



## Vorlesung

Anorganische Chemie V-A

# Vom Molekül zum Material

Thema heute:

Halbleiter: Licht – Lampen – Leuchtdioden



Absolute Dunkelheit...





# Licht

## Allgemeine Definition:

Licht ist eine Strahlung, die nach Eintritt ins Auge eine Helligkeitsempfindung auslöst.

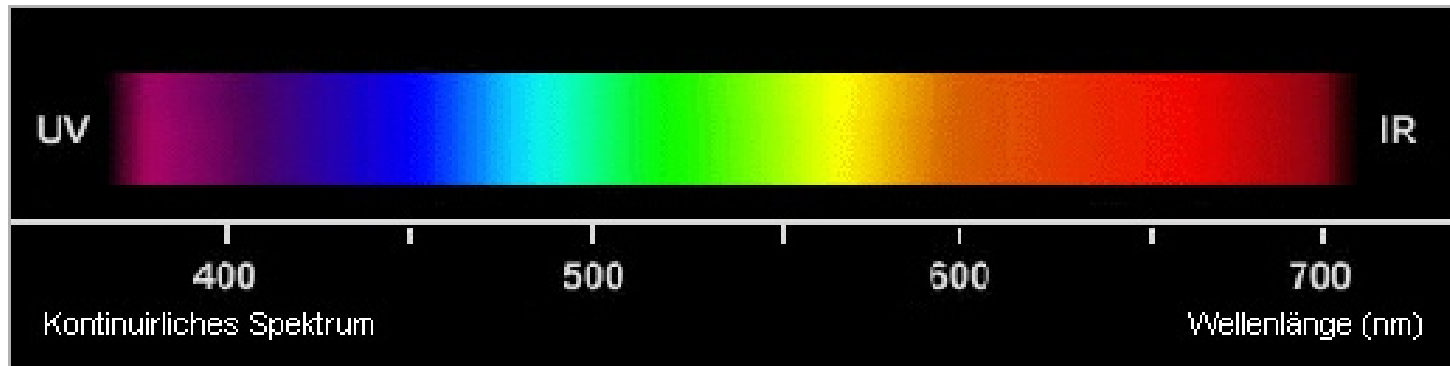


## Physikalische Aspekte

- **Licht:** Elektromagnetische Strahlung; Photonen charakterisiert durch die Wellenlänge  $\lambda$  und Frequenz  $\nu$
- **Energie eines Photons:** abhängig von  $\lambda$

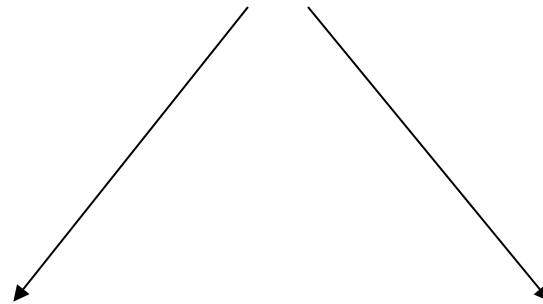
$$E = h \cdot \nu \cdot \lambda^{-1}$$

- **Sichtbares Licht:** Elektromagnetische Strahlung ca. im Wellenlängenbereich  $\lambda = 380 - 700 \text{ nm}$





