

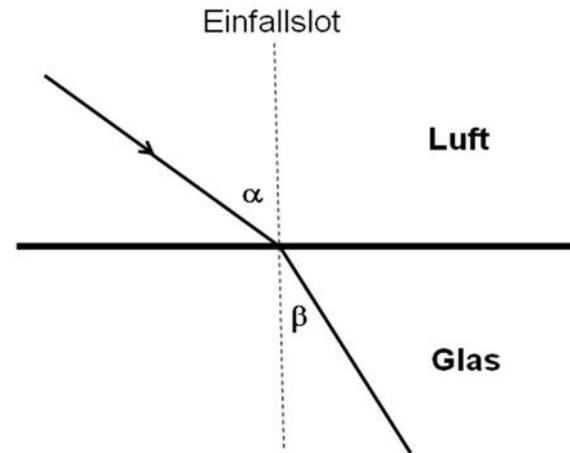
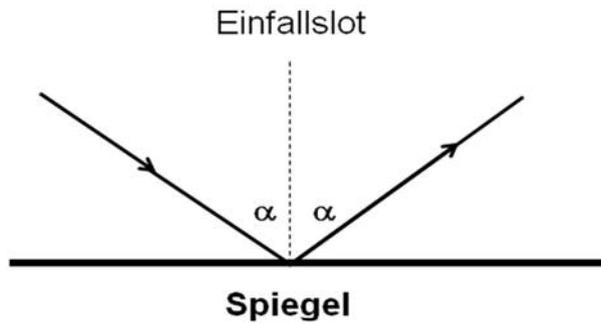
Das Licht und seine schwer verständlichen Eigenschaften

1. Welle oder Teilchen?
2. Beugung und Interferenz
3. Christiaan Huygens – Leben und Persönlichkeit
4. Messung der Lichtgeschwindigkeit
5. Albert A. Michelson – Leben und Persönlichkeit
6. Lichtquellen

Eigenschaften des Lichtes

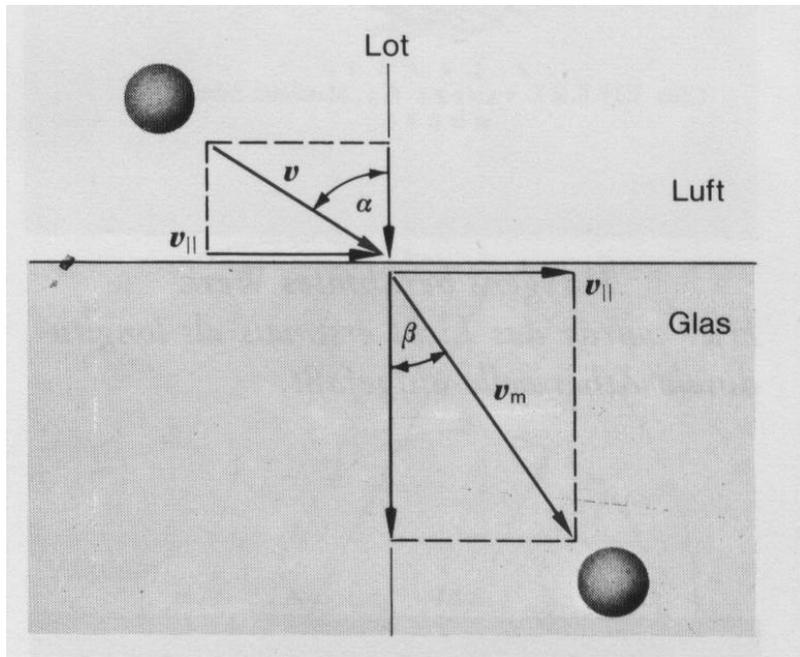
1. Welle oder Teilchen?
2. Beugung und Interferenz
3. Christiaan Huygens – Leben und Persönlichkeit
4. Messung der Lichtgeschwindigkeit
5. Albert A. Michelson – Leben und Persönlichkeit
6. Lichtquellen

Reflexion und Brechung von Licht



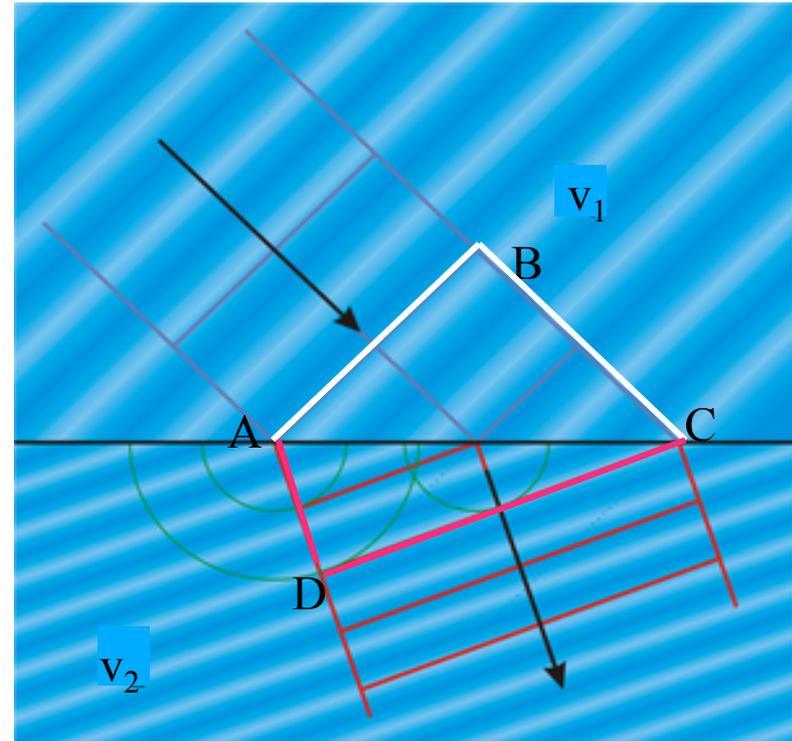
$$\sin \alpha : \sin \beta = n$$

Zwei verschiedene Vorstellungen über das Licht zur Erklärung der Brechung



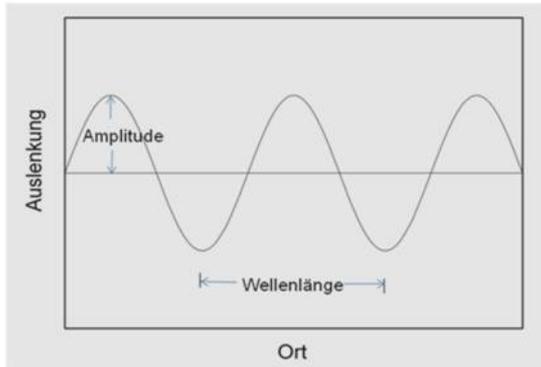
Licht besteht aus Teilchen (Newton)

Voraussage: Die Lichtgeschwindigkeit in Glas ist **größer** als in Luft

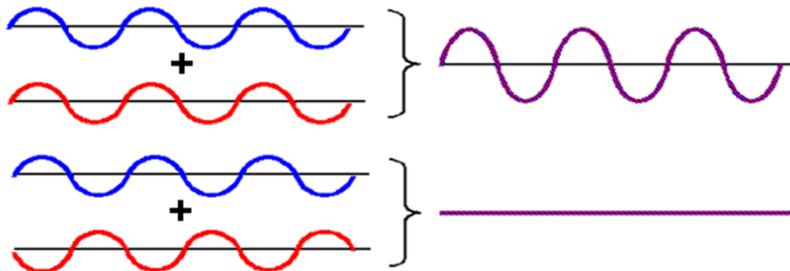


Licht breitet sich als Welle aus (Huygens)

