

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 71 (1980)

**Heft:** 6

**Artikel:** Vom Kohlefaden zu den Halogenglühlampen mit Ausblick auf weitere neue Lichtquellen

**Autor:** Wurster, E.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-905240>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 25.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

- [6] *H. Leuthold*: Die schweizerische Elektrizitätsversorgung im Wandel der Zeiten. In: Elektrizitätsverwertung, J. 38(1963), S. 115...125, 177...192.
- [7] *G. Klingenberg*: Der Bau grosser Elektrizitätswerke, Bd. 1: Richtlinien, Wirtschaftlichkeitsrechnungen und Anwendungsbeispiele, Berlin 1913, und Bd. 2: Verteilung elektrischer Arbeit über grosse Gebiete, Berlin 1914.  
Einen guten Überblick über die Entwicklung im Kraftwerksbau vermitteln auch die folgenden Jubiläumsbände:  
– 25 Jahre Nordostschweizerische Kraftwerke AG, 1914–1939, Zürich 1940 – BKW  
– Von Olten-Aarburg zu Aare-Tessin; 50 Jahre Elektrizität, Olten 1945  
– Cinquantenaire de la SA l'Energie de l'Ouest-Suisse, EOS 1919–1969, Lausanne 1969  
– Strom für Kärnten, 50 Jahre KAEWAG-KELAG, 25 Jahre Landesgesellschaft, Klagenfurt 1974  
– 75 Jahre Vorarlberger Kraftwerke 1901–1976, VKW, Bregenz 1976
- [8] *W. Reisser*: Die Steigerung der Wirtschaftlichkeit ländlicher Elektrizitätsversorgung. Diss. Charlottenburg 1913.
- [9] Vgl. dazu *K. Hafner*: Die schweizerischen Finanzierungsgesellschaften für elektrische Unternehmungen, Diss. Zürich 1913; und *H. Grossmann*: Die Finanzierung der Bank für elektrische Unternehmungen in Zürich, Diss. Zürich 1918; sowie *B. Fehr*: Zusammenschluss und Finanzierung in der Elektroindustrie, Diss. Bern 1939.
- [10] 75 Jahre Elektrizitätswerke Wynau, 1895–1970, Langenthal 1970; und 50 Jahre Bernische Kraftwerke AG, 1898–1948, Bern 1949.
- [11] 75 Jahre Centralschweizerische Kraftwerke, Luzern 1969.
- [12] 50 Jahre Elektra Birseck, 1897–1946, Münchenstein 1946.
- [13] *H. Trüb*: Der Staat und die Wasserkraftanlagen in der Schweiz; Diss. Zürich 1922, S. 129.
- [14] *H. Fritzberg*: Geschichte der öffentlichen Elektrizitätsversorgung in Österreich. In: Österreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft, Jg. 29(1976), S. 171 ff.; *H. Calliess*: Übergang zum Drehstrom – Beginn der Überlandversorgung. In: Das Zeitalter der Elektrizität, a.a.O., S. 15 ff.; *C. Duval*, *C. Lavanchy*: Le développement des distributions d'énergie électrique en France. In: Rev. gén. Elect., novembre 1922, p. 203...221; *H. Trüb*: Der Staat und die Wasserkraftanlagen in der Schweiz, Diss. Zürich 1922, S. 95.
- [15] *H. Trüb*, a.a.O., S. 70 f; vgl. auch *A. Diesbach*: L'Utilisation des Forces hydrauliques par l'Etat dans le Canton de Fribourg, Diss. Freiburg, 1904.
- [16] Gesetz betreffend die Elektrizitätswerke des Kantons Zürich, EKZ, vom 15. März 1908.
- [17] Vgl. dazu: Die Elektrizitätswerke der Nordostschweiz, in Bull. SEV/VSE 67(1976), S. 534...563.
- [18] *A. Härry*: Wasserkraftnutzung und Energieversorgung in der Schweiz, Zürich 1947.
- [19] *P. Pflüger* und *J. Hüppy*: Handbuch des schweizerischen Gemeindesozialismus, Zürich 1910, S. 118 ff.
- [20] *W. Bossard*: Vorläufige Mitteilung über die ausgenutzten Wasserkräfte der Schweiz vom 23. Mai 1914 an Bundesrat Calonder, Bern 1914.
- [21] *M. Girtanner*, a.a.O., S. 30; und *W. Hesselmann*: Strukturelle Gestaltung, Ordnung und Wettbewerb in der westdeutschen Energiewirtschaft, Diss. Nürnberg 1959.
- [22] *W. Froelich*: Die Leistungen der schweizerischen Elektrizitätswerke in den Kriegsjahren 1939–1945, Zürich 1949.
- [23] *A. Härry*: Die schweizerische Energieversorgung während der Kriegsjahre und ihr weiterer Ausbau, NZZ Nr. 1045 vom 31. 5. 1947.
- [24] *M. Saitzew*: Die Partnerwerke in der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft; ihr Wesen, ihre Verbreitung und die Motive ihrer Gründung, Zürich 1950.
- [25] *H. Lienhard*: Probleme des Verbundbetriebes in der Elektrizitätsversorgung. In: Elektrizitätsverwertung, Jg. 46(1971), S. 35 ff.
- [26] 25 Jahre UCPT, 1951–1976, Arnhem 1976.
- [27] Vgl. dazu *M. Schmidt*: La distribution d'énergie en Suisse romande; *P. Keller*: Die Energieverteilung im Gebiete der Bernischen Kraftwerke sowie der Gruppe der Kraftwerke Oberhasli; *A. Engler*: Die Energieverteilung der Nordostschweiz; *C. Aeschmann*: Süd und Nord in der schweizerischen Energieverteilung, alle in: Die Verteilung elektrischer Energie in der Schweiz, Sonderdruck des Schweiz. Energie-Konsumenten-Verbandes, Zürich 1945; sowie *F. Aemmer*: Das schweizerische Höchstspannungsnetz und die 380-kV-Verbindung Tavanasa-Sils-Breite. In: Elektrizitätsverwertung, Jg. 39(1964), S. 305 ff.
- [28] *R. Hochreutiner*: Die schweizerische Elektrizitätsversorgung im Rahmen der westeuropäischen Elektrizitätswirtschaft, Sonderdruck des Schweiz. Energie-Konsumenten-Verbandes, Zürich 1963.
- [29] Zur Entwicklung vgl. etwa *F. Brühlmann*: Die Ausnützung der schweizerischen Wasserkräfte und der Export von elektrischer Energie, Olten 1953; 50jähriges Bestehen der Vereinigung exportierender Elektrizitätsunternehmen, 1926 bis 1976, Lausanne 1976; *K. Goldsmith*, *H. Luder*, *J. Wahl*: Der Einfluss der Vergrößerung der Leistung thermischer und nuklearer Einheiten auf den internationalen Energieaustausch in Westeuropa, in Bull. SEV 60(1969)15, S. 685 ff.; *J. Fronholzer*: Austausch elektrischer Energie zwischen sieben Wasserkraftländern und Nachbarländern in Europa, in Elektrizitätswirtschaft, Jg. 78(1979)24, S. 974 ff.
- [30] Vgl. dazu *H. Schäfer*: Einführung in grundsätzliche Fragen des Lastbegriffs, in: Der Leistungsbedarf und seine Deckung, Analysen und Strategien, Berlin 1979, S. 9 ff.
- [31] *W. Friedrich*: Das wirtschaftliche Wesen der Elektrizitätserzeugung; Versuch einer grundsätzlichen Formulierung, Jena 1923.
- [32] Aus: Von Olten-Aarburg zu Aare-Tessin, 50 Jahre Elektrizität (50. Jahresbericht der Aare-Tessin 1945, S. 78).
- [33] *H. Hardmeier*: Die Schweiz als Industrieland; Elektrizitätsversorgung und Industriegebiete der Schweiz, Zürich 1950.
- [34] *E. Büttikofer*: Die Elektrizität im Haushalt, Zürich 1921.

