

Gruppe 1: Die Kohlefadenglühbirne

Erste Glühlampen gab es bereits ab Anfang des 19. Jahrhunderts. Oftmals existierten diese jedoch nur als Prototypen, deren Herstellung und Verwendung sich durch den Einsatz teurer Materialien (wie Platin) nicht lohnte. In der Zeit vor 1880 wurden im städtischen Außenbereich überwiegend Gasleuchten verwendet. Es gab Personen, die den Beruf „Lichtner“ ausgeübt haben. Sie liefen bei Einbruch der Nacht in der Stadt umher, um Gaslaternen zu entzünden. Im Morgengrauen mussten sie diese dann wieder löschen. In Haushalten fand Kerzenlicht und ebenfalls Stadtgas als Energiequelle Anwendung. Die Verwendung von Gas im häuslichen Bereich führte jedoch in der Vergangenheit nicht selten zu Wohnungsbränden, da die offenen Flammen nicht zu jeder Zeit bewacht wurden. Zu dieser Zeit gab es noch keine Elektrizität in Privathaushalten, sodass weder Glühbirnen noch Elektrogeräte verwendet wurden.

Die erste Erwähnung einer möglichen Nutzung von Elektrizität zur Beleuchtung geschah im Jahre 1801 durch den Chemiker und Erfinder Louis Jacques Thénard. Er legte dar, dass Metalldrähte, die von Strom aus Batterien durchflossen wurden, zu Glühen beginnen.

Die erste elektrische „Glühbirne“ für den alltäglichen Gebrauch wurde Jahrzehnte danach von Thomas Alva Edison im Jahre 1880 entwickelt. Die Kohlefadenglühbirne (Abb. 1) bestand aus einem Glaskolben, in dem ein feiner Kohlefaden spiralförmig angebracht war. Der Raum zwischen dem äußeren Glaskolben und dem Faden war weitgehend luftleer, sodass der durch elektrischen Strom zum Glühen gebrachte Faden nicht verbrennen konnte. So behielt er seine Form und Temperaturbeständigkeit.

Dieser Lampentyp fand erstmals im Bergbau untertage Anwendung. Über die folgenden Jahrzehnte hielt er mit der voranschreitenden Elektrifizierung der Städte und Wohnhäuser Einzug in die Haushalte. Die Deutsche Edison Gesellschaft (Vorläufer der Firma AEG) und Siemens dominierten zu diesem Zeitpunkt den Markt in Deutschland mit ihren Produkten. Die damals übliche Schraubfassung E27 stammt aus genau dieser Zeit. Das E steht für Edison und 27 für den Durchmesser von 27 mm.

Die Kohlefadenglühbirne verbraucht etwa 100 W Strom bei einer gleichzeitig sehr geringen Lichtausbeute von nur 3 Lumen pro Watt. Ein Großteil der aufgewendeten Energie wird in Wärme umgewandelt. Sie hat eine Haltbarkeit von ungefähr 1.000 Stunden.

Aus heutiger Sicht werden Kohlefadenglühbirnen mit einer Energieeffizienzklasse G und F (ineffizient) bewertet (Abb. 2). Der Verkauf solcher Leuchtmittel ist in Deutschland seit 2009 auf Basis der Ökodesign-Richtlinie der Europäischen Union [2009/244/EG](#)² stufenweise verboten. Darüber hinaus werden solche Leuchtmittel schon seit 1930 nicht mehr produziert.