Voraussage: Die Lichtgeschwindigkeit in Glas ist **kleiner** als in Luft



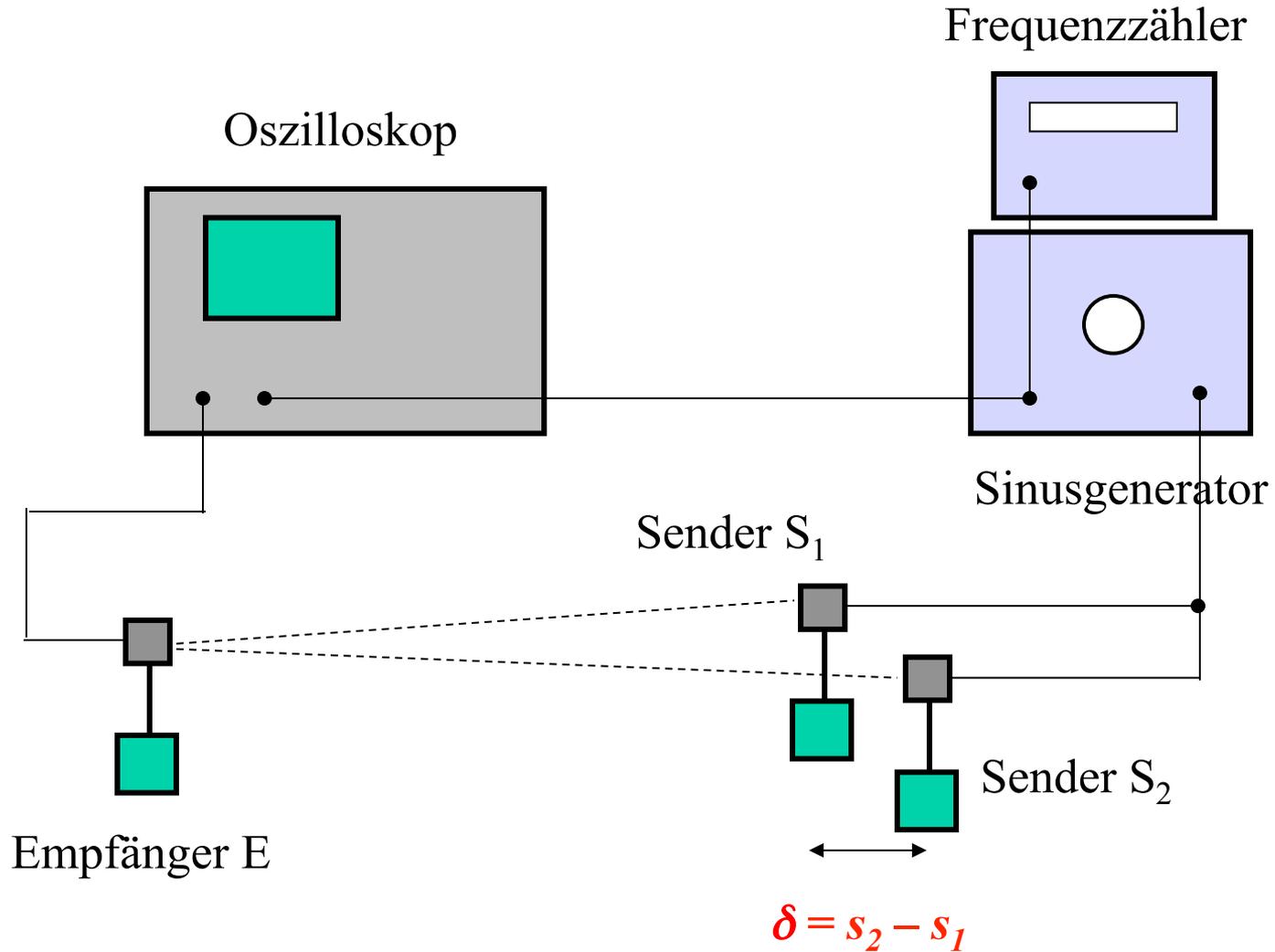
Momentbild einer fortlaufenden Transversalwelle



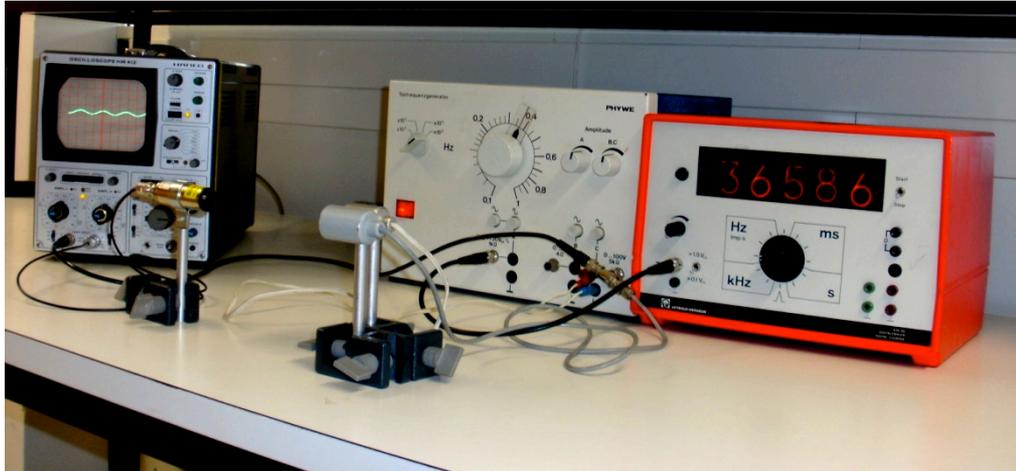
Überlagerung zweier Wellen mit verschiedenem Gangunterschied

Oben trifft Wellenberg auf Wellenberg,
unten Wellenberg auf Wellental

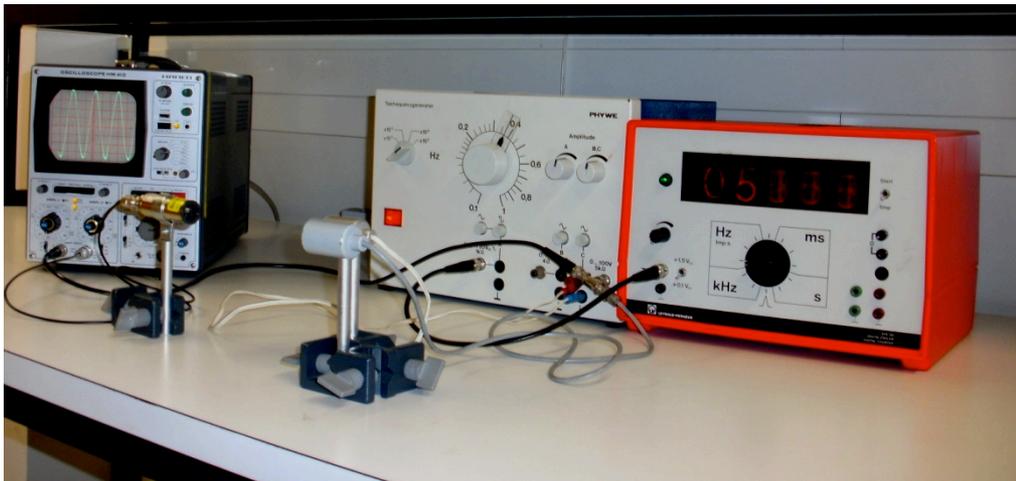
Interferenz von Ultraschallwellen – schematischer Aufbau