# Lichtquellen



## Natürliche

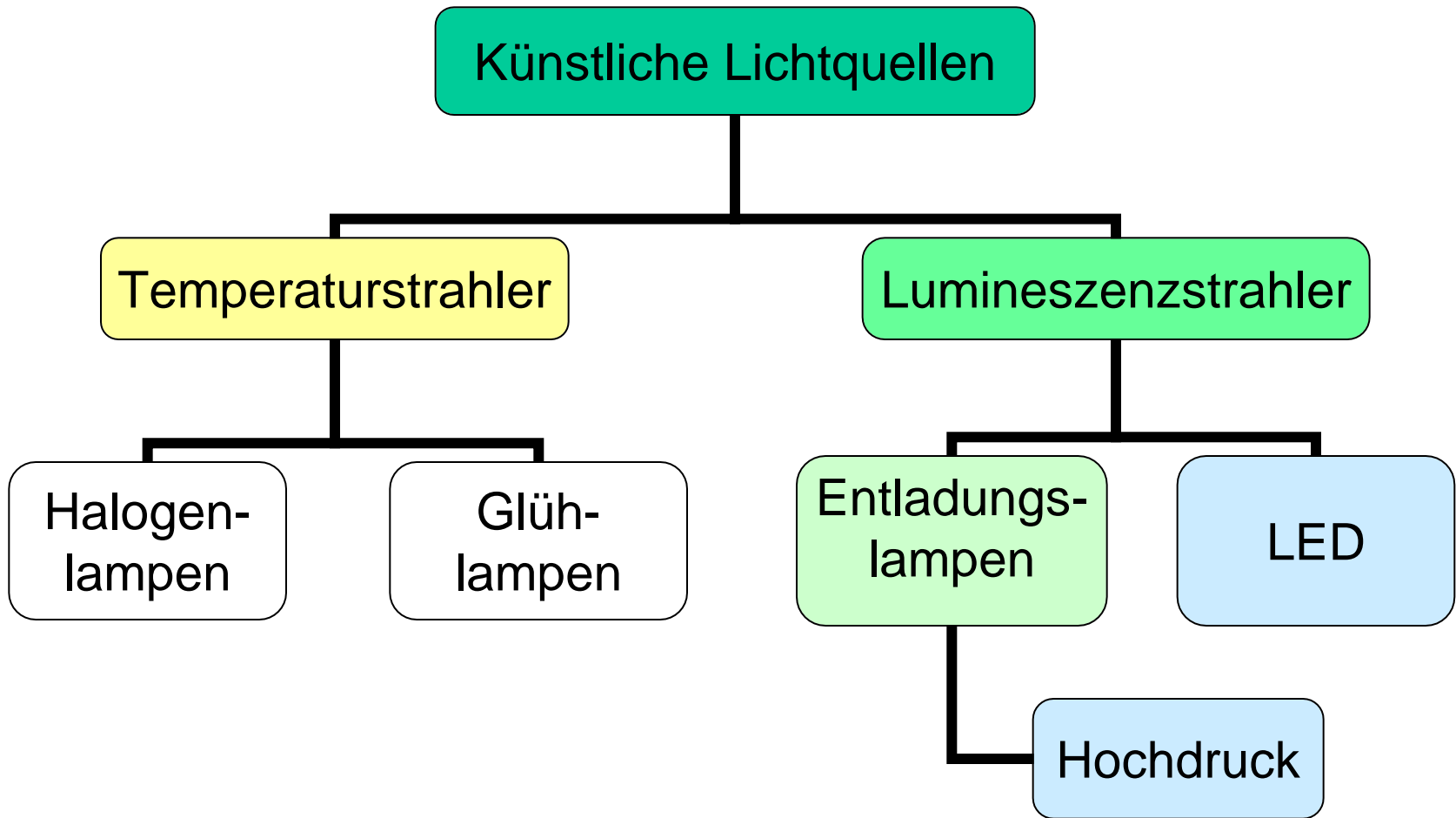
- Sonne
- Sterne
- Feuer
- Blitze

## Künstliche

- Fackeln
- Kerzen
- Glühlampen
- Leuchtstoffröhren



# Lichterzeugung



## Anfänge der Lichterzeugung

- **Vor 500.000 Jahren:** Beherrschung des Feuers durch *Homo erectus*  
→ „Das Licht brennt!“
- **Vor 70.000 Jahren:** Kienspan
- **Vor 40.000 Jahren:** Öllampen
- **Vor 4.000 Jahren:** Kerzen