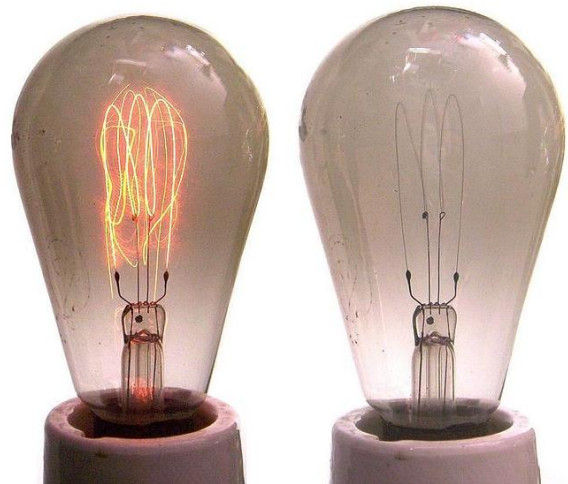


Abbildung 1 Kohlefadenglühbirne, ©Ulfbastel¹

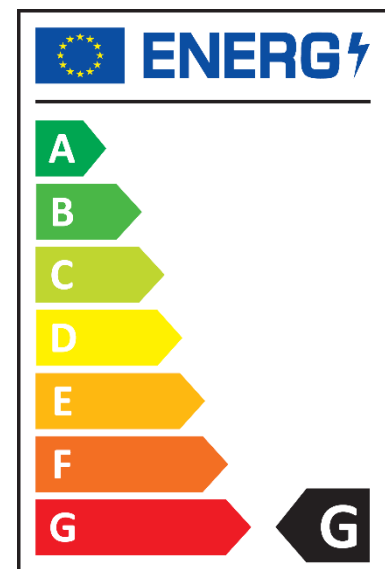


Abbildung 2 Energieeffizienzklasse Kohlefadenglühbirne

¹ © CC BY-SA 3.0 Ulfbastel (<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carbonfilament.jpg>)

² Verordnung (EG) Nr. 244/2009 der Kommission vom 18. März 2009 zur Durchführung der Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Haushaltslampen mit ungebündeltem Licht. URL: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:076:0003:0016:DE:PDF>, letzter Zugriff: 12.01.2023.

TU Dresden | Juniorprofessur für Didaktik der Geographie und Umweltkommunikation | sensor@tu-dresden.de

© CC BY-SA 3.0 Projekt „SENSOR – Smart Energy Smart Schools“, „Leuchtmittelvergleich_Quellen_SuS“

Dieses Projekt wird gefördert durch: Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), Osnabrück

Gruppe 2: Der Heizstrahler

Erste Glühlampen gab es bereits ab Anfang des 19. Jahrhunderts. Oftmals existierten diese jedoch nur als Prototypen, deren Herstellung und Verwendung sich durch den Einsatz teurer Materialien (wie Platin) nicht lohnte. In der Zeit vor 1880 wurden im städtischen Außenbereich überwiegend Gasleuchten verwendet. Es gab Personen, die den Beruf „Lichtner“ ausgeübt haben. Sie liefen bei Einbruch der Nacht in der Stadt umher, um Gaslaternen zu entzünden. Im Morgengrauen mussten sie diese dann wieder löschen. In Haushalten fand Kerzenlicht und ebenfalls Stadtgas als Energiequelle Anwendung. Die Verwendung von Gas im häuslichen Bereich führte jedoch in der Vergangenheit nicht selten zu Wohnungsbränden, da die offenen Flammen nicht zu jeder Zeit bewacht wurden. Zu dieser Zeit gab es noch keine Elektrizität in Privathaushalten, sodass weder Glühbirnen noch Elektrogeräte verwendet wurden.

Die erste Erwähnung einer möglichen Nutzung von Elektrizität zur Beleuchtung geschah im Jahre 1801 durch den Chemiker und Erfinder Louis Jacques Thénard. Er legte dar, dass Metalldrähte, die von Strom aus Batterien durchflossen wurden, zu Glühen beginnen.

Als Sonderform der Leuchtmittel gelten so genannte Heizstrahler (Abb. 3). Im Grunde sind diese keine Leuchtmittel im klassischen Sinn, sondern so genannte Dunkelstrahler. Der Heizstrahler gibt unsichtbare Infrarot-Strahlung an Objekte im Raum (Möbel, Wände, Fußböden) ab und diese nehmen die Strahlung auf. Dadurch erwärmen sie sich und geben selber Wärme ab.