Überlagerung von 2 Ultraschallwellen

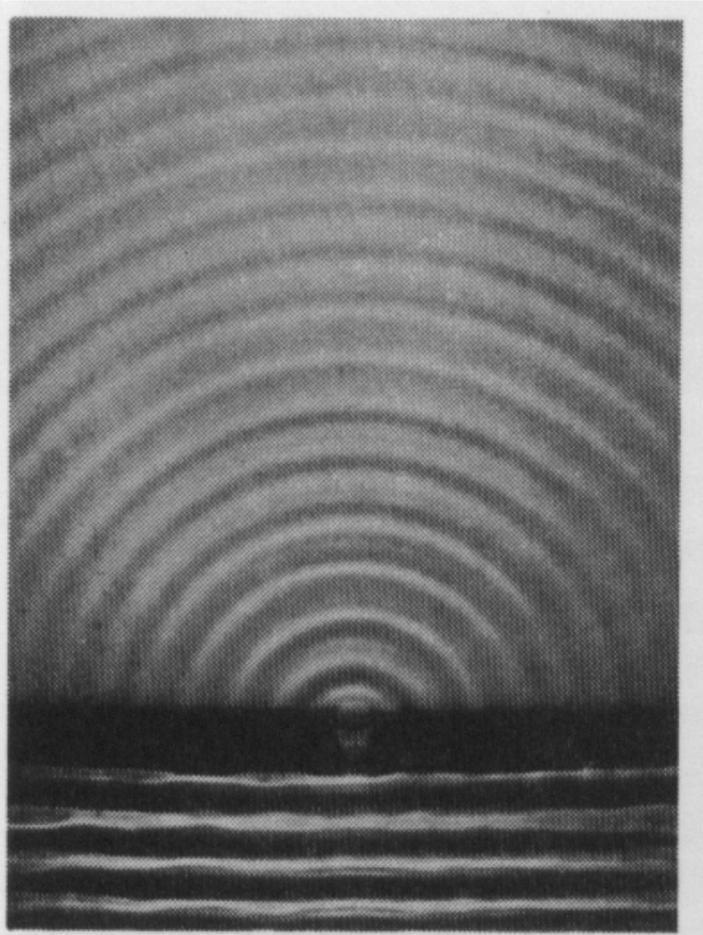


destruktive Interferenz



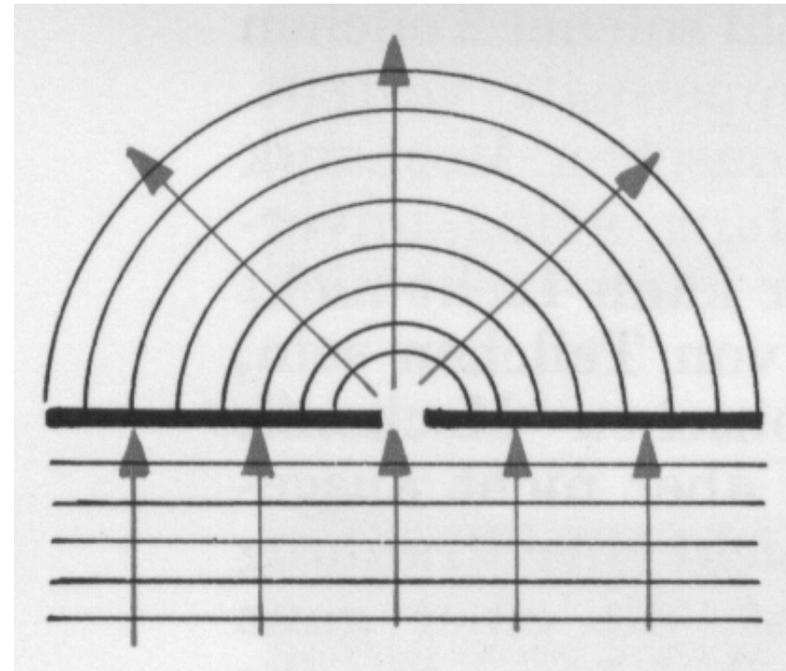
konstruktive Interferenz

Beugung von Wasserwellen an einer Öffnung