#### Adresse des Autors

Dr. *H. Lienhard*, Direktor des Elektrizitätswerkes des Kantons Thurgau, 9320 Arbon.

## Vom Kohlefaden zu den Halogenleuchtampen mit Ausblick auf weitere neue Lichtquellen

Von E. Wurster

Zum 100. Geburtstag der Glühlampe werden die Meilensteine der Entwicklung der elektrischen Beleuchtungstechnik dargestellt. Die Möglichkeiten für die Zukunft werden auf Basis vorhandener und zukünftiger Technologien diskutiert.

### 1. Die Entwicklung der Beleuchtungstechnik

Wir feiern in diesem Jahr den 100. Geburtstag der Glühlampe und damit der elektrischen Beleuchtungstechnik. Warum wählen wir gerade das Datum der Erfindung Edisons? Denn schon vor ihm beschäftigten sich andere mit der Erzeugung von Licht durch den elektrischen Strom, wie beispielsweise: 1802–1810, Humphrey Davy:

Von ihm stammen die grundlegenden Arbeiten über das Glühen stromdurchflossener Leiter, und er zeigte als erster am Lichtbogen die elektrische Leitfähigkeit und Lichtabgabe von Gasen bei hoher Temperatur.

1841, Moleyns:

Hat Priorität für die Tatsache, dass feine Kohleteilchen beim Fall durch eine glühende Platinwendel ein lebhaftes Licht ausstrahlen.

1854, Heinrich Goebel:

Baute die erste Kohlefadenglühlampe und setzte sie zu Werbezwecken ein.

Le 100<sup>e</sup> anniversaire de la lampe à incandescence est l'occasion de rappeler les étapes de l'évolution de la technique de l'éclairage électrique et d'évaluer les possibilités futures d'après les techniques nouvelles qui sont en train de poindre.

1879, Joseph Swan:

Führte im Februar 1879 in Newcastle eine Kohlefadenlampe vor.

Jeder dieser Erfinder hatte elektrisches Licht erzeugt, Edisons Leistung aber bestand darin, dass er das Gesamtproblem – die elektrische Beleuchtung – sah und es erstmals mit den Methoden moderner Forschung und Entwicklung anging. Er behandelte dieses Problem in drei Teilen:

a) *Die Stromerzeugung*. Werner von Siemens hatte 1866 die Dynamomaschine erfunden. Edison baute grosse Dynamomaschinen mit gutem Wirkungsgrad für zentrale Stromversorgungsanlagen.

b) *Die Stromverteilung*. Um Kabelkosten in Grenzen zu halten, musste die Spannung für damalige Anlagen hoch sein. Er wählte 110 V.

c) *Die Lichterzeugung*. Die von ihm gesuchte Glühlampe musste für 110 V ausgelegt sein und deshalb einen grossen Innenwiderstand haben. Die ersten Versuche mit Einzelfäden

im Jahre 1878 misslingen. Längere Arbeiten mit Platinwendeln führten zu Patenten, waren aber letztlich erfolglos. Er nahm die Arbeiten mit Kohlefäden 1879 wieder auf und hatte im Herbst 1879 Erfolg. Bis zu diesem Zeitpunkt hatte er 1600 verschiedene Materialien untersucht, ehe er ein einigermaßen erfolgversprechendes Resultat aufzuweisen hatte.

Am 21. Oktober 1879 baute Edison die erste brauchbare Glühlampe. Zur Verbesserung des Ergebnisses untersuchte er anschliessend 6000 weitere Materialien, bis die verkohlte Bambusfaser im Jahre 1881 zu einer befriedigenden Lösung führte.