# Die leuchtende Flamme

## Was leuchtet in der Flamme?

- Bei Oxidationsvorgang entsteht Ruß
- Thermische Anregung der Rußpartikel
- Steigerung der Leuchtintensität durch Zugabe von Ruß



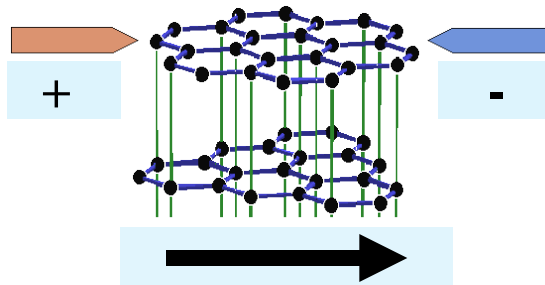
## Lichterzeugung im 19. Jh.

- **Kerzen und Öllampen**
  - **Gasbeleuchtung**
  - **Elektrische Leuchten**
- 
- **1800:** 1. künstliche Stromquelle (Volta)
  - **1808:** Bogenlampe (Davy)
  - **1815:** 42 km Gasnetz in London
  - **1854:** Kohlefadenlampe (Göbel)



# Die Kohlefadenlampe

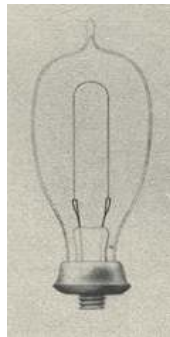
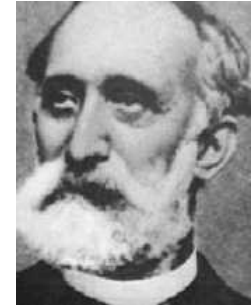
- Baumwollgarn mit Graphit: Leitfähigkeit



- Stickstoffgas-Strom vertreibt entstehende Dämpfe/ Inertgas
- Durch Strom (400 mA) wird Kohlenstoff angeregt
- Baumwollfaden leuchtet!
- Problem: hoher Dampfdruck Kohlenstoff

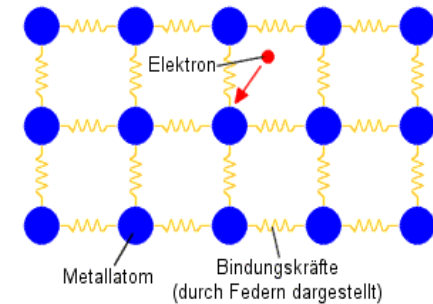
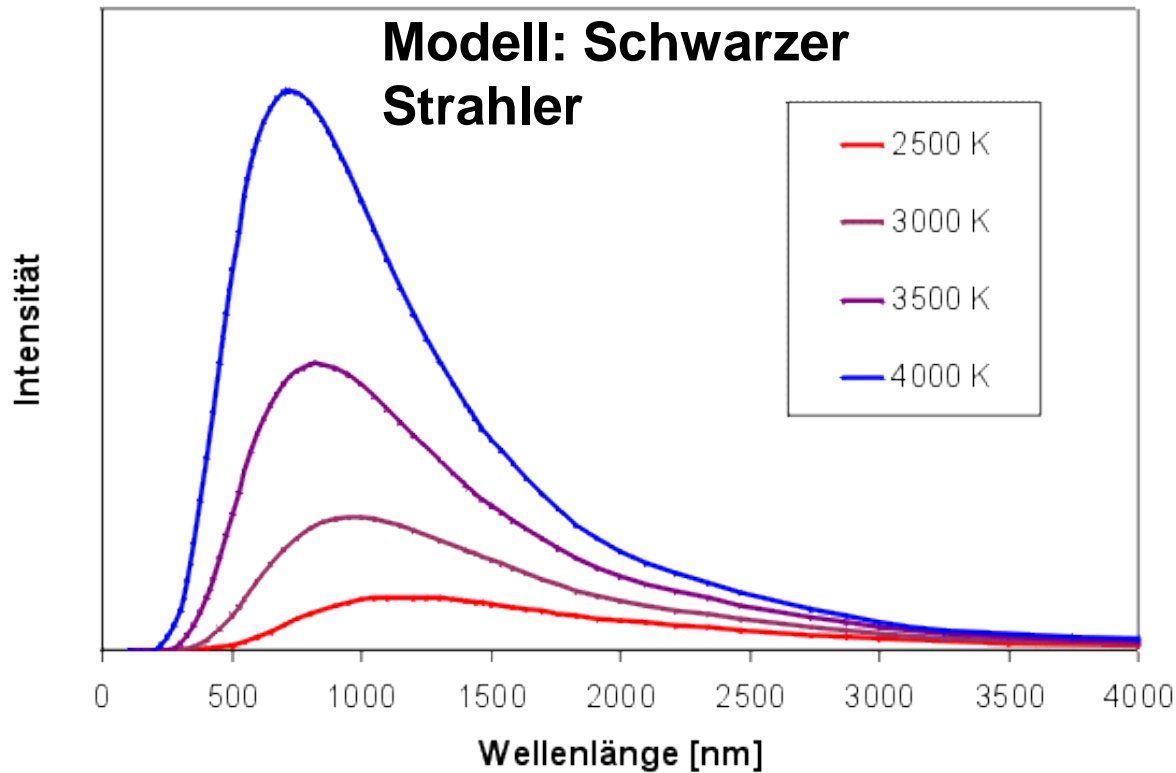
## Historische Kohlefadenlampen