In den frühen Jahren des 20. Jahrhunderts wurden sie hauptsächlich dazu verwendet, Wasserleitungen in entlegenen Sanitäranlagen vor Frost zu schützen, die Viehzucht zu unterstützen und den Komfort in Wohnbereichen zu erhöhen. Sinn und Zweck dieser Strahler ist es also, mit elektrischem Strom zu heizen. Da diese Strahler kein Licht abgeben, können sie keiner Energieeffizienzklasse zugeordnet werden. Hier wird nahezu 100 % der eingesetzten Energie in die gewünschte Energieform „Wärme“ umgewandelt. Heizstrahler wie diese erlebten zwischen den Jahren 1920 und 1990 große Anwendung. Heutzutage werden kaum noch Heizstrahler in Birnenform vertrieben. Grund dafür ist, dass die Stromanschlüsse für Lampen nicht für starke Belastungen (wie Heizungen) ausgelegt sind.



Abbildung 3 Heizstrahler in Birnenform

Stattdessen gibt es großflächige Infrarotheizungen, sogenannte Panels (Abb. 4), die die Heizkörper ersetzen können und alle Gegenstände in den Räumen mit Hilfe von Infrarot-Strahlung erwärmen. Die Panels wirken genauso wie die Heizstrahler. Es hat sich lediglich das Design und die Anwendung verändert. Sie haben eine Haltbarkeit von 20.000 bis 50.000 Stunden.



Abbildung 4 Moderne Infrarotheizung im Wohnbereich

Gruppe 3: Die Metalldrahtglühbirne

Erste Glühlampen gab es bereits ab Anfang des 19. Jahrhunderts. Oftmals existierten diese jedoch nur als Prototypen, deren Herstellung und Verwendung sich durch den Einsatz teurer Materialien (wie Platin) nicht lohnte. In der Zeit vor 1880 wurden im städtischen Außenbereich überwiegend Gasleuchten verwendet. Es gab Personen, die den Beruf „Lichtner“ ausgeübt haben. Sie liefen bei Einbruch der Nacht in der Stadt umher, um Gaslaternen zu entzünden. Im Morgengrauen mussten sie diese dann wieder löschen. In Haushalten fand Kerzenlicht und ebenfalls Stadtgas als Energiequelle Anwendung. Die Verwendung von Gas im häuslichen Bereich führte jedoch in der Vergangenheit nicht selten zu Wohnungsbränden, da die offenen Flammen nicht zu jeder Zeit bewacht wurden. Zu dieser Zeit gab es noch keine Elektrizität in Privathaushalten, sodass weder Glühbirnen noch Elektrogeräte verwendet wurden.

Die erste Erwähnung einer möglichen Nutzung von Elektrizität zur Beleuchtung geschah im Jahre 1801 durch den Chemiker und Erfinder Louis Jacques Thénard. Er legte dar, dass Metalldrähte, die von Strom aus Batterien durchflossen wurden, zu Glühen beginnen.



Abbildung 5 Metalldraht-Glühfadenleuchte, © KMJ³

Die ersten elektrischen Leuchtmittel waren Kohlefadenglühbirnen. Sie wurden erstmals im Jahre 1880 präsentiert. Nur 25 Jahre später, im Jahre 1905 wurde es durch Entwicklungen in der Materialbearbeitung und Werkstoffwissenschaft möglich, dass die Kohlefäden durch das Metall Wolfram ersetzt werden konnten. Wolfram ist bis heute das härteste natürlich vorkommende Metall, das erst bei einer Temperatur von 3422°C zu schmelzen beginnt. Der hohe Schmelzpunkt sorgte dafür, dass die Lampen viel heißer brennen konnten als ihre Vorgänger. Dadurch näherte sich die Lichtfarbe von dem überwiegend rötlichen Licht dem Erscheinungsbild von Tageslicht an. Metalldrahtglühbirnen (Abb. 5) hatten außerdem im Vergleich zu den Kohlefäden eine wesentlich höhere Lichtausbeute von 10 bis 15 Lumen pro Watt. Sie wurden über die kommenden Jahrzehnte immer weiter verbessert. Im Inneren des Glaskolbens befand sich damals ein Vakuum, damit der heiße Metalldraht nicht mit Sauerstoff in Berührung kommt und verbrennen konnte. Im Laufe der Entwicklung wurde das Vakuum durch

besser geeignete Gase wie Stickstoff, Argon, Xenon oder Krypton ersetzt. Dadurch konnten die Glaskolben viel dünner ausgelegt werden, da sie nicht mehr dem atmosphärischen Druck standhalten mussten. Auch die Abfuhr von entstehender Wärme wurde mit diesen Gasen verbessert. Trotz der Verbesserungen lag die Haltbarkeit einer solchen Glühbirne bei nur etwa 1000 – 2000 Stunden. Weitere Änderungen der Glaskörperfarbe versprachen auch andere Lichtfarben.