Die konsequente Zerlegung des Gesamtkomplexes in Teilprobleme war das Ergebnis einer klugen, vorausschauenden Ingenieurleistung. Durch Verbindung zu Glasherstellern in Corning war Edison z.B. in der Lage, Glaskolben zu verwenden, die in grosser Stückzahl herstellbar waren. Sein Vorgänger Goebel dagegen benutzte zufällig vorhandene Parfumflaschen.

Das Problem der Kontaktierung mit der Stromquelle lösten Edison und sein Team mit einem einfachen Schraubsockel, der noch heute neben Kolben und Leuchtkörper wesentliches Element jeder Glühlampe ist.

Mit dieser Vorgehensweise war bereits Ende 1880 eine Herstellkapazität von 1000 Lampen/Tag möglich. Eine wichtige Voraussetzung hierzu bestand in der Erfindung der Quecksilber-Luftpumpe durch Sprengel im Jahre 1865. Durch diese Erfindung stand Edison eine weitere technische Möglichkeit zur Verfügung, die seine Vorgänger nicht hatten.

Die Methode der Herstellung elektrischer Lampen verbreitete sich schnell. Es entstanden Fabriken in den USA und in vielen Teilen Europas. Die Produktion von Glühlampen war die Geburtsstunde der meisten Grosskonzerne der heutigen Elektroindustrie, nur die Siemens-Gesellschaft war bereits 32 Jahre alt und weltbekannt.

Es gab einen Boom an Patenten. Die Patentprobleme für Lichtquellen und Stromversorgung wurden unübersichtlich. Edison verlor sein Grundpatent für die Glühlampe (1893), das 1894 ohnehin abgelaufen wäre. Ein Konkurrent konnte nachweisen, dass Goebel bereits 1854 Kohlefadenlampen gebaut hatte. Im Gerichtssaal musste der 75 Jahre alte Goebel sein Experiment wiederholen. Die Versuche gelangen und führten damit zu einer späten Anerkennung für Goebel!

Patentprozesse häuften sich, und da niemand mehr etwas Vollständiges abliefern konnte, ohne Patente anderer zu verletzen, begann eine weltweite Kooperation.

Die Edisonlampe hatte mit dem oben beschriebenen Kohlefaden eine Lichtausbeute von 2–3 lm/W. Als GEM-(GE metallized)Lampe mit metallisierter Kohlefaser kam sie auf 4 lm/W. Viele Forscher versuchten, diesen Wert zu verbessern. Seit dieser Zeit stellt das eine Daueraufgabe für alle Lampenforscher und -entwickler dar. Die nächste Runde bei der Verbesserung der Glühlampe ging an Europa. Der Österreicher Auer von Welsbach – der Erfinder des Gasglühstrumpfes und Entdecker vieler Seltener Erden – führte den ersten Metallfaden ein – die Osmiumlampe war geboren (1898).

1902 wurde in Berlin die Tantalampe eingeführt. Mit beiden Erfindungen waren 5 lm/W erreicht. 1904 bauten Just und Hannamann in Wien die ersten Wolframlampen mit 7–8 lm/W und 800 Stunden Lebensdauer. Die beiden Universitätsassistenten mussten sich für ihre Patentanmeldung in Europa das Geld leihen und konnten erst später aus Lizenzzahlungen ihren Patentanspruch in den USA durchsetzen.

Die Osmium- und die Tantalampe hatten stabile Leuchtfäden, nicht aber die neue Wolframlampe. Bei der Lösung des Problems, duktils Wolfram mit für Glühlampenzwecke stabiler Kristallisation zu gewinnen, ging die nächste Runde an die USA. Dort arbeitete Coolidge von 1906 bis 1910 an dem Problem, aus gesintertem Wolfram durch häufiges Verformen dünne Drähte mit brauchbarer Kristallstruktur herzustellen.

Bei der Einführung der nächsten Verbesserung, der gasgefüllten Glühlampe mit reduzierter Verdampfungsgeschwindigkeit des Wolframs, war man in den USA und in Deutschland 1913 fast gleichzeitig soweit. Die Lichtausbeute stieg auf 9–10 lm/W. Die nächsten Stufen waren Doppelwendellampen und Lampen mit Edelgasen hohen Molekulargewichtes; die Lichtausbeuten stiegen bis auf 13–14 lm/W. Gegenüber der ersten Edisonlampe mit 2–3 lm/W war der Fortschritt gewaltig.

Auf dem Gebiet der Glühlampe kam der nächste Innovationsschub mit der ersten brauchbaren Halogenglühlampe. Was war das Ziel? Kohlefasern und Metallfasern verdampfen im Vakuum mit hoher Geschwindigkeit. Dabei verdampft Kohlenstoff um den Faktor 1000 schneller als Wolfram. Im gasgefüllten Innenraum einer Wolframglühlampe ist die Verdampfungsgeschwindigkeit gegenüber der Vakuumlampe um einen Faktor 30 reduziert, aber trotzdem wird gegen Ende der Lebensdauer der Lampenkolben mehr oder weniger schwarz. Diese Schwärzung ergibt einen starken Abfall des Lichtstroms während der Lebensdauer und bedingt, dass die Grösse einer Lampe nach den Grenztemperaturen, die sich am Kolben gegen Ende der Lebensdauer einstellen, dimensioniert werden muss. Schon Edison und seine Mitarbeiter wollten diesen schwarzen Belag beseitigen. Halogene und ihre Verbindungen kamen ins Gespräch; sie sollten die Schwärzung reduzieren oder verhindern. Es gibt unzählige Patente über diesen Fragenkomplex, und doch vergingen 80 Jahre, bis die erste brauchbare Halogenglühlampe funktionierte.

