

Inkohärente Lichtquellen

Inhalt

1. Historische Einleitung
2. Lichttechnische Begriffe
3. Physikalische Konzepte zur Lichterzeugung
4. Glüh- und Halogenlampen
5. Niederdruckentladungslampen
6. Hochdruckentladungslampen
7. Leuchtstoffe
8. Lumineszenzmechanismen
9. Anorganische LEDs
10. OLEDs und PLEDs
11. Gasentladungsbildschirme
12. UV-Strahlungsquellen



1. Historische Einleitung

Geschichte der Lichterzeugung

vor $1.37 \cdot 10^{10}$ Jahren

vor $1.3 \cdot 10^{10}$ Jahren

vor $1 \cdot 10^9$ Jahren

vor 400000 Jahren

vor 13000 Jahren

5000 v. Chr.

1000 v. Chr.

600 v. Chr.

280 v. Chr.

1608

1668

1772

1783

1784

1826

Urknall

Sterne, Galaxien, Quasare

Biolumineszenz

Fackel

Primitive Steinlampen

Fettlampen mit Docht

Kerzen

Ölkeramiklampen

Erster Leuchtturm (Alexandria)

Teleskop (Refraktor)

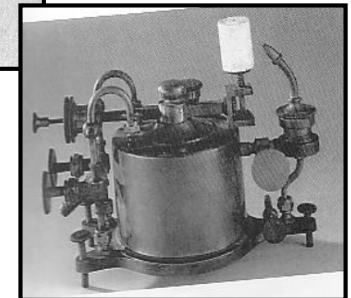
Speigelteleskop

Gaslampen

Petroleumlampen

Argandlampe (Lampe mit Hohldocht)

Kalklicht (Limelight, CaO-Brenner) "Thermolumineszenz"



1. Historische Einleitung

Geschichte der Lichterzeugung

Kölnische Zeitung, 28. März 1819

„Jede Straßenbeleuchtung ist verwerflich“

Aus theologischen Gründen, weil sie als Eingriff in die Ordnung Gottes erscheint. Die Nacht darf nicht in den Tag verkehrt werden.

Aus juristischen Gründen, weil die Kosten dieser Beleuchtung durch eine indirekte Steuer aufgebracht werden sollen.

Aus medizinischen Gründen, die Gasausdünstung wirkt nachteilig auf die Gesundheit schwachleibiger oder zarterer Personen.

Aus philosophisch-moralischen Gründen, die Sittlichkeit wird durch Gassenbeleuchtung verschlimmert. Die künstliche Helle verscheucht in den Gemüthern das Grauen vor der Finsternis.

Aus polizeilichen Gründen, sie macht die Pferde scheu und die Diebe kühn.

1. Historische Einleitung

Geschichte der elektrischen Lichterzeugung

1854	Goebel	Glühlampe mit Bambusfaser
1858	Geißler	Hg-Gasentladung
1859	Becquerel	Fluoreszenzlampe
1878/79	Swan & Edison	Glühlampe mit Kohlefaden (Ediswan)
1900	Cooper & Hewitt	Patent auf Hg-Dampf Lampe
1934	Germer	Niederdruckentladungslampe mit Leuchtstoffen
1936	Destriau	Indirekte Elektrolumineszenz
1937	Claude	Ne-Entladungslampe mit $\text{CaWO}_4 + \text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}$
1938	GE	Fluoreszenzlampen mit $\text{MgWO}_4 + (\text{Zn,Be})_2\text{SiO}_4:\text{Mn}$
1948		Halophosphatlampe
1959		Halogenlampe
1961	Biard & Pitman	Halbleiter LED
1971	Koedam & Opstelten	Dreibandenkonzept
1980		Kompakte Fluoreszenzlampe (Energiesparlampe)



1. Historische Einleitung

Geschichte der elektrischen Lichterzeugung

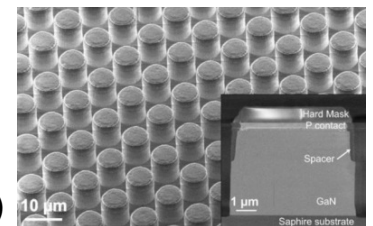
1990	Friend & Burroughes	Erste organische LED
1993	Nakamura	Hocheffiziente blaue (In,Ga)N LED
1995	Schnick	Nitridische Leuchtstoffe
1996	Nichia/Osram	Weißer LED auf Basis von (In,Ga)N LED + YAG:Ce
2000		Weißer LEDs effizienter als Glühlampen
2004	Nichia/Osram/Philips	Warmweißer LED mit (Ca,Sr)S:Eu oder $\text{Sr}_2\text{Si}_5\text{N}_8\text{:Eu}$
2004	Mitsubishi	Tiefroter Leuchtstoff $\text{CaAlSiN}_3\text{:Eu}$
2006	Nichia	Kaltweißer LED mit 100 lm/W bei 20 mA
2007	Nichia	Kaltweißer LED mit 160 lm/W bei 20 mA
2010	CREE	Kaltweißer LED mit 208 lm/W bei 20 mA
2011	Mitsubishi	Gelber Nitridleuchtstoff $\text{La}_3\text{Si}_6\text{N}_{11}\text{:Ce}$
2012	Epistar	Warmweißer LED mit 216 lm/W bei 5 mA
2013	CREE	Kaltweißer LED mit 276 lm/W bei 20 mA
2014	CREE	Kaltweißer LED mit 303 lm/W bei 20 mA
2015	UNESCO	International Year of Light (IYL2015)
2016	Light & Building FFM	LED dominiert den Beleuchtungsmarkt
2019	UNESCO	International Year of the Periodic Table (IYPT2019)