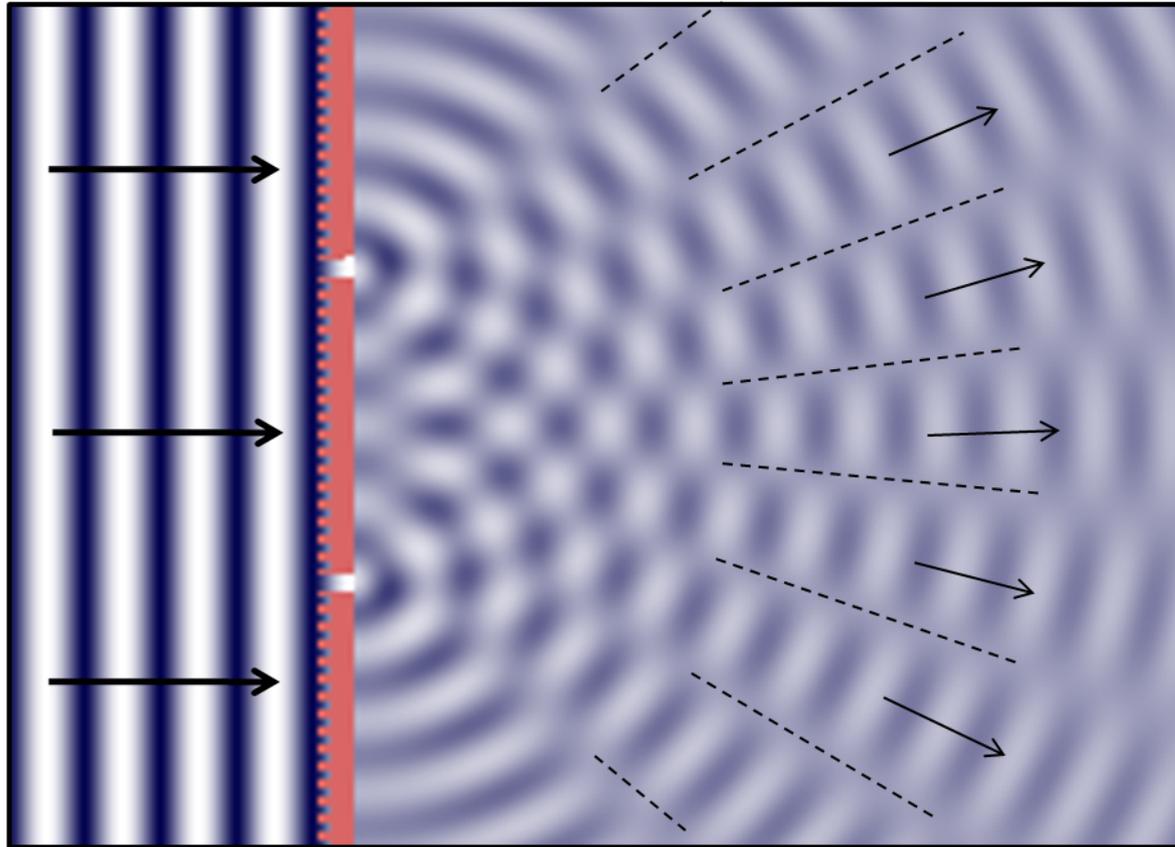


links: fotografiert

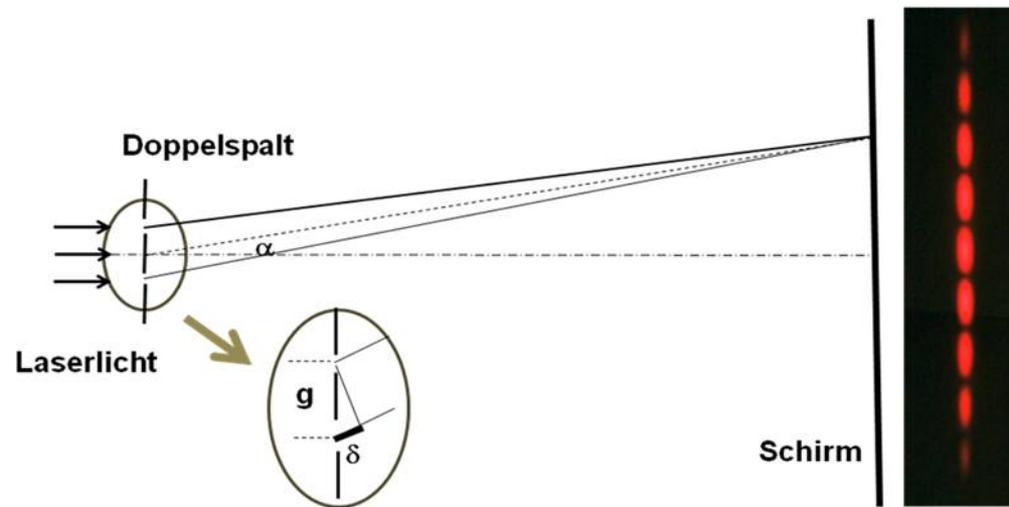
rechts: schematisch



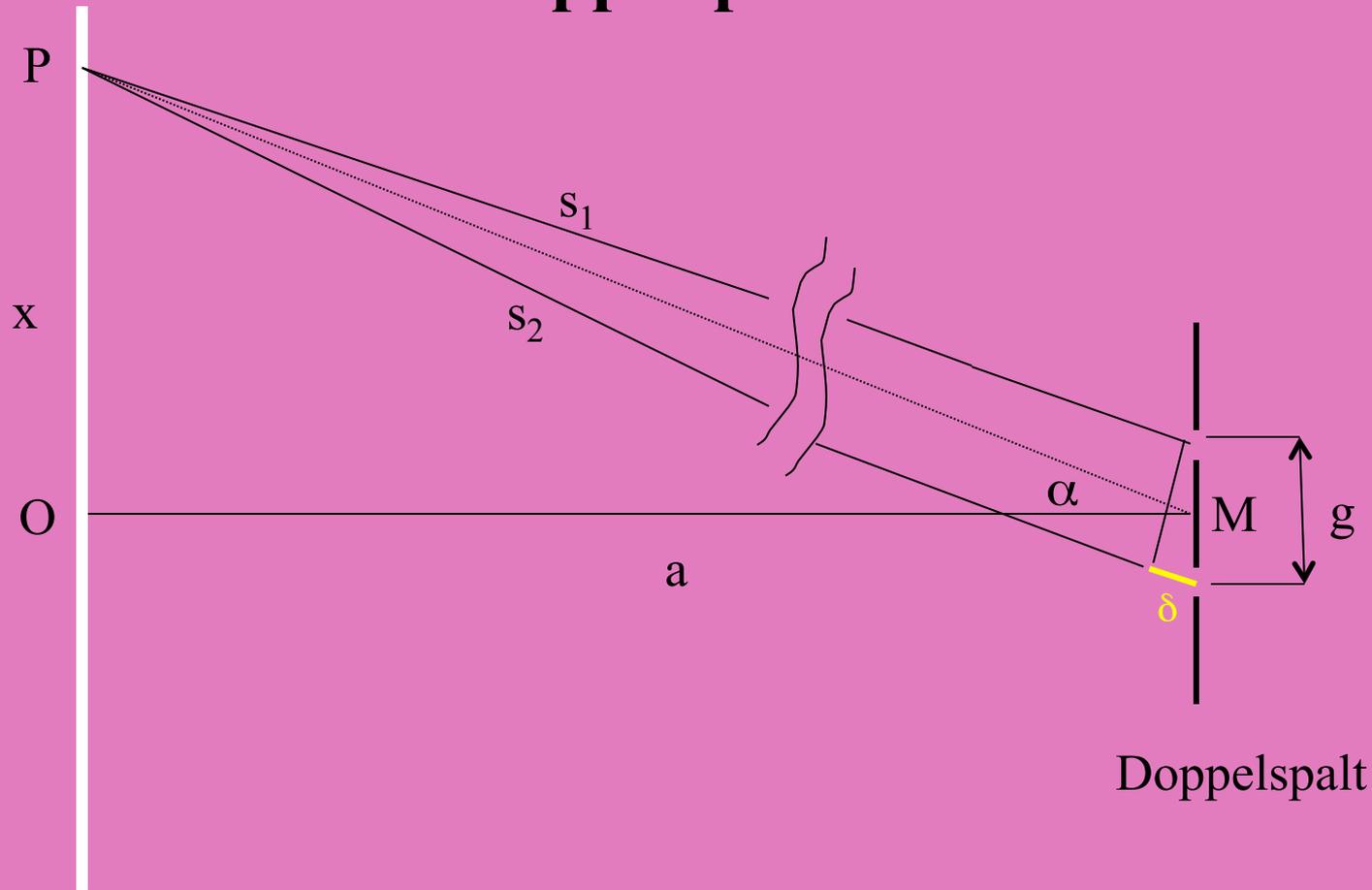
Beugung und Interferenz von Wasserwellen am Doppelspalt