## 2. Was ist der Vorteil einer Halogenglühlampe?

Am einfachsten kann man ihn so demonstrieren, indem man eine Halogenglühlampe zunächst im Hochvakuum betreibt. Dabei gelangen Wolframatomte an die Kolbenwand und schwärzen diese. Projiziert man nun diese Lampe auf eine Leinwand, so ist die Schwärzung gut zu sehen. Füllt man nun die Lampe nach dem Betrieb im Hochvakuum wie eine normale Halogenglühlampe mit einem Edelgas mit einem geringen Halogenanteil, so zeigt sich nach Einschalten der Glühwendel und Erreichen einer Kolbentemperatur oberhalb 200 °C, dass

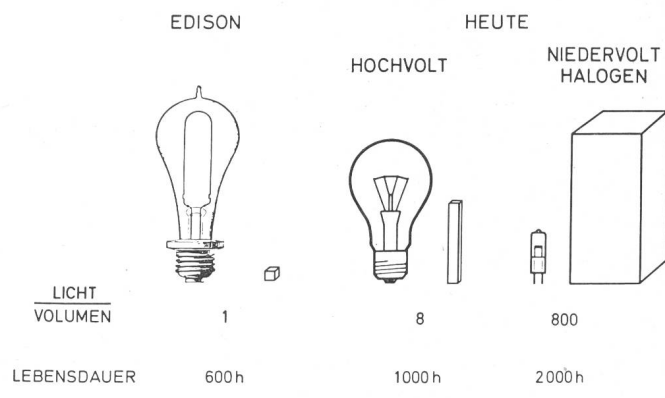


Fig. 1 Allgemeinbeleuchtung: 100-W-Lampen

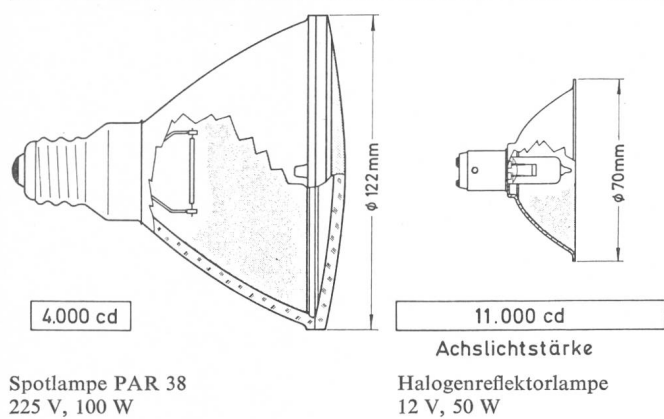


Fig. 2 Kompaktheit von Lichtquellen

der Wolframbelag mit dem Halogen reagiert und eine gasförmige Verbindung bildet, die sich dann bei Transport in Wendelnähe bei der dort hohen Temperatur zersetzt. Das Wolfram wird so wieder in Richtung Wendel zurücktransportiert. Während der weiteren Lebensdauer dieser Lampe findet dieser Prozess zwischen Wendel und Kolben statt, und eine erneute Schwärzung unterbleibt. Das bedeutet, solche Lampen müssen so klein gebaut werden, dass die Kolbentemperatur hoch liegt. Ist das Kolbenmaterial thermisch genügend widerstandsfähig, so kann man auch deutlich über diese Temperaturgrenze gehen und kommt dann zu einer kleinen und stabilen Lampe, die mit wenig Edelgas eines hohen Molekulargewichts bei hohem Druck gefüllt werden kann. Dadurch sind bei gleicher Lebensdauer hohe Betriebstemperaturen der Wendel möglich, und der visuelle Nutzeffekt steigt an. Die Möglichkeiten der Verkleinerung zeigt Fig. 1. Wenn man die fiktive Grösse Licht pro Volumen für Edisons erste Lampe gleich 1 setzt, so haben moderne kompakte Lichtquellen einen vielhundertfachen höheren Wert.

Was kann man mit dem Merkmal «Kompaktheit» einer Lichtquelle anfangen? Vergleichen wir zwei bekannte Lichtquellen, nämlich die PAR-Lampe 220 V 100 W und die Halogen-Reflektorlampe 12 V 50 W, so zeigt sich, dass die kompaktere Lichtquelle bei gleicher Lebensdauer und halber Leistung eine fast dreifache axiale Lichtstärke hat (Fig. 2).

Ein weiteres Beispiel gibt die Reihe der Schmalfilm-Projektionslampen 12 V 100 W. Diese Lampen in Fig. 3, von links nach rechts gesehen, stellen die Entwicklungsschritte von 1954 bis 1973 dar. Die ersten beiden Lampen sind Nicht-Halogenlampen mit einer Lebensdauer von 25 Stunden, die Halogenlampen haben eine Lebensdauer von 50 Stunden. Die Volumenverkleinerungen zeigen die in dieser Technologie gegebenen Möglichkeiten und den Anstieg der Nutzlichtströme bei Projektion unter vergleichbaren Bedingungen.

Fig. 4 zeigt die Entwicklungsstadien technischer Produkte und gibt das Merkmal «Reifegrad» auf der Ordinate an. Wir nehmen an, dass Glühlampen einen sehr hohen Reifegrad erreicht haben und dass – wie in den vorhergehenden Ausführungen gezeigt – Neuerungen nur in verbesserten Abstimmungen der Lampe auf die sonstigen Möglichkeiten, z.B. auf den Reflektor, möglich sind.

Andere Lichtquellen, denen wir uns nun zuwenden wollen, haben diesen Reifegrad der Glühlampe noch nicht erreicht.