Aus heutiger Sicht werden Metalldrahtglühbirnen überwiegend mit der Energieeffizienzklasse E, D und C (ineffizient) bewertet (Abb. 6). Der Verkauf solcher Leuchtmittel ist in Deutschland seit 2009 auf Basis der Ökodesign-Richtlinie der Europäischen Union [2005/32/EG](#)⁴ stufenweise verboten. Die letzte Stufe trat 2018 in Kraft. Somit dürfen nun solche Leuchtmittel für Haushalte nicht mehr verkauft werden. Heute

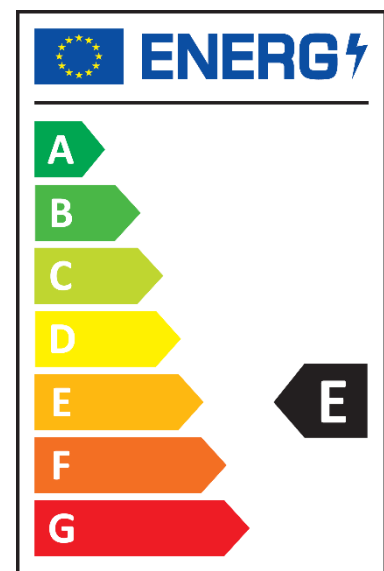


Abbildung 6 Energieeffizienzklasse Metalldrahtglühbirne

³ © CC BY-SA 3.0 KMJ (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gluehlampe_01_KMJ.png)

⁴ Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Juli 2005 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte und zur Änderung der Richtlinie 92/42/EWG des Rates sowie der Richtlinien 96/57/EG und 2000/55/EG des Europäischen Parlaments und des Rates. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32005L0032&from=DE>, letzter Zugriff: 12.01.2023.

TU Dresden | Juniorprofessur für Didaktik der Geographie und Umweltkommunikation | sensor@tu-dresden.de

© CC BY-SA 3.0 Projekt „SENSOR – Smart Energy Smart Schools“, „Leuchtmittelvergleich_Quellen_SuS“

Dieses Projekt wird gefördert durch: Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), Osnabrück

existieren nur noch vereinzelt einige Sonderformen, z. B. in Bereichen der Industrie, Filmstudios oder in bildgebendem Laborequipment.

Gruppe 4: Die Halogenglühlampe

Erste Glühlampen gab es bereits ab Anfang des 19. Jahrhunderts. Oftmals existierten diese jedoch nur als Prototypen, deren Herstellung und Verwendung sich durch den Einsatz teurer Materialien (wie Platin) nicht lohnte. In der Zeit vor 1880 wurden im städtischen Außenbereich überwiegend Gasleuchten verwendet. Es gab Personen, die den Beruf „Lichtner“ ausgeübt haben. Sie liefen bei Einbruch der Nacht in der Stadt umher, um Gaslaternen zu entzünden. Im Morgengrauen mussten sie diese dann wieder löschen. In Haushalten fand Kerzenlicht und ebenfalls Stadtgas als Energiequelle Anwendung. Die Verwendung von Gas im häuslichen Bereich führte jedoch in der Vergangenheit nicht selten zu Wohnungsbränden, da die offenen Flammen nicht zu jeder Zeit bewacht wurden. Zu dieser Zeit gab es noch keine Elektrizität in Privathaushalten, sodass weder Glühbirnen noch Elektrogeräte verwendet wurden.

Die erste Erwähnung einer möglichen Nutzung von Elektrizität zur Beleuchtung geschah im Jahre 1801 durch den Chemiker und Erfinder Louis Jacques Thénard. Er legte dar, dass Metalldrähte, die von Strom aus Batterien durchflossen wurden, zu Glühen beginnen.