Beugung und Interferenz von Laserlicht am Doppelspalt



Doppelspaltversuch



Schirm

$$\delta = s_2 - s_1 \approx g \sin \alpha$$

$$\sin \alpha \approx \tan \alpha = x/a$$

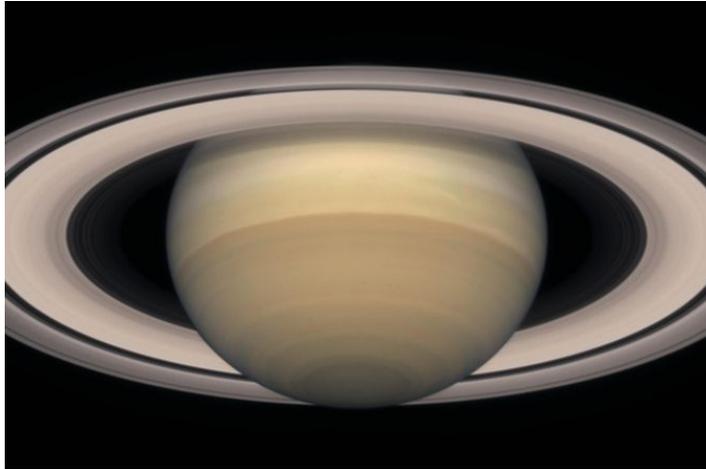
Parallelstrahlnäherung

Kleinwinkelnäherung

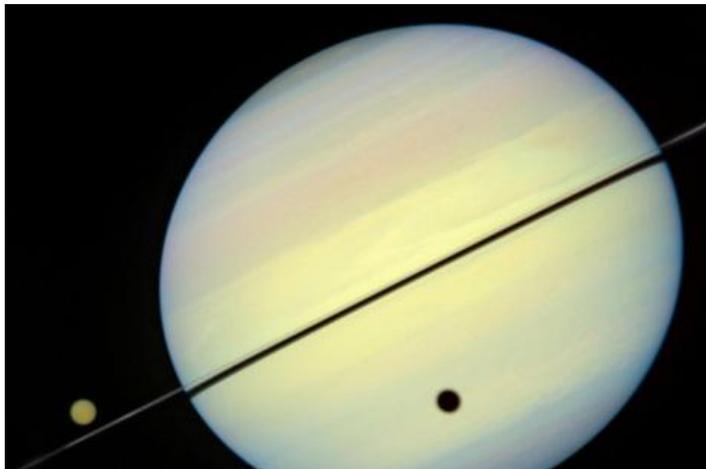
Christiaan Huygens (1629 – 1695)



- 1629 Geboren in den Haag
- 1645 – 1649 Studium der Rechtswissenschaft und Mathematik in Leiden und Breda
- 1649 – 1666 wissenschaftlich fruchtbarste Zeit in den Haag
- 1666 - 1681 Arbeit an der von ihm mitbegründeten Academie Royale des Sciences in Paris
- 1673 Veröffentlichung seines Hauptwerks „Horologium oscillatorium“.
- 1681 Rückkehr nach den Haag aus politisch-religiösen Gründen
- 1689 Reise nach London, um Newton kennen zu lernen.
- 1690 Veröffentlichung seiner „Abhandlungen über das Licht“.
- 1695 Tod in den Haag.



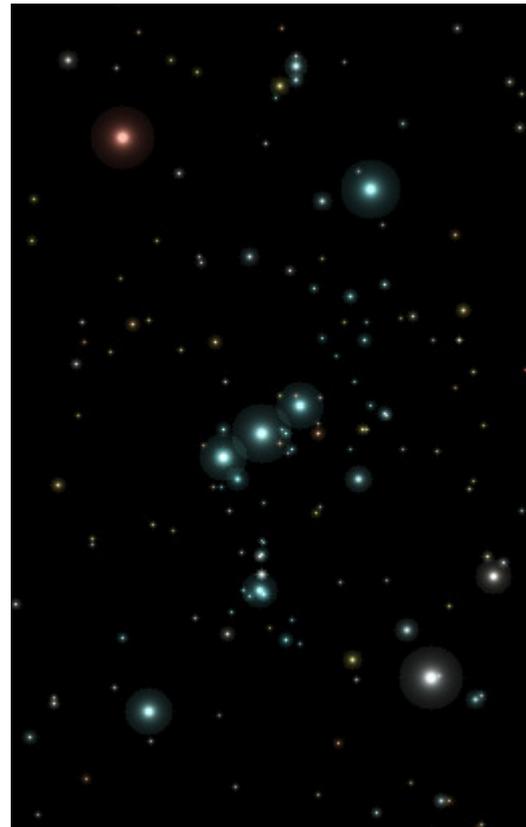
Saturnringe



Saturnmond Titan

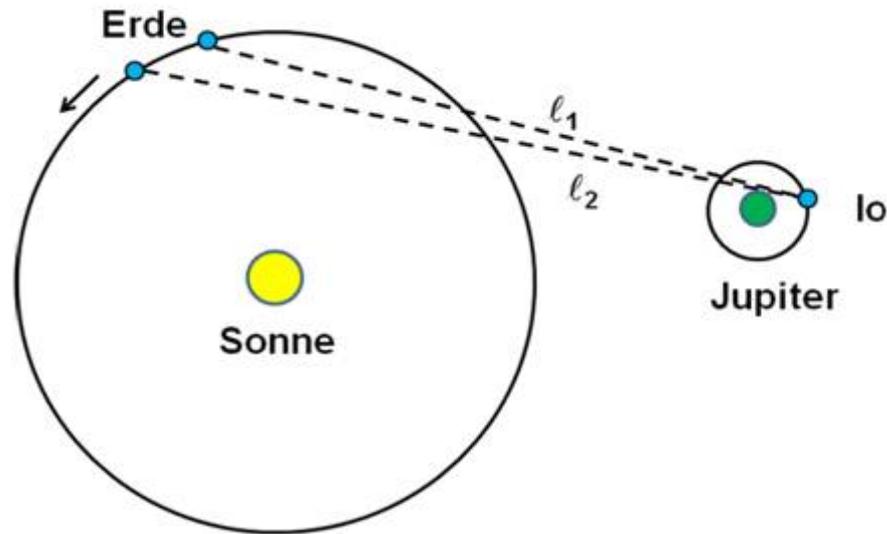
Diese Hubble-Aufnahme zeigt wie der Schatten des Titan (l.) auf den Planeten fällt..

Huygens' astronomische Entdeckungen



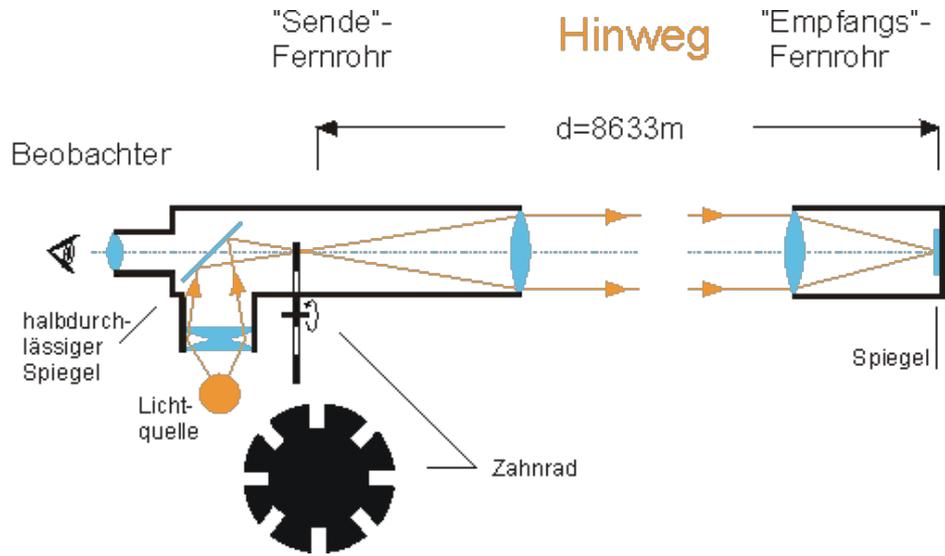
Orionnebel

Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit nach Römer (1676)