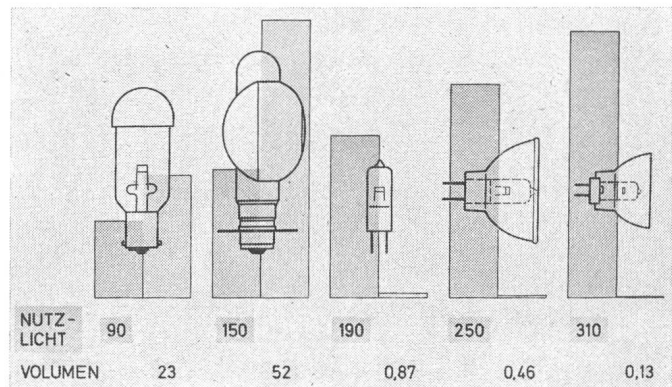


Fig. 3 Schmalfilm-Projektionslampen 12 V, 100 W

### 3. Ausblick auf andere moderne Lichtquellen

Es ist bereits erwähnt worden, dass schon von Anfang an der Lichtbogen als Lichtquelle mit in der Diskussion war. Die ersten Lichtbögen waren offen brennende Kohlelichtbögen. Als Lichtquelle im heutigen Sinn wurden ab 1930 Natrium-Niederdruck-Entladungslampen und Quecksilberdampf-Hochdrucklampen eingeführt. Bei der Niederdruckentladung werden sogenannte Resonanzlinien angeregt, die sehr hohe Strahlungsausbeuten ergeben. Bei Natrium strahlen diese Resonanzlinien im sichtbaren Bereich der Strahlung, während bei Quecksilber die Resonanzlinie im ultravioletten Bereich liegt, d.h. ausserhalb der vom Auge verwertbaren Strahlung. In einer Hochdruckentladung erscheinen auch Linien anderer Anregungsniveaus, die auch im sichtbaren Spektralbereich strahlen. Deshalb verwendete man hier zunächst Hochdruckentladungen zur Lichterzeugung.

Bei einer Niederdruckentladung im Quecksilberdampf werden etwa 60% der elektrischen Leistung in Strahlung der Resonanzlinie von 254 nm verwandelt. Leuchtstoffe auf der

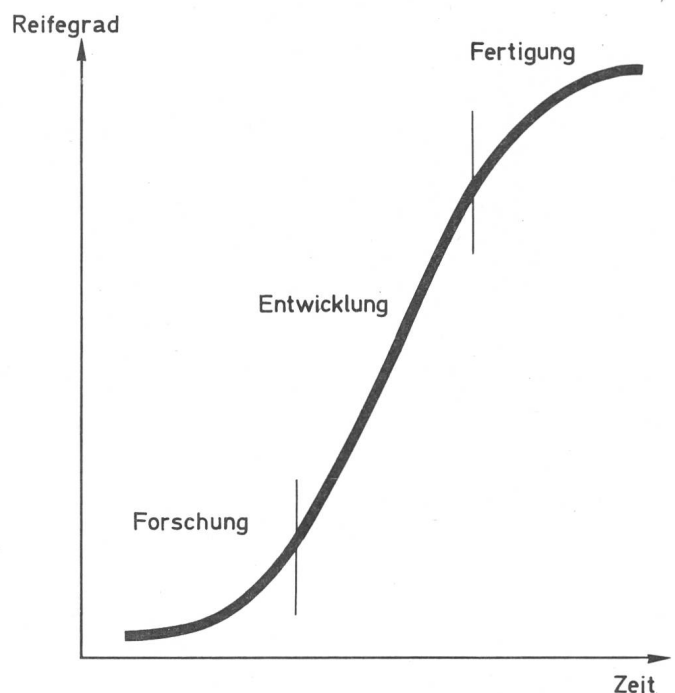


Fig. 4 Entwicklungsstadien technischer Produkte



Innenwand der Entladungsröhre können die UV-Strahlung in sichtbare Strahlung verwandeln. Die erste marktreife Leuchtstofflampe nach diesem Prinzip wurde 1936 von OSRAM auf der Pariser Weltausstellung präsentiert.

Die folgenden Jahre waren geprägt von der Erarbeitung einer Herstelltechnologie für Leuchtstofflampen und der Optimierung der Entladung und der Leuchtstoffe. Ähnliche Optimierungsprozesse spielten sich bei Hochdrucklampen ab. Durch die Verwendung von keramischem Material anstelle von Gläsern gelang es, Natrium-Hochdrucklampen mit ausserordentlich hoher Lichtausbeute herzustellen. Ferner konnte das blaue Licht der Quecksilberdampf-Hochdrucklampen durch Halogenide der Seltenen Erden und anderer Metalle gefärbt werden, so dass eine tageslichtähnliche Strahlung hoher Intensität entstand. Diese Lampen zeigten bei der Olympiade 1972 in München, dass damit neue Möglichkeiten für die Fernseh wiedergabe gefunden waren.

Fig. 5 zeigt den Verlauf der Lichtausbeute (in Lumen je Watt) im bisher besprochenen Zeitraum. Dabei ist vor allem die Entwicklung der letzten 20 Jahre bemerkenswert.

#### 4. Zukünftige Möglichkeiten und Grenzen der Lichterzeugung

Gehen wir auf der Kurve in Fig. 4 noch ein Stück zurück, so kommen wir in den Bereich, der sich mit zukünftigen Möglichkeiten befasst, ohne bereits marktreife Produkte anbieten zu können.

Es stellen sich die beiden Fragen nach dem augenblicklichen Stand der Lampentechnologie bei der Lichterzeugung für unterschiedliche Anwendungen, z.B. der Glühlampe im Wohnbereich, der Hochdrucklampe in der Aussenbeleuchtung und der Leuchtstofflampe im Arbeitsbereich, sowie nach den Möglichkeiten, die die bisher bekannte Technologie für die Zukunft erwarten lässt.