- **1854: H. Göbel** entwickelt die erste Kohlefadenlampe
  - Glühfaden: verkohlte Bambusfasern
  - „Lampenfüllung“: Vakuum
- 
- **1879: Thomas Alva Edison**; Verbesserung und Etablierung der Lampen; Bambusplantage in China für Glühspirale



# Warum Kohlefaden?

- **1801:** L.J. de Thenárd; Stromdurchflossene elektrische Leiter erwärmen sich



**Smp. C: 3550°C**

## Lichterzeugung ab 20. Jh.

- **1902:** Metallfadenlampen (Osmium/Wolfram)
- **1936:** OSRAM Leuchtstoffröhren
- **1959:** Halogenglühlampen
- **1962: 1. funktionsfähige LED**
- **1980:** Kompaktleuchtstoffröhre



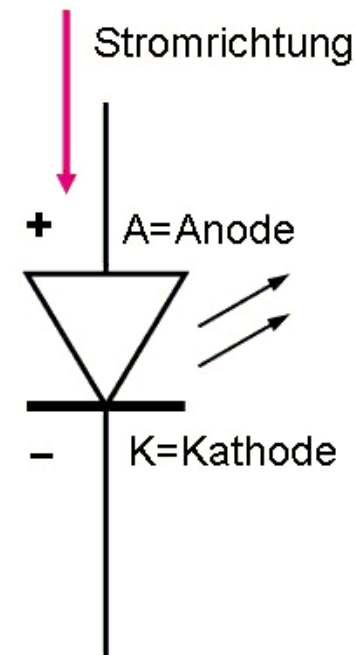
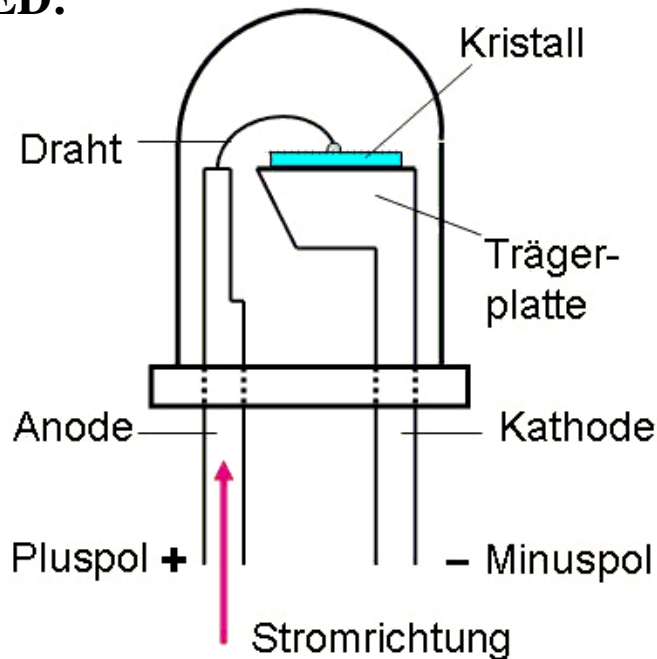
## Leuchtdioden: LED`s