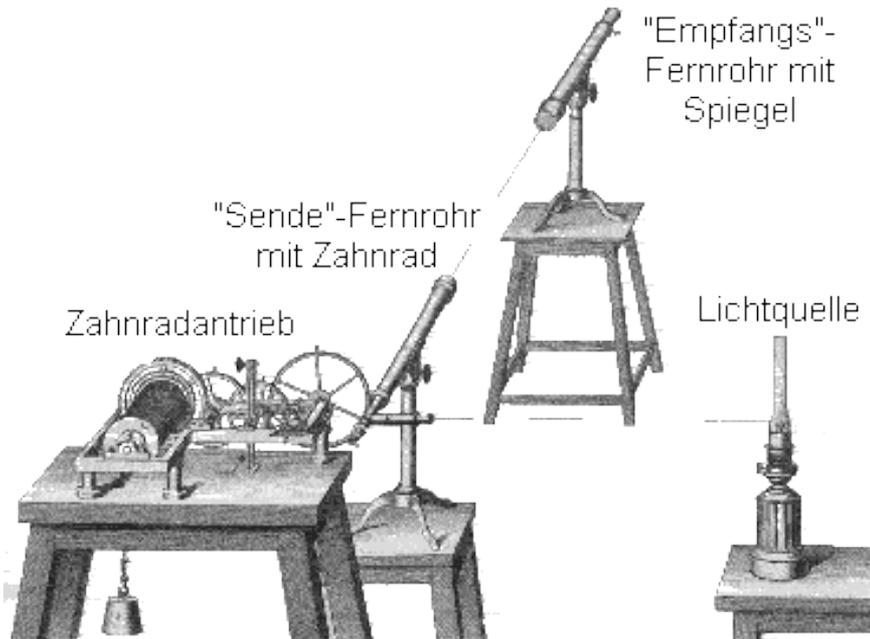
Notiz von Römer zur Geschwindigkeit des Lichts:
1091 Erddurchmesser pro Minute

Mit dem heutigen Wert für den Erddurchmesser ergibt sich $c \approx 230.000 \text{ km/s}$



Lichtgeschwindigkeitsmessung nach Fizeau.

Oben: Schematische Darstellung

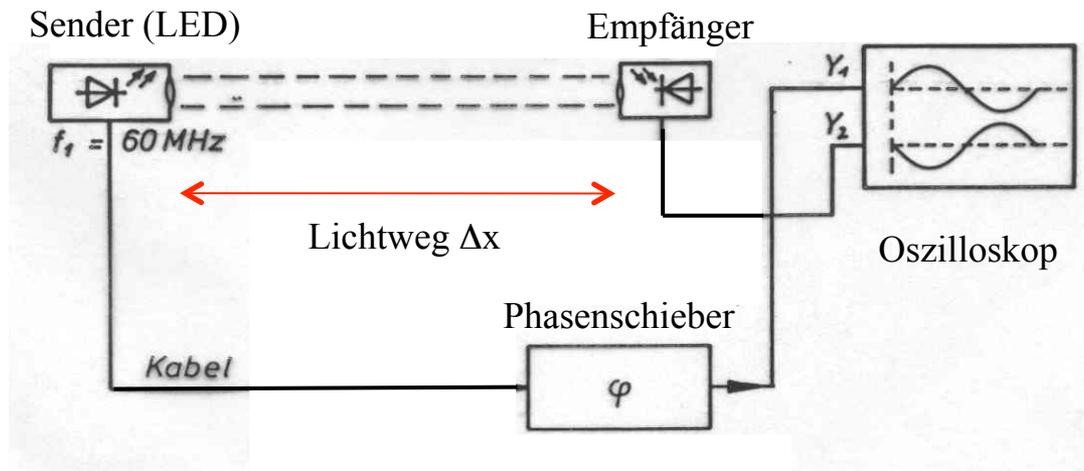


Unten: Bild der Originalapparatur

Messung der Lichtgeschwindigkeit mit einer LED

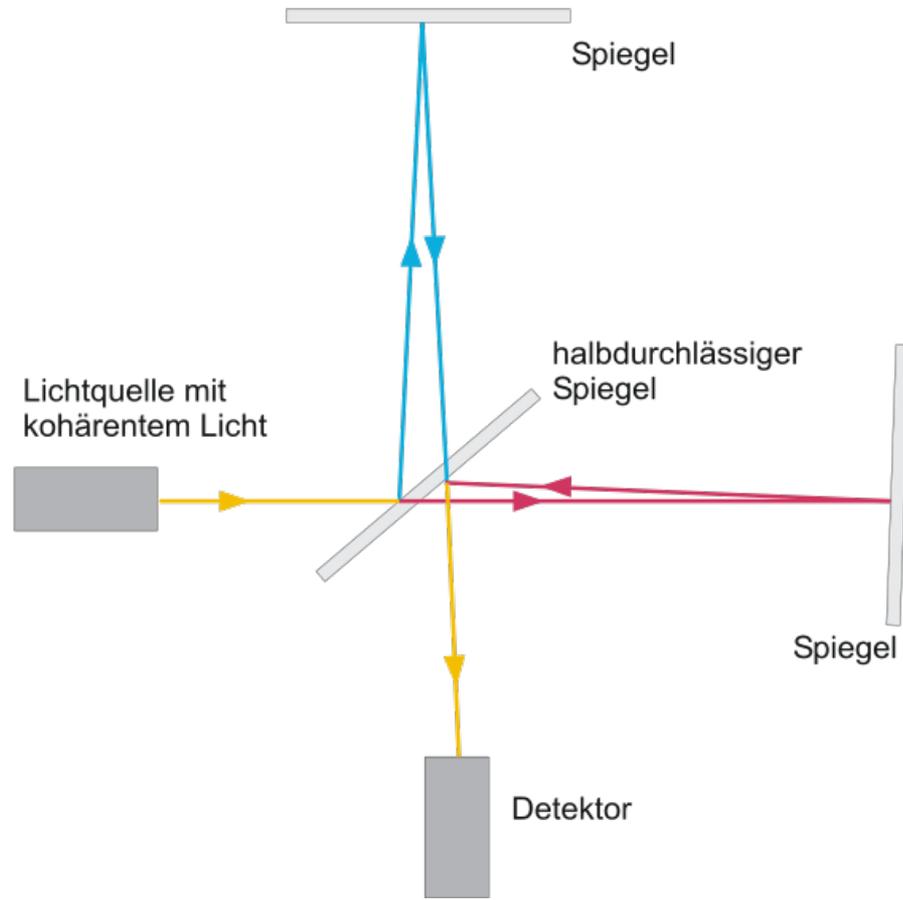


Experimenteller Aufbau



Prinzipschaltbild der Messung

Michelson-Experiment zum Nachweis der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit



Messung der Lichtgeschwindigkeit

Die letzte Messung von c wurde 1973 mit Laserlicht im National Bureau of Standards in Boulder durchgeführt und hatte das Ergebnis

$$c = 299\,792\,457.4 \pm 1.0 \text{ m/s}$$

Im Jahre 1983 wurde von der Generalkonferenz für Maß und Gewicht (CGPM) die Längeneinheit 1 Meter neu festgelegt:

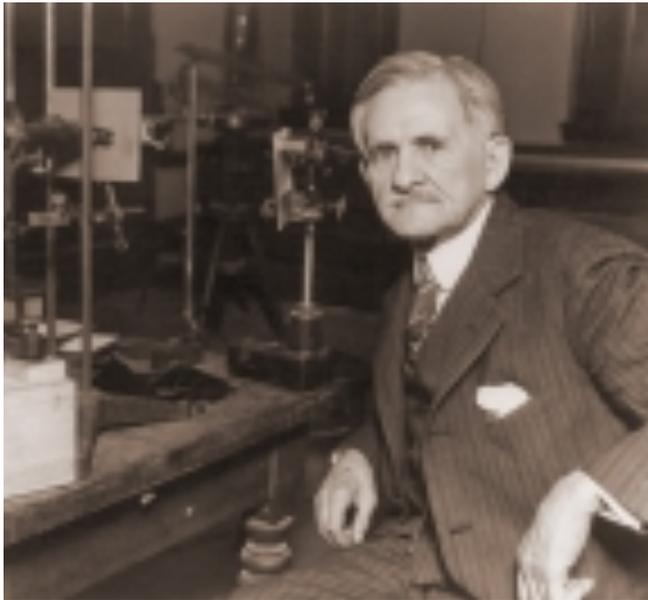
1 m := Strecke, die das Licht in $1/299\,792\,458$ s zurücklegt.

Damit ist auch die Lichtgeschwindigkeit festgelegt zu:

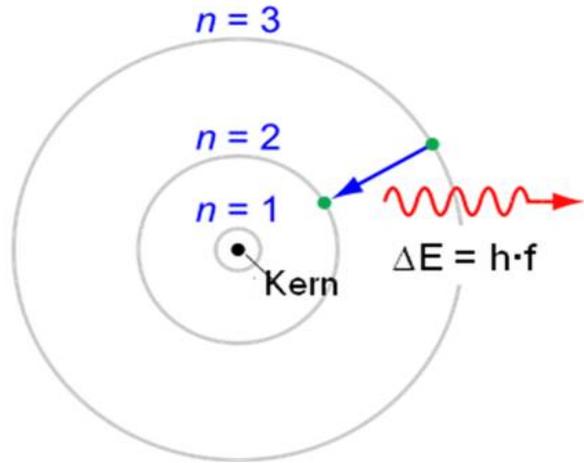
$$\Rightarrow c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$$

Albert Abraham Michelson (1852 – 1931)

Der erste US-amerikanische Physiker von Weltrang



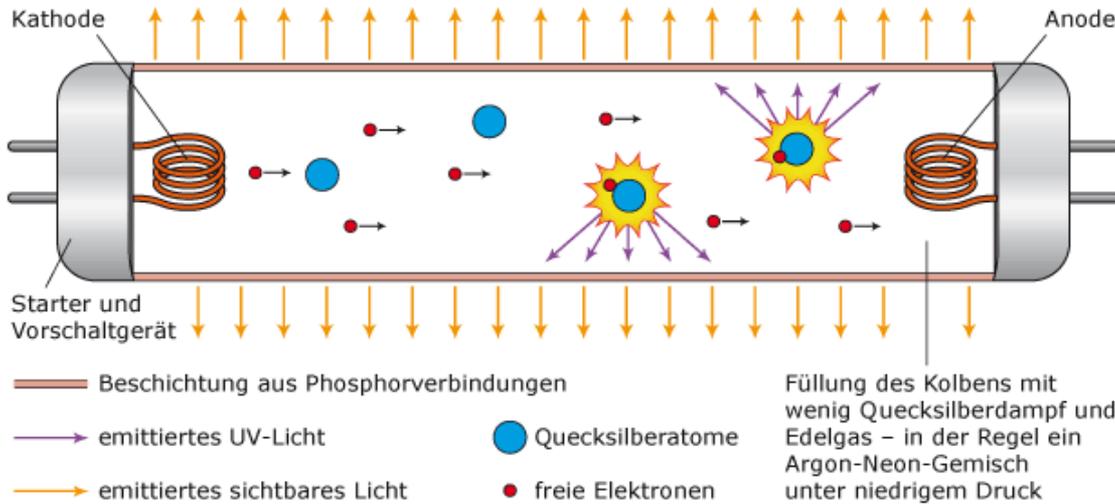
- 1852 Geboren in Strzelno, damals Preußen
- 1854 die (jüdische) Familie emigriert in die USA
- 1869 Beginn des Studiums in der US Marine
- 1880 Doktorarbeit bei v. Helmholtz, Berlin
- 1883 Prof. der Physik in Cleveland, Ohio
- 1887 Michelson-Morley Experiment
- 1907 Nobelpreis für Physik
- 1931 Gestorben in Pasadena, Kalifornien



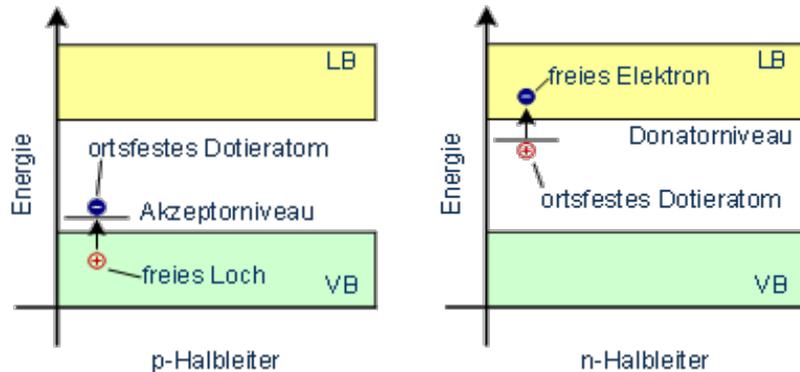
Leuchtstoffröhren

Links: Lichtemission im Bohrschen Atommodell

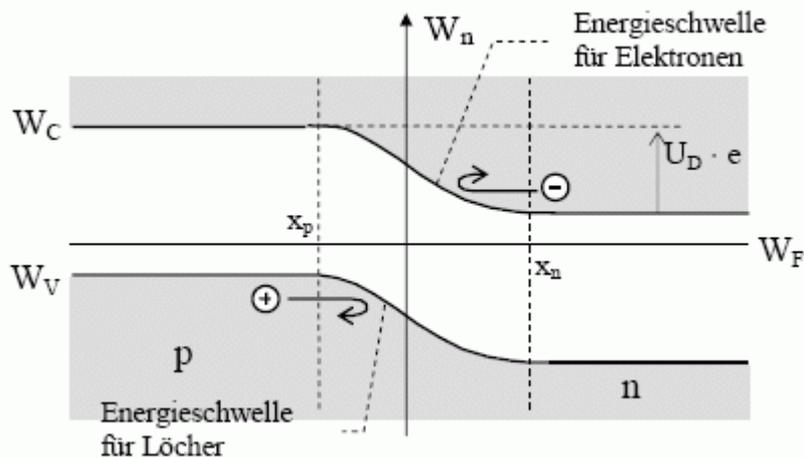
Unten links: Prozesse in einer Leuchtstoffröhre



