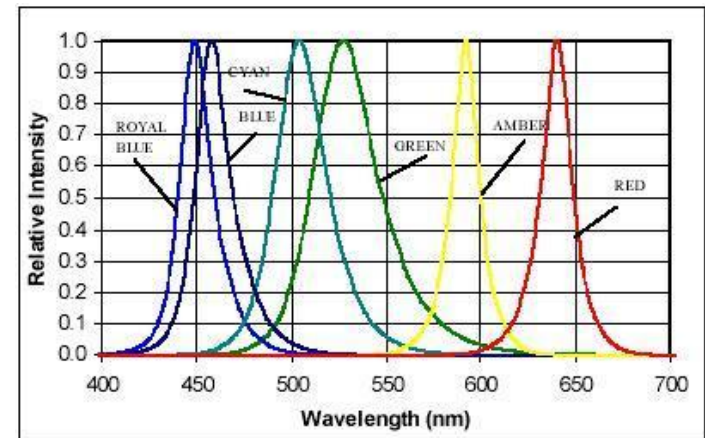
In der Sperrschicht (P-N-Übergang) wird durch **Rekombination** der Ladungsträger **Photonen** freigesetzt. Dabei ist die Wellenlänge proportional zu der Schichtdicke der verbotenen Zone des P-N-Übergangs. Da diese Zone in den Abmessungen konstant ist, ist auch die Wellenlänge konstant, was bedeutet, dass es sich hier um einen **monochromatischen** Strahler handelt. Im Gegensatz zu einer Laserdiode mit ihren Resonatorspiegeln und entarteten Dotierungen ist das Licht der LED **inkohärent**.



Um **verschiedene Farben** zu erhalten, werden verschiedene Halbleiterkristalle ausgewählt, die durch die Stoffzusätze verschieden große, **verbotene Zonen** ausbilden.

Dadurch müssen verschieden große Energien für die **Rekombination** der **Ladungsträger** aufgebracht werden und damit letztendlich verschiedene **Licht-Wellenlängen** abgegeben werden.

Charakteristisch ist das Emittieren eines sehr schmalen Bandes wie die folgende Tabelle noch mal untermauert. Diese schmalen Bänder sind auch der Grund weshalb die LED Beleuchtungsstärke nicht einfach mit einem Luxmeter gemessen werden kann.



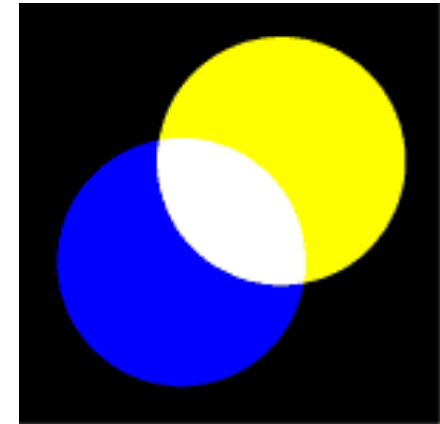
Weiße LED

Für die **weiße Leuchtdiode** werden blau oder auch UV emittierende LED mit Lumineszenzfarbstoffen (Photolumineszenz) kombiniert. Das kurzwellige und damit energiereichere blaue Licht regt den Farbstoff zum Leuchten an. Dabei wird langwelligeres, energieärmeres gelbes Licht abgegeben. Da nicht das gesamte blaue Licht umgewandelt wird, ergibt die resultierende additive Mischung der Spektralfarben das weiße Licht. Der Farbton der Weißlichtdiode ist über Wahl und Dosierung des Farbstoffes einstellbar, er bewegt sich in der CIE Normfarbtafel auf der Mischgeraden zwischen den beiden Farben.



Der in der Reflektorwanne liegende Diodenchip ist mit einem Tropfen Lumineszenzfarbstoff bedeckt.

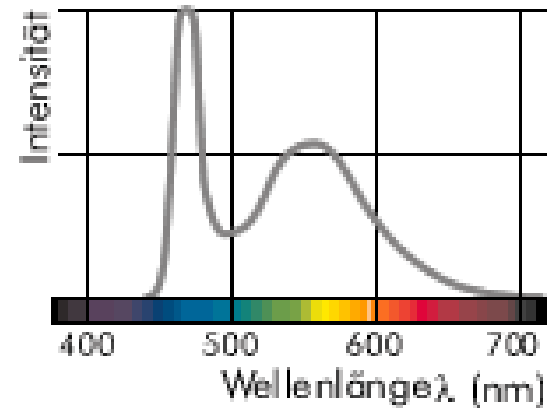
Je nachdem, welcher Lumineszenzfarbstoff (oder auch Kombinationen) und welche primäre LED-Farbe verwendet wird, können neben Weißlicht auch **andere Farben** erzeugt werden: So ergibt zum Beispiel die additive Farbmischung des LED-Blau mit einem Photolumineszenz-Rot ein Magenta, eine Farbe, die mittels einer konventionellen LED nicht herstellbar ist, dass es sich um keine Spektralfarbe handelt. Es können mehrere verschiedene Lumineszenzfarbstoffe kombiniert werden, prinzipiell ist jeder Farbort (pastellfarbene LED) und fein abgestufte Weißtöne (Lichttemperatur) erreichbar.