Gruppen von Halbleitern lassen sich zu technischen Geräten kombinieren, die Licht im sichtbaren Bereich des Spektrums durch elektrische Anregung emittieren. Diese **Licht-E**mittierenden Dioden (LED, auch light emitting diode) und Diodenlaser haben große Bereiche der Kommunikation und graphischer Darstellungstechnologie revolutioniert. Die Wellenlänge des emittierten Lichtes kann durch isovalenten Ersatz fast beliebig variiert werden. Ein Durchbruch in jüngster Zeit war die blaue LED, mit der es nun möglich ist durch additive Farbmischung alle Farben (incl. weiß) herzustellen.



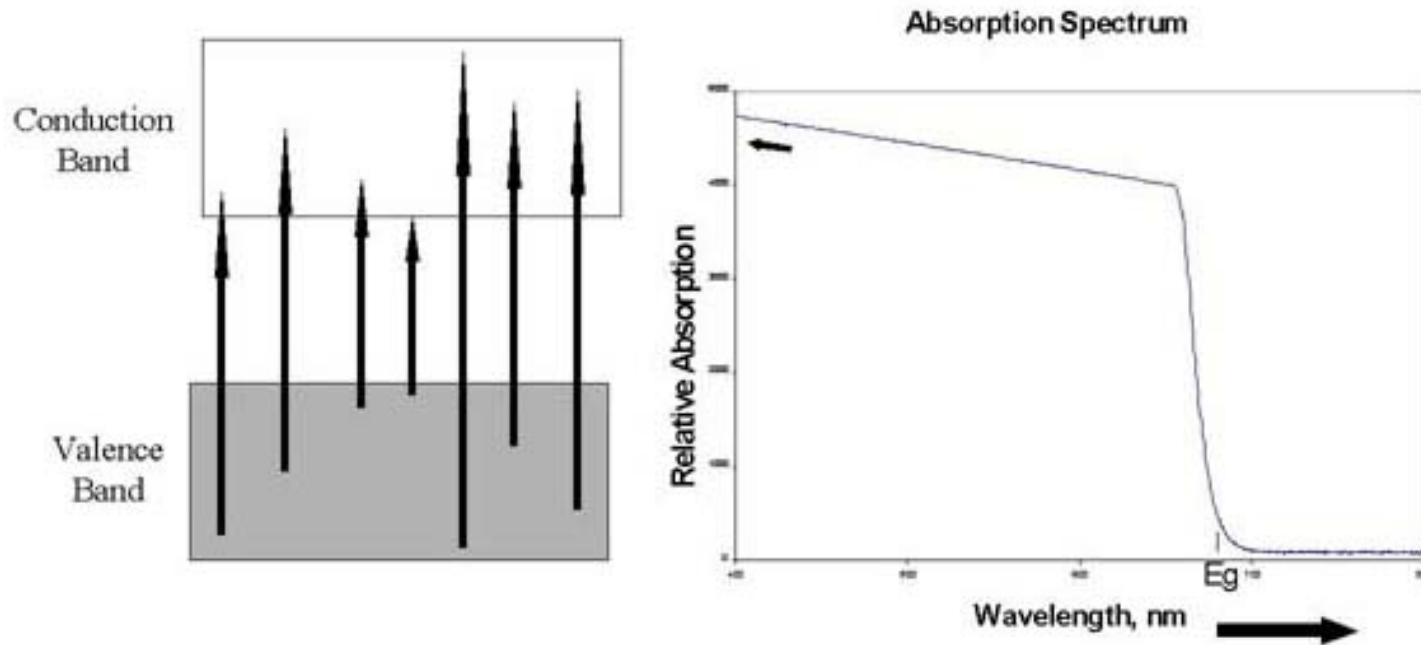
LED's bestehen aus einem Halbleiterchip mit zwei elektrischen Anschlüssen. Eine Plastiklinse schützt die Diode und fokussiert das emittierte Licht.  
Der Begriff „Diode“ macht deutlich, dass im Gegensatz zur „normalen“ Lichtbirne der Strom nicht in beliebiger Richtung durch den Draht fließt, sondern Licht nur dann emittiert wird, wenn der Strom die richtige Polung hat. Das hängt zusammen mit dem Diodenaufbau.