1. Historische Einleitung

Geschichte der Bildschirmtechnologie

- 1875 George Carey Erstes Konzept zur Realisierung von TV
- 1884 Paul Nipkow Erstes praxistaugliches TV-Gerät
- 1897 Braun Braun'sche Röhre
- 1926 Philo Farnsworth Erste öffentliche TV-Übertragung
- 1928 A. Hovhannes, J. Blaird Farb-TV
- 1971 James Fergason LCDs
- 1977 Gasentladungsd Displays (monochrom)
- 1999 Philips Monochromes PolyLED Display
- 2000 iFire 17" ACTFEL Display
- 2004 iFire 34" ACTFEL Display
- 2006 200 und 300" Plasma Displays
- 2008 LED Backlit LCDs
- 2009 Shinoda Plasma Flexibles 125" Plasma Display
- 2012 Sony 4K Heimprojektor (3840 x 2160 pixel)
- 2012 NHK/Panasonic 8K 145" LCD-Display (7680 x 4320 pixel)
- 2016 Sony 40" μ -LED Display (6,220,800 sub-pixel)
- 2019 Samsung 75" μ -LED 4K Display



1. Historische Einleitung

Lichtquellen und Beleuchtung in 2020

- **Innenraumbeleuchtung**
→ Halogenglühlampen → Energiesparlampen → LEDs
- **Öffentliche Gebäude, Geschäftsräume, Fabriken**
→ Leuchtstoffröhren → LEDs
- **Straßenbeleuchtung**
→ Natriumlampen → Hg-Hochdrucklampen, LEDs
- **Werbebeleuchtung**
→ Leuchtstoffröhren → LEDs
- **Signalbeleuchtung**
→ Glühlampen mit Farbfilter → LEDs → Laserdioden
- **KFZ-Beleuchtung**
→ Halogenlampen → Xe/Hg/Zn-Lampen → LEDs → Laserdioden



1. Historische Einleitung: Stand der Dinge 2020

Light source	Electrical input power [W]	Luminous flux [lm]	Luminous efficacy [lm/W]	Color rendering range
Incandescent	10 – 1000	80 – 15000	8 – 15	excellent
Halogen	20 – 2000	300 – 60000	15 – 35	excellent
Low-pressure Hg discharge	7 – 150	350 – 15000	50 – 100	good
High-pressure Hg discharge	50 – 1000	2000 – 60000	40 – 60	good
Metal-halide discharge	20 – 2000	1600 – 24000	80 – 120	good to excellent
Low-pressure Na discharge	20 – 200	2000 – 40000	100 – 200	poor
High-pressure Na discharge	40 – 1000	1600 – 14000	40 – 140	moderate to good
Low pressure Xe /Ne discharge	< 1000	< 40000	35 – 45 (lamps) 4 – 5 (PDPs)	good
White dichromatic Inorganic LED	1 – 5	20 – 500	100 – 300	good
White trichromatic inorganic LED	1 – 5	20 – 200	40 – 160	excellent
Organic LED (at 1000 cd/m ²)	15 mW (per cm ²)	0.25 lm (per cm ²)	20 – 100	good

Literaturhinweise

Bücher/Buchkapitel

- **K.H. Butler, Fluorescent Lamp Phosphors, University Park, PA (1980)**
- **A.H. Kitai, Solid State Luminescence, Chapman & Hall, London (1993)**
- **G. Blasse, B.C. Grabmeier, Luminescent Materials, Springer Verlag Berlin Heidelberg (1994)**
- **W. Schmidt, Optische Spektroskopie, VCH (1995)**
- **J.R. Coaton, A.M. Marsden, Lamps and Lighting, Arnold, London (1997)**
- **D.R. Vij, Luminescence of Solids, Plenum Press, New York and London (1998)**
- **S. Shinoya, W.M. Yen, Phosphor Handbook, CRC Press (1999)**
- **A. Zukauskas, M.S. Shur, R. Caska, Introduction to Solid-State Lighting, John Wiley & Sons, Inc. (2002)**
- **E.F. Schubert, Light Emitting Diodes, Cambridge Univ. Press (2003)**
- **C.R. Ronda, Luminescence, Wiley-VCH (2008)**
- **R.-J. Yie, H. Yamamoto, Nitride Phosphors and Solid-State Lighting, CRC Press (2011)**

Literaturhinweise

Publikationen

- **M. Bredol, U. Kynast, C.R. Ronda, Designing Luminescent Materials, Adv. Mater. 3 (1991) 361**
- **M. Bredol, U. Kynast, C.R. Ronda, Leuchtstoffe für Kathodenstrahlröhren, Chemie in unserer Zeit 28 (1994) 36**
- **T. Jüstel, H. Nikol, C.R. Ronda, New Developments in the Field of Phosphors for Lighting and Display Applications, Angew. Chem. 110 (1998) 3250**
- **T. Jüstel, C. Feldmann, C.R. Ronda, Leuchtstoffe für emissive Displays, Phys. Bl. 56 (2000) 51**
- **T. Jüstel, J.-C. Krupa, D.U. Wiechert, VUV Spectroscopy of Luminescent Materials for Plasma Display Panels and Xe Discharge Lamps, J. Luminescence 93 (2001) 179**
- **M. Born, T. Jüstel, Umweltfreundliche Lichtquellen, Physik Journal 2 (2003) 43**
- **M. Born, T. Jüstel, Chemie und Lichtquellen, Chemie in unserer Zeit 40 (2006) 294**
- **T. Jüstel, S. Möller, H. Winkler, Luminescent Materials in Ullmann's Encyclopedia of Technical Chemistry (2012)**
- **T. Jüstel, Anorganische Leuchtstoffe und LEDs, CHEManager 5 (2017) 9**