Im Falle der Glühlampe (Fig. 6) kann man theoretisch bei Reflexion aller IR-Strahlen auf die Wendel den Wirkungsgrad um 60 % erhöhen, d.h. das Licht einer 100-W-Lampe mit 40 W erzeugen. Die technischen Möglichkeiten der Einhaltung der

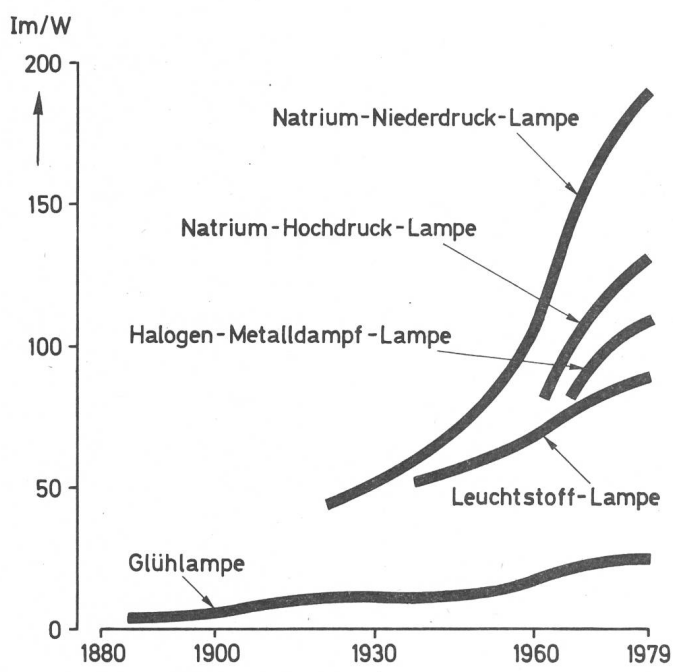


Fig. 5 Entwicklung der Lichtausbeute

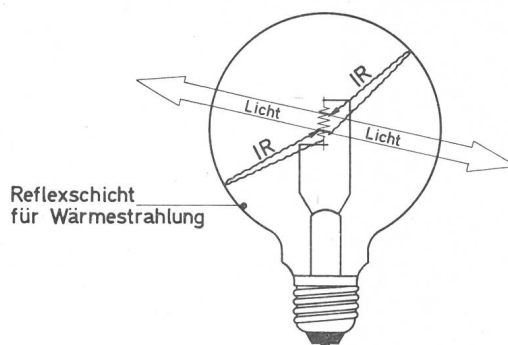


Fig. 6 Glühlampe mit IR-Reflektor

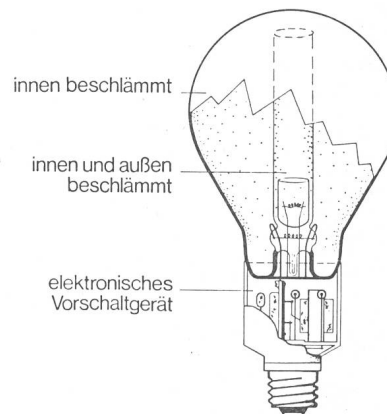


Fig. 7 Leuchtstoff-Kompaktlampe

Geometrie und der notwendigen Reflexionsschichten lassen derzeit etwa 30 % in der Massenfertigung bei hohem Aufwand als möglich erscheinen.

Ein grösserer Vorteil ist zu erwarten, wenn man eine Leuchtstofflampe in Glühlampenform herstellt. Notwendig wäre, die Entladung einer stabförmigen Leuchtstofflampe auf die Geometrie einer Glühlampe zu verändern.

Fig. 7 zeigt den Prinzipaufbau einer solchen Kompakt-Leuchtstofflampe. Diese Laborversuchslampe ist direkt austauschbar mit einer Glühlampe. Das bei Entladungslampen notwendige Vorschaltgerät ist im Sockelraum konzentriert. Weitere Fortschritte der Halbleitertechnologie lassen Verkleinerungen erwarten.

Diese Lampe gibt mit 25 W (einschliesslich Vorschaltgerät) den Lichtstrom einer 75-W-Glühlampe bei mindestens 5facher Lebensdauer. Ein kritischer Faktor bei dieser Art von Lampen ist das Kosten/Nutzen-Verhältnis, da zurzeit sowohl die Lampenkonstruktion als auch die Bauelemente noch sehr teuer sind und für beide die technische Marktreife noch nicht erreicht ist.

Mit der Technik der Kompakt-Leuchtstofflampe lassen sich Lichtströme bis 1200 lm realisieren. Bei höheren Lichtströmen oder wenn die Frage einer konzentrierten Lichtquelle im Zusammenhang mit Reflektoren eine Rolle spielt, ist das Hochdrucklampenprinzip besser geeignet.

Fig. 8 zeigt die Temperaturverteilung einer Hochdruckentladungslampe. Wir sehen die grossen Temperaturunterschiede im Lampeninneren. Mehr als zehn verschiedene Substanzen sind an der Lichterzeugung einer solchen Lampe beteiligt. Es ist schwierig, stabile Verhältnisse in einer solchen

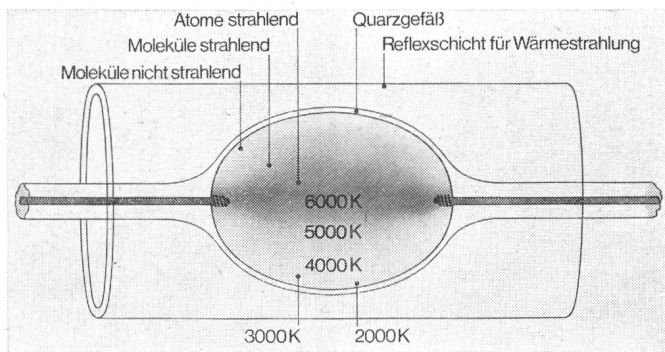


Fig. 8 Temperaturverteilung Hochdruck-Entladungslampe

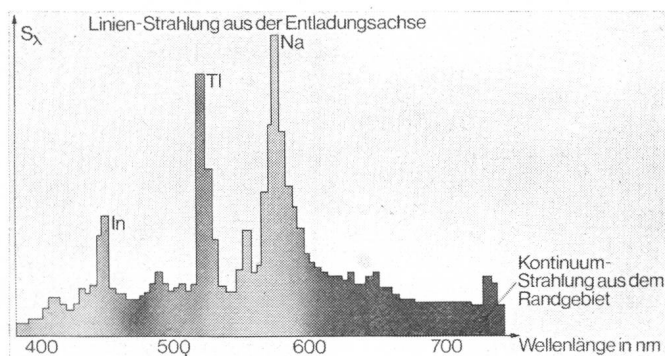


Fig. 9 Emissionsspektrum einer Hochdruck-Entladungslampe

Entladung sicherzustellen, und die Schwierigkeiten nehmen zu mit der Reduzierung der Leistungsaufnahme und damit auch der Geometrie des Entladungsraumes. Bei niederen Leistungen muss auch bei diesen Lampen mit Infrarot-Reflektoren gearbeitet werden. Das sogenannte Wärmestaurohr gibt die Möglichkeit, Leistungen unter 100 W zu realisieren. Welches können die Ziele einer solchen Entwicklung sein?