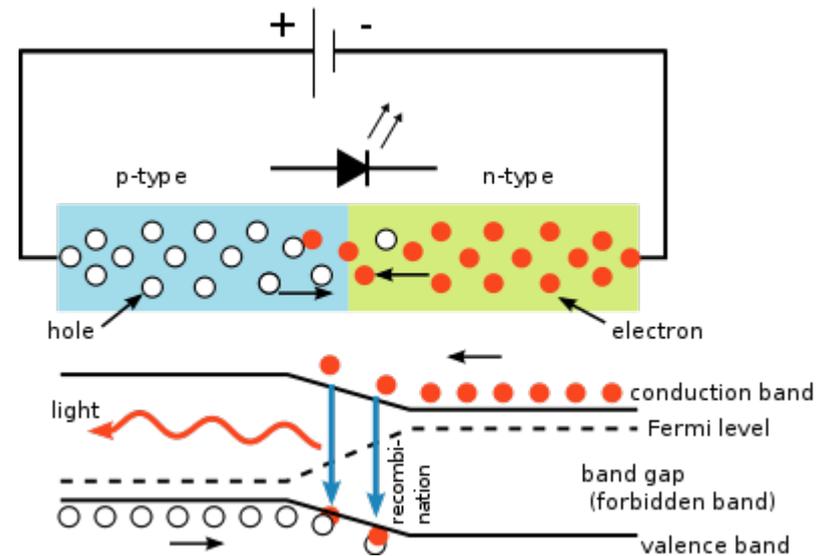
Energiebänder-Schema für die LED



Links: p- und n-Halbleiter
 Unten links: spannungsloser pn-Übergang
 Unten rechts: in Durchlassrichtung betriebener pn-Übergang mit Lichtemission



W_n = Elektronen-Energie W_C = Leitband-Kante
 W_V = Valenzband-Kante W_F = Fermi-Niveau



Applets zum pn-Übergang
<http://www.halbleiter.org/grundlagen/p-n/>

Lumen (lat.: Licht, Leuchte) ist die Einheit des Lichtstroms. Als photometrische Einheit berücksichtigt das Lumen [lm] die Empfindlichkeit des menschlichen Auges: Zwei baugleiche Lichtquellen werden als gleich hell wahrgenommen, wenn Sie den gleichen Lichtstrom [lm] aussenden - unabhängig von Ihrer Farbe.

Unser Auge hat seine maximale Empfindlichkeit bei einer Wellenlänge von 555 nm (gelbgrün) und 1 Lumen ist definiert als der Lichtstrom einer 1,464 mW starken, 555 nm Lichtquelle mit 100% Wirkungsgrad. Eine 1,464 mW starke rote Lichtquelle liefert nur etwa 0,1 lm, da das Auge im Roten nur 10% seiner maximalem Empfindlichkeit besitzt.

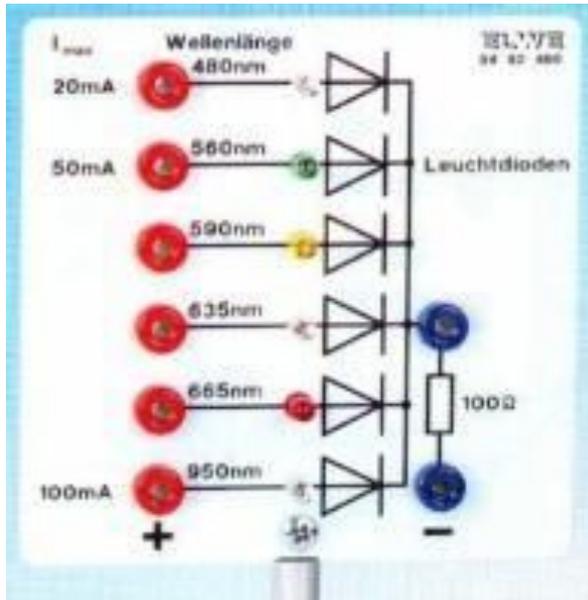
Die Größe Lumen pro Watt wird oft als Maß für den Wirkungsgrad einer Lichtquelle angegeben, obwohl sie eher ein Maß für den vom Auge nutzbaren Wirkungsgrad ist. (Wiki: Lumen)

Viele erhältliche LEDs liegen derzeit bei 30–80 Lumen/Watt. Die Lichtausbeute liegt damit über der von Glüh- und Halogenlampen mit circa 13 beziehungsweise 17 lm/W und teilweise unterhalb der von Leuchtstofflampen, die etwa 50 bis 70 lm/W inklusive Vorschaltgerät und Abschattungs- und Reflexionsverlusten erreichen. Wiki: LED

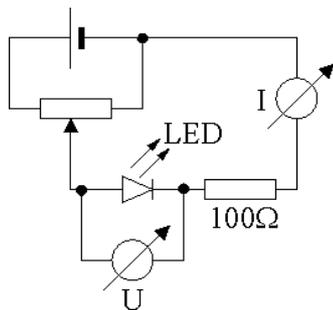
Lichtausbeute bei verschiedenen Lampen

Art der Lampe	Lichtstrom in Lumen/Watt	Wirkungsgrad
Glühlampe	13	2 %
Leuchtstoffröhre	50 - 70	8 – 11 %
LED	30 - 80	4 – 12 %

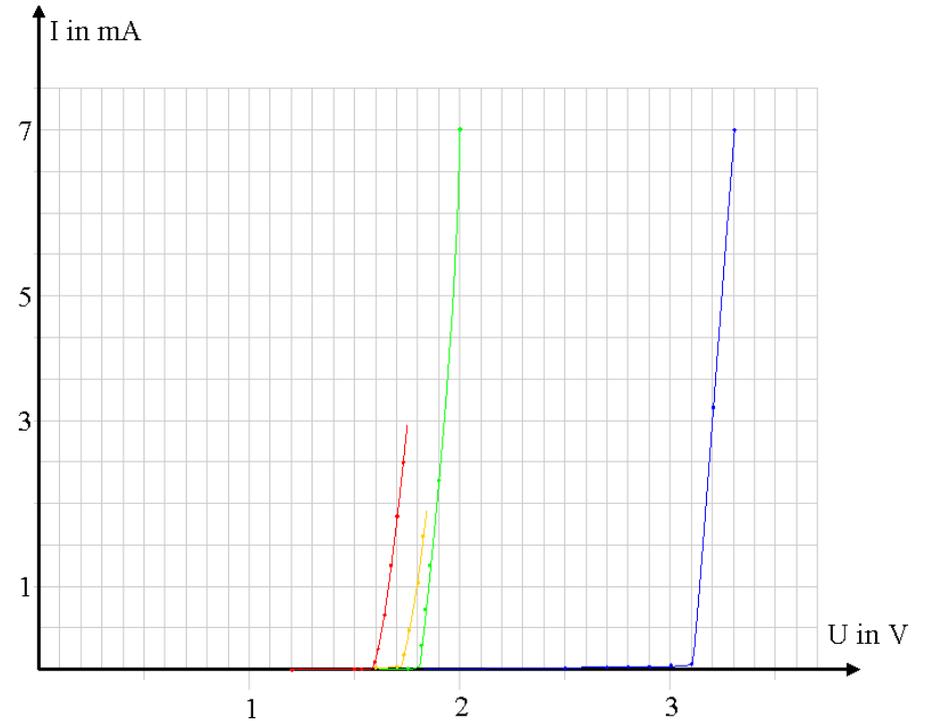
Aufnahme von Kennlinien verschiedener LEDs



Anordnung



Schaltbild



Kennlinien der roten, gelben, grünen und blauen LED