Abbildung 7 Halogenglühlampe

somit weiter dem Tageslicht an. Alle Halogenglühlampen sind auch dimmbar, allerdings verlieren sie durch das Dimmen ihre Effizienzvorteile gegenüber konventionellen Glühlampen, da sie dann nicht mehr so heiß brennen können.

Da dieser Leuchtmitteltyp nur Effizienzklassen von E bis C erreicht, wird er auf Grundlage der oben genannten Richtlinie bis zum 01.09.2021 vom Markt genommen. In einigen Bereichen, wie z. B. der Automobilindustrie, werden Halogenleuchtmittel auch in Zukunft noch als unverzichtbar angesehen, da es noch keine Alternativen gibt. Bei Neufahrzeugen werden vermehrt Gasentladungslampen eingesetzt, aber solange noch ältere Autos auf den Straßen fahren, müssen Halogenlampen verfügbar sein.

Als Weiterentwicklung der herkömmlichen Metalldrahtglühbirne werden bis zum heutigen Tage vor allem Halogenglühlampen (Abb. 7) verwendet. Nach Einführung der ersten Ökodesign-Richtlinie der Europäischen Union [▷2005/32/EG](#)⁴ im Jahre 2009 wurde diese weiterentwickelte Art wegen der etwas höheren Effizienz und Lichtausbeute von 10 – 19,5 Lumen pro Watt für den Heimgebrauch interessant. Auch wenn Halogenglühlampen in Fahrzeugen und Projektoren bereits seit etwa 1980 Einsatz finden, werden sie erst seit 2005 im Heimbereich vor allem dort eingesetzt, wo Licht häufig ein- und ausgeschaltet wird.

Im Inneren des Glaskolbens befinden sich ein kleiner Glaszylinder und ein Metalldraht aus Wolfram. Der innere Glaszylinder ist mit sogenannten Halogenen (meist Iod) gefüllt. Wenn die Lampe eingeschaltet wird, entstehen hohe Temperaturen, die den Draht an der Luft verbrennen würden. Das Halogen im Inneren verhindert dies jedoch und sorgt dafür, dass das Metall Wolfram im Betrieb nicht verdampft und sich auf dem Glas niederschlägt. Dadurch haben die Lampen eine höhere Haltbarkeit von bis zu 5.000 Stunden. Die Lichtfarbe ist auch etwas weißer und nähert sich

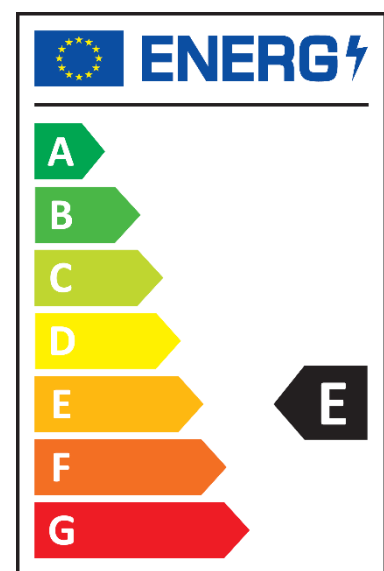


Abbildung 8 Energieeffizienzklasse Halogenglühlampe

Gruppe 5: Die Kompaktleuchtstofflampe (Energiesparlampe)

Erste Glühlampen gab es bereits ab Anfang des 19. Jahrhunderts. Oftmals existierten diese jedoch nur als Prototypen, deren Herstellung und Verwendung sich durch den Einsatz teurer Materialien (wie Platin) nicht lohnte. In der Zeit vor 1880 wurden im städtischen Außenbereich überwiegend Gasleuchten verwendet. Es gab Personen, die den Beruf „Lichtner“ ausgeübt haben. Sie liefen bei Einbruch der Nacht in der Stadt umher, um Gaslaternen zu entzünden. Im Morgengrauen mussten sie diese dann wieder löschen. In Haushalten fand Kerzenlicht und ebenfalls Stadtgas als Energiequelle Anwendung. Die Verwendung von Gas im häuslichen Bereich führte jedoch in der Vergangenheit nicht selten zu Wohnungsbränden, da die offenen Flammen nicht zu jeder Zeit bewacht wurden. Zu dieser Zeit gab es noch keine Elektrizität in Privathaushalten, sodass weder Glühbirnen noch Elektrogeräte verwendet wurden.