Durch die Dosierung des Leuchtstoffs können die spektralen Anteile des blauen und des gelben Lichts eingestellt werden. So sind verschiedene Weißtöne zu erreichen.

Nach diesem Prinzip aufgebaute LED werden als **Lumineszenzkonversions-LED** (Osram OS: „LUCO-LED“) oder „phosphor-converted“-LED (Lumileds: PC-LED) bezeichnet.

Nachdem die japanische Firma Nichia 1995 Weißlicht-LED entwickelt hat, werden sie dort seit 1997 hergestellt. Mit Nichia zeitgleich hat das Fraunhofer-Institut IAF weiße LED und in enger Zusammenarbeit mit Osram OS (Infineon) den Fertigungsprozess entwickelt. Dorthin wurde das Know-How transferiert und im Sommer 1998 die Produktion aufgenommen. Inzwischen haben nahezu alle Hersteller weiße LED im Programm.



Weißer LED bieten aufgrund ihrer relativ großen spektralen Verteilung eine gute Farbwiedergabe. Damit wird ein mit diesem Licht beleuchteter Körper vom menschlichen Auge farblich verhältnismäßig korrekt gesehen.

Leuchtmittel LED

Color	Dom.Wavel. [nm]	Spec. Halfwidth [nm]	Temp.shift [nm/ °C]
Red	625	20	0.03
Amber	590	14	0.09
Green	530	35	0.04
Cyan	505	30	0.04
Blue	470	25	0.04
Royal Blue	455	20	0.04

Schlussfolgerung:

- Eine LED emittiert Licht in nur einem sehr engen Band einer bestimmten Farbe.
- Weißes Licht kann nur über Umwege erzeugt werden.
- Es treten keine anderen Strahlungen wie IR oder UV auf.
- Als Festkörper ist die LED stoß- und vibrations-unempfindlich.
- LED hat die höchste Energie Effizienz.**

Wirtschaftlichkeit

Durchschnittliche Strompreise Schweiz

Endverbraucher

Haushalte und Gewerbebetriebe mit niedrigem Energiebezug

Für wen ist dieses Produkt?

Das Produkt easy light gilt für einen jährlichen Bezug von elektrischer Energie bis zirka 20 000 Kilowattstunden (kWh) ohne separate Verrechnung der gemessenen Leistung.

So setzt sich der Energiepreis zusammen:

Sie bezahlen den Grundpreis für das Abonnement und den Konsumpreis für den bezogenen Strom in kWh.

Sie haben die Wahl zwischen easy light und easy:

easy light ist vorteilhafter für kleine Bezüge, easy dagegen für grössere Bezüge in der Niedertarifzeit, zum Beispiel für Boiler.

Bei easy light bezahlen Sie über 24 Stunden immer den gleichen Konsumpreis. Bei easy bezahlen Sie von zirka 7 Uhr bis zirka 21 Uhr den Hochtarif und von zirka 21 Uhr bis zirka 7 Uhr den Niedertarif. Eine Verschiebung der Niedertarifzeit aufgrund der Netzbelastung bleibt vorbehalten.

So wird der Strom gemessen:

Der Strom wird in Niederspannung (400 Volt) abgegeben und gemessen. Wir stellen Ihnen die erforderliche Messeinrichtung zur Verfügung. Änderungen aufgrund eines Wechsels zwischen easy light und easy gehen zu Ihren Lasten. Für jeden Zähler wird ein Abonnement geführt.

Der Stromverbrauch in gemeinsam genutzten Räumen und Anlagen wird separat gemessen und dem Hauseigentümer verrechnet.

Das sollten Sie beachten:

- Die Einschalt- und Aufheizzeiten der Boiler werden von uns festgelegt. Sofern es die Netzbelastungsverhältnisse erlauben, werden Elektroheizgeräte bis 4 kW pro Zählerstromkreis und Apparate bis 8 kW in der Regel nicht gesperrt. Für grössere Anschlusswerte oder Apparate, die den Netzbetrieb störend beeinflussen bzw. ungünstig belasten, können besondere Anschluss- und Lieferbedingungen festgelegt werden.
- Ist Ihr jährlicher Bezug grösser als zirka 14 000 kWh, wird ein Zähler mit Leistungsmessung installiert.
- Falls Sie jährlich mehr als zirka 20 000 kWh Energie beziehen oder eine Leistung ab zirka 12 kW beanspruchen, erhalten Sie ein anderes Produkt.
- Für Sondereinrichtungen und zusätzliche Zähler wird eine Miete verrechnet.