### Aufbau einer LED:





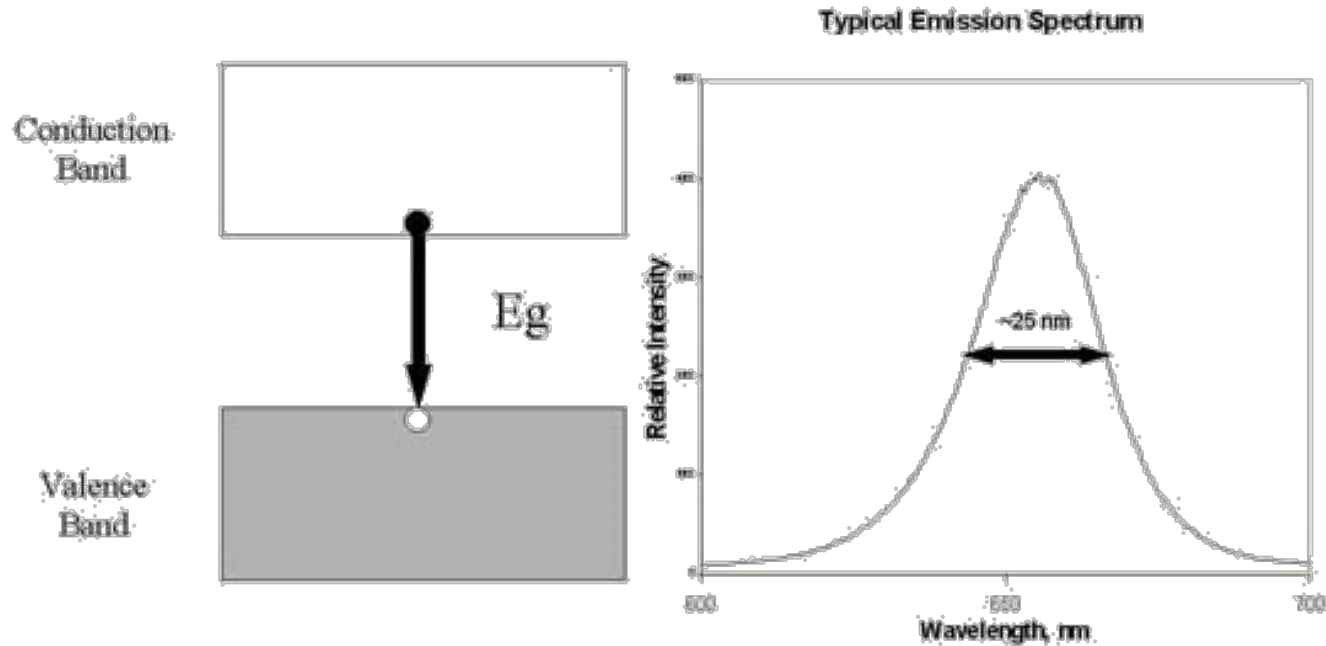
# Absorption Spectrum



Ein weites Spektrum von Energien kann Elektronen anregen, um aus dem Valenzband ins Leitungsband zu kommen.