Die erste Erwähnung einer möglichen Nutzung von Elektrizität zur Beleuchtung geschah im Jahre 1801 durch den Chemiker und Erfinder Louis Jacques Thénard. Er legte dar, dass Metalldrähte, die von Strom aus Batterien durchflossen wurden, zu Glühen beginnen.



Abbildung 9 Verschiedene Typen von Leuchtstofflampen,
© Christian Taube⁵

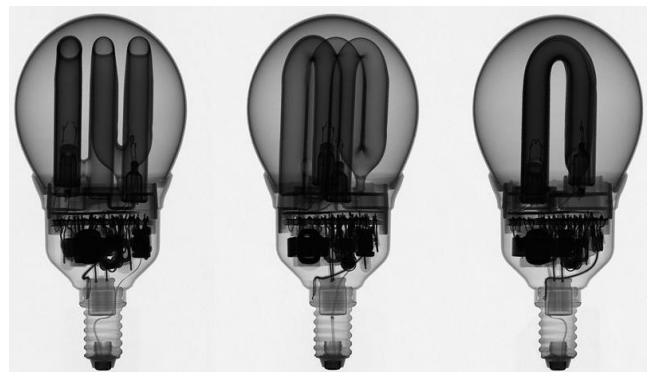


Abbildung 10 Röntgenbild einer Energiesparlampe,
© SecretDisc⁶

Im Jahre 1913 entwickelte Philipp Siedler die ersten Gasentladungslampen mit Edelgasfüllung, z. B. Neon. Daher haben die Leuchten auch ihren Namen „Neonröhren“ erhalten. Das in der Röhre befindliche Gas wird durch eine erste Zündung in einen Plasmazustand gebracht. Es beginnt dabei Strom zu leiten und zu leuchten. Der Strom kann nach der Zündung wieder gedrosselt werden. Dafür brauchen solche Lampen ein sogenanntes Vorschaltgerät. Das Licht der Neonröhren ist vorwiegend ultraviolett und somit nicht sichtbar. Daher schlug Edmund Germer im Jahre 1926 vor, die Röhren von innen mit einem Leuchtstoff zu beschichten, der durch die ultraviolette Strahlung zum Leuchten gebracht wird. So erhielten sie fortan den Namen Leuchtstofflampen (Abb. 9).

Seit etwa 1980 wurden die großen Leuchtstoffröhren und deren Vorschaltgeräte immer kleiner. Somit wurde die Energiesparlampe bzw. Kompaktleuchtstofflampe (Abb. 10) entwickelt. Anwendung erhielt sie jedoch erst in den letzten Jahrzehnten als Alternative zu Glühlampen. Sie haben mit 45 bis 100 Lumen pro Watt eine recht hohe Energieeffizienzklasse von B bis A (Abb. 11). Jedoch wurden die bescheidene Lichtqualität, der Quecksilbergehalt und die Neigung zum Flimmern oftmals bemängelt. Auch die angegebene Haltbarkeit von 5.000 Stunden wird in der Praxis kaum erreicht. Daher sind sie ab dem 01.09.2021 auf dem Gebiet der europäischen Union verboten.

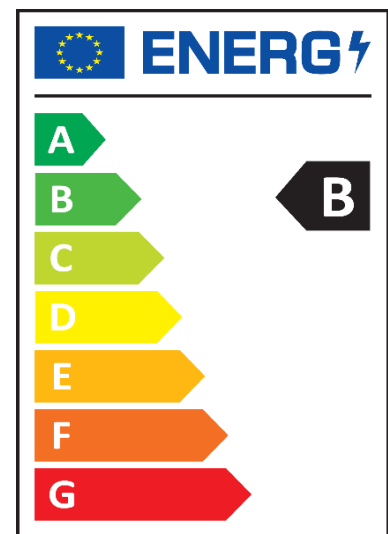


Abbildung 11 Energieeffizienzklasse
Kompaktleuchtstoffröhre

⁵ © CC BY-SA 3.0 Christian Taube (<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leuchtstofflampen-ctaube050409.jpg>)