Es wird versucht, die Farbtemperatur zu verringern, um für Wohnräume auf glühlampenähnliches Licht zu kommen bei möglichst niedriger Leistungsaufnahme mit dem Ziel, vergleichbare Lichtströme wie bei den Haushaltsglühlampen wirtschaftlicher anbieten zu können.

## 5. Die heutigen Möglichkeiten

Fig. 9 zeigt das Emissionsspektrum einer 75-W-Hochdrucklampe mit warmer Lichtfarbe (3200...3400 K). Eine solche Lampe hat einen Lichtstrom, der vergleichbar mit dem einer Halogensglühlampe 220 V 250 W von 2000 Stunden Lebensdauer ist. Auch die Lichtfarbe ist vergleichbar. Die 75-W-Lampe verbraucht einschliesslich Vorschaltgerät 95 W, gibt also die gleichen Werte bei 35 % der Leistung. Um hier weiterzukommen in Richtung der oben formulierten Ziele, bedarf es intensiver Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, da die Schwierigkeiten bei weiterer Verkleinerung sicher stark ansteigen.

Für die Zeit, während der die oben skizzierten Arbeiten laufen, stellt sich die Frage, wie die Prioritäten für die absehbare nahe Zukunft aussehen.

Fig. 10 zeigt, wieviel elektrische Energie für Beleuchtung in der Bundesrepublik Deutschland verbraucht wird. Der Anteil des elektrischen Lichts konnte im Verlauf der letzten 100 Jahre drastisch gesenkt werden.

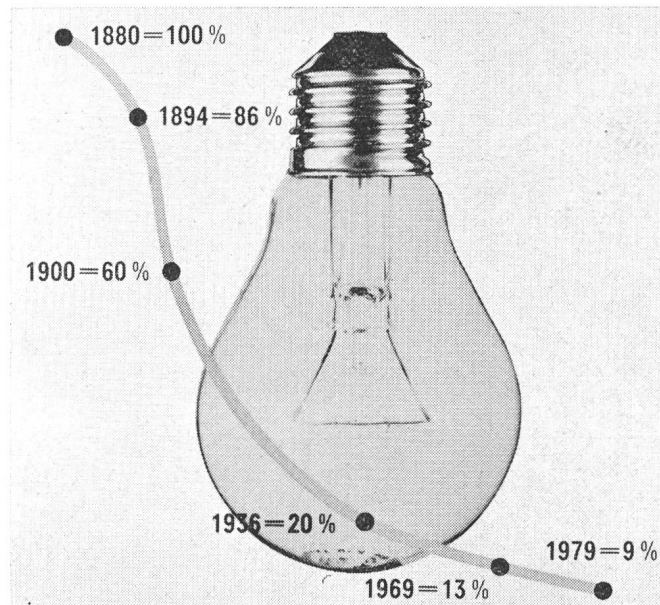


Fig. 10 Anteil des elektrischen Lichts am Stromverbrauch (Deutsches Reich, Bundesrepublik)

## Lichtkosten

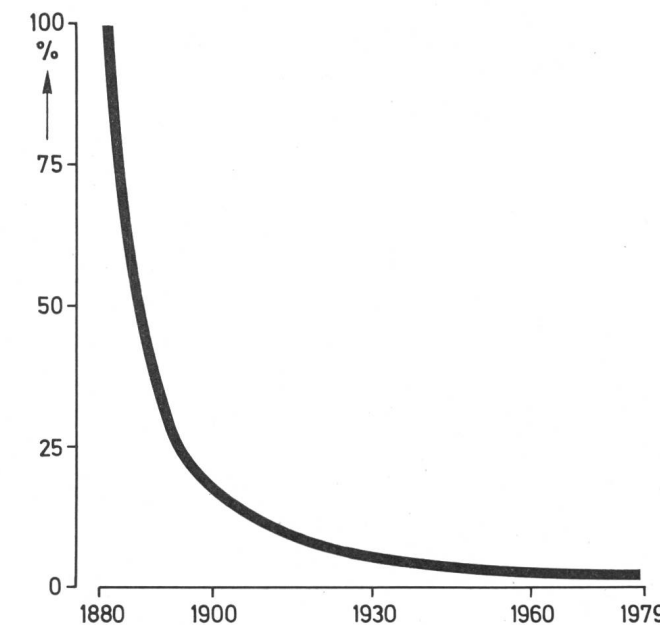


Fig. 11 Kosten für die gleiche Lichtmenge

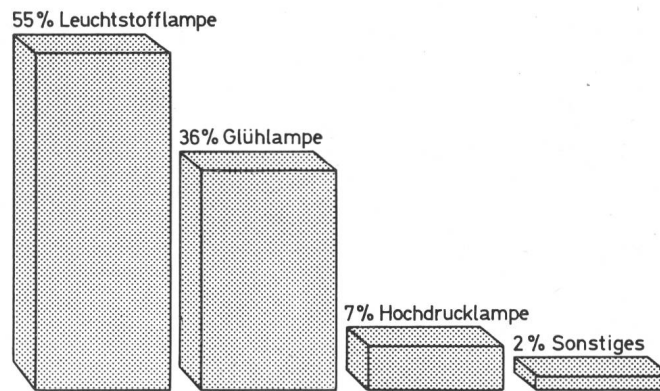


Fig. 12 Anteil der verschiedenen Lampentypen am Stromverbrauch für elektrische Beleuchtung in der Bundesrepublik

Fig. 11 zeigt die Kosten für die gleiche Lichtmenge. Man erkennt, dass die intensiven Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auch diesen Wert drastisch abgesenkt haben.