# Emission

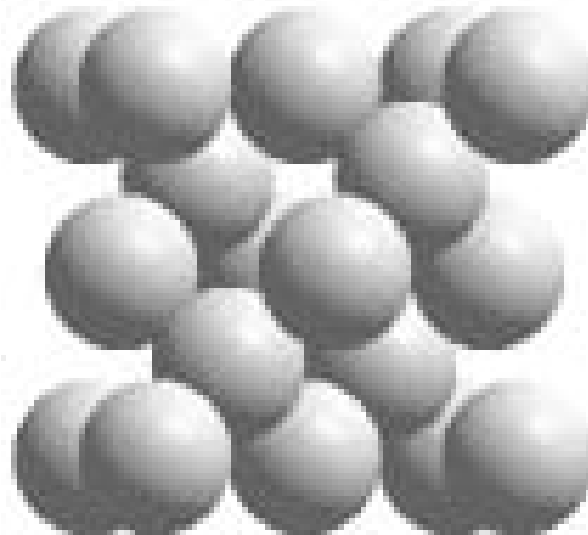


Angeregte Elektronen fallen vom niedrigst-energetischen Zustand des Leitungsbandes in den energetisch höchsten Zustand des Valenzbandes, wodurch Licht mit einem schmalen Wellenlängenbereich emittiert wird.



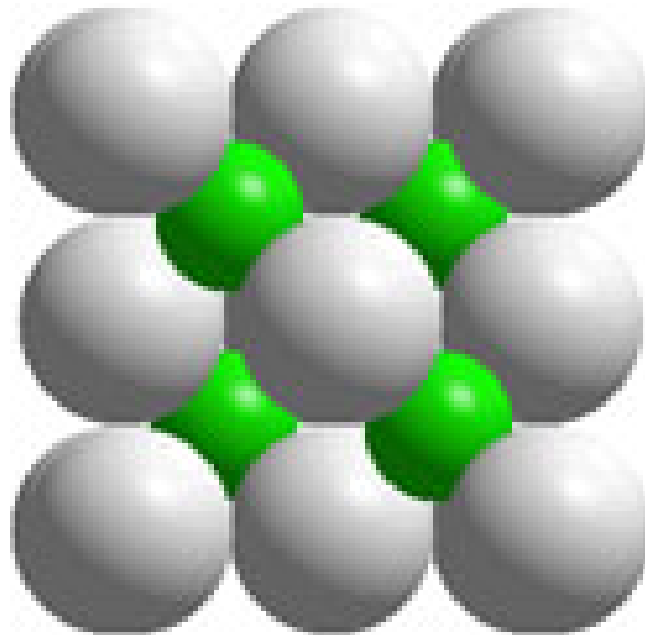
## Halbleitermaterialien

**Halbleiter treten in vielen Fällen in der Diamantstruktur auf. Bei technisch genutzten Halbleitern werden Elementkombinationen benutzt, deren Summe der Valenzelektronen sich zu der vom C (bzw. Si) addieren und die dann ebenfalls die Diamantstruktur aufweisen.**