⁶ © CC BY-SA 3.0 SecretDisc (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Defective_compact_fluorescent_lamp_x-ray.jpg)

Gruppe 6: LED-Leuchtmittel

Erste Glühlampen gab es bereits ab Anfang des 19. Jahrhunderts. Oftmals existierten diese jedoch nur als Prototypen, deren Herstellung und Verwendung sich durch den Einsatz teurer Materialien (wie Platin) nicht lohnte. In der Zeit vor 1880 wurden im städtischen Außenbereich überwiegend Gasleuchten verwendet. Es gab Personen, die den Beruf „Lichtner“ ausgeübt haben. Sie liefen bei Einbruch der Nacht in der Stadt umher, um Gaslaternen zu entzünden. Im Morgengrauen mussten sie diese dann wieder löschen. In Haushalten fand Kerzenlicht und ebenfalls Stadtgas als Energiequelle Anwendung. Die Verwendung von Gas im häuslichen Bereich führte jedoch in der Vergangenheit nicht selten zu Wohnungsbränden, da die offenen Flammen nicht zu jeder Zeit bewacht wurden. Zu dieser Zeit gab es noch keine Elektrizität in Privathaushalten, sodass weder Glühbirnen noch Elektrogeräte verwendet wurden.

Die erste Erwähnung einer möglichen Nutzung von Elektrizität zur Beleuchtung geschah im Jahre 1801 durch den Chemiker und Erfinder Louis Jacques Thénard. Er legte dar, dass Metalldrähte, die von Strom aus Batterien durchflossen wurden, zu Glühen beginnen.

Die momentan fortschrittlichste Technologie in Bezug auf Beleuchtung ist die Leuchtdiode, auf Englisch *light emitting diode*, kurz LED (Abb. 12). Deren Entwicklung geht zurück auf die Erfindung des ersten Halbleitertransistors im Jahre 1962 durch Nick Holonyak. Grundstoffe für die LED sind sogenannte Halbleiter wie z. B. Galliumarsenid, Galliumphosphid, Zinkselenit oder Siliziumcarbid. Diese können bei Stromfluss Licht in ihrer spezifischen Farbe emittieren. Erste Prototypen hatten eine Lichtausbeute von nur 0,1 Lumen pro Watt und konnten ausschließlich rotes Licht erzeugen. Technologische Fortschritte ermöglichten jedoch neue Stoffkombinationen und Materialien von besserer Qualität herzustellen. Heutzutage kann Licht in allen möglichen Farben abgegeben werden. Ebenso hat sich die Lichtausbeute auf etwa 125 bis 180 Lumen pro Watt gesteigert. Die heutige Technologie ermöglicht es sogar, einzelne LED so klein herzustellen, dass sie mit dem bloßen Auge kaum zu erkennen sind. Die Elektronikindustrie arbeitet mit Wissenschaftler*innen weltweit fieberhaft daran, Bildschirme auf Basis der LED-Technik in Marktreife herzustellen. Einige Produkte mit organischen Leuchtdioden (OLED, AMOLED, PMOLED) existieren bereits. Damit hält die LED auch Einzug in die Unterhaltungs-, Informatik- und Telekommunikationsbranche.

LEDs für die Heimbeleuchtung werden nach aktuellem Stand der Technik in so genannten Filamenten angeordnet und zusätzlich mit Leuchtstoff beschichtet (Abb. 13). Im Inneren des Sockels ist eine Vorschalt elektronik angebracht, die Spannung und Strom reguliert. Die Haltbarkeit von diesen Leuchtmitteln liegt zwischen 2.000 und 10.000 Stunden, je nach Haltbarkeit der Vorschalt elektronik. Einige Herstellfirmen ermöglichen es mit speziellen Schaltkreisen LEDs dimmbar zu machen, um ein hohes Maß an Komfort zu erreichen und damit größere Anwendungsfelder abzudecken.



Abbildung 12 RGB-LED SMD 5050 Makroaufnahme



Abbildung 13 LED Filament Leuchtmittel mit Edison Sockel