Ergänzende Grundlagen für das Lieferverhältnis:

- Allgemeine Lieferbedingungen für elektrische Energie der BKW FMB Energie AG (ALB BKW)
- Werkvorschriften (WV) über die Erstellung elektrischer Hausinstallationen

MWS-Nr. 120839

easy light

	Grundpreis	Konsumpreis Einheitstarif
exkl. MwSt.	11.00 CHF/Mt.	21.50 Rp./kWh
inkl. MwSt. 7.6%*	11.84 CHF/Mt.	23.13 Rp./kWh

*Bei diesen Preisen handelt es sich um kaufmännisch gerundete Angaben.

In diesen Preisen ist die Netznutzungsvergütung mitenthalten.

Wirtschaftlichkeit

Kostenberechnung Total

Leuchtmittel und Stromkosten

Berechnungsgrundlage:

Brenndauer täglich ca. 3 Std. entspricht pro Jahr ca. 1000 Std.

Durchschnittlicher Preis pro Kwh laut Anlage 23 Rp/Kwh

1. Glühbirne 60 Watt – Lebensdauer ca. 700 Std:

Kauf Glühbirne	0,50 CHF/Stück
Investition p.a.	0,71 CHF
Stromkosten p.a.	13,80 CHF
Kosten gesamt p.a.	14,51 CHF

2. Energiesparlampe 11 Watt – Lebensdauer 6.000 Std.

Kauf Energiesparlampe	3,00 CHF
Investition p.a. (anteilig Lebensdauer)	0,50 CHF
Stromkosten p.a.	2,53 CHF
Kosten gesamt p.a.	3,03 CHF

3. LED Lampe 32 LED – Lebensdauer 10.000 Std.

Kauf LED Lampe	10 CHF
Investition p.a. (anteilig Lebensdauer)	1,00 CHF
Stromkosten p.a.	0,81 CHF
Kosten gesamt p.a.	1,81 CHF

Das „billigste“ Leuchtmittel Glühbirne
ist das teuerste Leuchtmittel in der Gesamtbetrachtung.

Das „teuerste“ Leuchtmittel LED Lampe
ist das billigste Leuchtmittel in der Gesamtbetrachtung.

Landi möchte die Leuchtmittel künftig so in den Verkaufsregalen präsentieren, dass der Kunde anhand der Verpackung schon erkennen kann, welche Leuchtmittel er kauft.

Hierfür gibt es die entsprechenden Kategorien:

- **Farbe gelb** = stark energiezehrende Leuchtmittel
- **Farbe grün** = Energiesparlampen
- **Farbe blau** = Leuchtmittel, die am wenigsten Energie benötigen und in der Gesamtbetrachtung Anschaffungskosten und Energieverbrauchskosten am günstigsten sind.

- Bei der Wahl des richtigen Leuchtmittels sollten Sie unter Umständen jetzt schon bedenken, dass - sollten sich die Pläne von Klimaschützern durchsetzen - die herkömmliche Glühbirne bald ausgedient haben wird und ein Glühbirnenverbot erlassen werden kann.
- Als Vorbild für dieses Verbot wird Australien genannt, wo ab 2010 als Beitrag zum Klimaschutz statt der herkömmlichen Glühbirnen nur noch Energiesparlampen verwendet werden sollen. Australiens Treibgasausstoß soll sich damit um bis zu 4 Millionen Tonnen reduzieren.
- Ein Großteil der benötigten Energie wird bei einer normalen Glühbirne in Wärme und nicht in Licht (nur circa 5 %) umgewandelt, Energiesparlampen (Kompaktleuchtstoffleuchten) verbrauchen dahingegen 80 % weniger Strom für die gleiche Lichterzeugung.

Schlussbemerkung

Häufige Frage

Quecksilber in Sparlampen

Sind Energiesparlampen wegen ihres Quecksilberanteils nicht schädlicher für die Umwelt als „Glühbirnen“?

Jede Energiesparlampe enthält meist drei bis vier Milligramm Quecksilber, Glühlampen nicht. Auch bei der Stromerzeugung im Kraftwerk wird Quecksilber freigesetzt. Glühlampen verbrauchen fünfmal mehr Strom als eine vergleichbar helle Sparlampe. Beispiel: Eine 60-Watt-Glühlampe und eine 11-Watt-Sparlampe brennen drei Stunden am Tag. Die erste verbraucht im Jahr 66 Kilowattstunden, die zweite nur 12. Die Quecksilberemission erreicht bei der Glühlampe etwa 0,97 Milligramm, bei der Energiesparlampe nur 0,18.

Insbesondere bei den Leuchtmitteln ändert sich in den nächsten Jahren sehr viel, nicht zuletzt aufgrund der veränderten Umwelt und Energieanforderung.

Die Energiesparlampen können derzeit durch LED Lampen noch nicht ersetzt werden, jedoch in einem überschaubaren Zeitraum von 3 Jahren wird sich besonders bei der LED Technik zukunftsweisendes weiterentwickeln.

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!