Fig. 12 zeigt die Verteilung der 9% Stromverbrauch auf die verschiedenen Lichtquellen. Man kann daraus folgern, dass es besonders erfolgversprechend ist, bei Leuchtstofflampen den Energieverbrauch zu reduzieren, bei Erhaltung des Beleuchtungs-niveaus und der Farbwiedergabe.

Zur Erreichung dieses Zieles wird derzeit mit 3-Banden-Leuchtstofflampen gearbeitet, die bevorzugt in den drei Farbbereichen der Rezeptoren des menschlichen Auges emittieren. Diese Leuchtstofflampen haben einen von 37 auf 26 mm verringerten Rohrdurchmesser. Damit sind Vorteile bei der Entladung und Verbesserungen des Leuchtenwirkungsgrades verbunden, da – wie bereits mehrfach ausgeführt – kleinere Lichtquellen im Reflektor sich selbst eben weniger im Wege stehen.

Während der achtziger Jahre wird man an der Optimierung der Entladungsparameter weiterarbeiten. Man wird die Leuchtstoffe verbessern und die Entladungslampen mit elektronischen Vorschaltgeräten betreiben. Die darin gegebenen Möglichkeiten (geringere Verlustleistung, höhere Frequenz) werden insgesamt die Lichtausbeute von Leuchtstofflampen bis 115 bis 120 lm/W anheben. Aber daneben werden Anpassungs-entwicklungen an Glühlampen dieser auch nach ihrem 100. Geburtstag im Haushalt, im Auto und bei der Projektion einen wichtigen Platz geben.

#### Adresse des Autors

E. Wurster, Dr., Dipl.-Phys., Direktor des Bereiches Entwicklung Glühlampen, OSRAM GmbH, Hellabrunner Strasse 1, D-8000 München 90.

## Nationale und internationale Organisationen Organisations nationales et internationales



### 11. Weltenergiekonferenz vom 8. bis 12. September 1980 in München

Seit der letzten Weltenergiekonferenz in Istanbul im Jahre 1977 haben sich bedeutende energiepolitische Ereignisse abgespielt. Die weltweite Energieversorgung ist bereits ins Zeitalter der Produktionsbeschränkungen und der drastisch angehobenen und wahrscheinlich weiter ansteigenden Energiepreise eingetreten. Von der 11. Weltenergiekonferenz, die vom 8. bis 12. September 1980 in München unter dem Titel «Energie für unsere Welt» stattfindet, werden deshalb sehr wichtige und interessante Schlussfolgerungen erwartet.

Neben einem Überblick über die weltweiten Energiereserven und ausführlichen technischen Beiträgen sind folgende *Rundtischgespräche* vorgesehen:

1. Weltweite Energieproduktion und Bedarf (inkl. Energiesparmassnahmen)
2. Ablösung des Erdöls durch Ersatzenergieträger
3. Energie als internationales Handelsgut (Transport von Erdöl, Kohle, Erdgas, Elektrizitätsverbund)
4. Produktion von synthetischem Öl und Gas
5. Notwendigkeit der Kernenergie und ihre Probleme
6. Energieversorgung der Entwicklungsländer

Die Weltenergiekonferenz – mit einer grossen Zahl von Teilnehmern aus aller Welt – bietet ferner vielfältige Informations- und Kontaktmöglichkeiten. Anmeldeformulare können bezogen werden beim Schweizerischen Nationalkomitee der Welt-Energie-Konferenz c/o Elektrowatt AG, Postfach, 8022 Zürich. Anmeldeschluss ist der 20. Juni 1980.

### 11<sup>e</sup> Conférence mondiale de l'énergie du 8 au 12 septembre 1980 à Munich

Depuis la dernière Conférence mondiale de l'énergie qui s'est tenue en 1977 à Istanbul, d'importants événements se sont produits dans le domaine de l'énergie. Ainsi, dans le monde entier, l'énergie n'est plus disponible de façon illimitée et son prix a beaucoup augmenté et augmentera probablement encore. Aussi attend-on avec intérêt les conclusions de la 11<sup>e</sup> Conférence mondiale de l'énergie qui aura lieu cette année à Munich, du 8 au 12 septembre, et qui portera comme titre: «Energie pour notre Monde».

Au programme de la Conférence figurent un aperçu sur les réserves mondiales d'énergie et des exposés techniques spécifiques, ainsi que des tables rondes sur les thèmes suivants:

1. Production mondiale d'énergie et besoins (compte tenu des mesures d'économies)
2. Remplacement du pétrole par d'autres agents énergétiques
3. L'énergie en tant que marchandise internationale (transport du pétrole, du charbon, du gaz naturel; réseaux d'interconnexion internationaux)
4. Production de pétrole et de gaz synthétiques.
5. Nécessité de l'énergie nucléaire et problèmes qu'elle soulève
6. Approvisionnement en énergie des pays en voie de développement

La Conférence mondiale de l'énergie réunira un grand nombre de participants du monde entier. Elle sera ainsi l'occasion d'un vaste échange d'informations et offrira de multiples possibilités de contact. Les formules d'inscription peuvent être demandées auprès du Comité national suisse de la Conférence mondiale de l'énergie, p.a. Electrowatt S.A., case postale, 8022 Zurich. La date limite d'inscription est fixée au 20 juin 1980.