**Kristalle von Kohlenstoff, Silizium, Germanium und die alpha-Form von Zinn weisen die Diamantstruktur auf.**



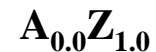
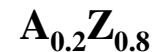
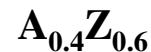
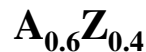
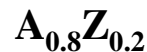
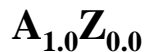
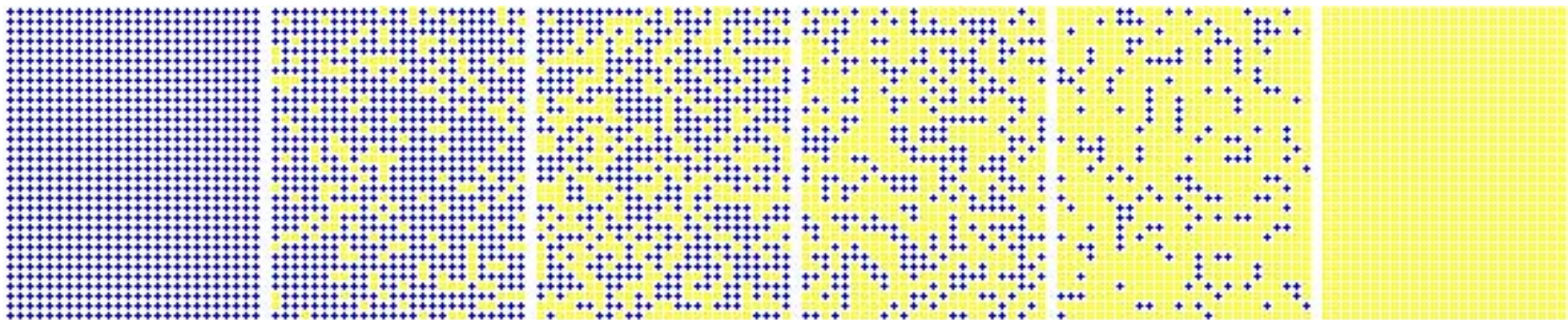
ZnS

Viele komplementäre Paare mit einem Atomverhältnis von 1:1 haben eine mittlere Valenzelektronenzahl wie die Elemente der Gruppe 14 und weisen die ZnS (Blende, abgeleitet von der Diamantstruktur) Struktur auf.

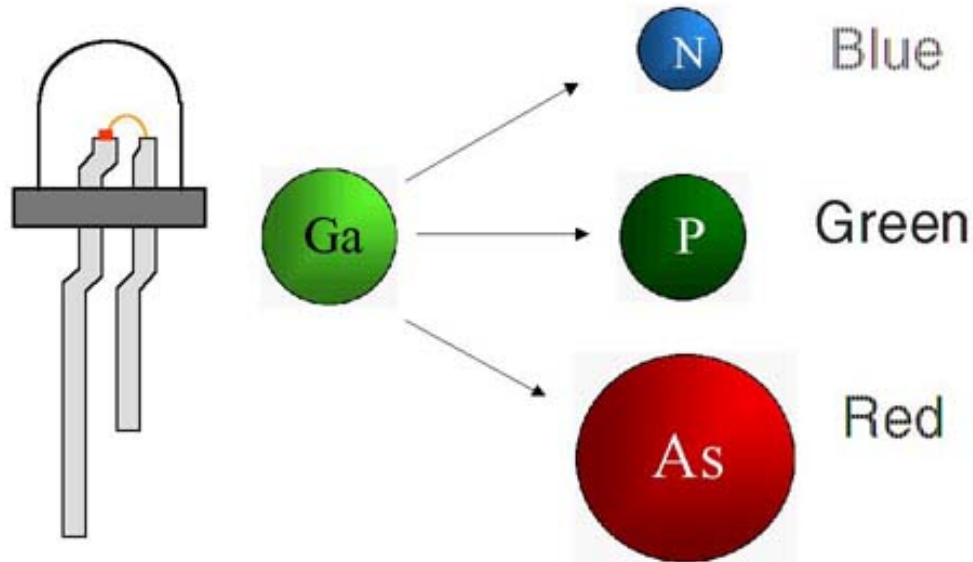
		13	14	15	16	17
		B	C	N	O	F
		Al	Si	P	S	Cl
11	12	Ga	Ge	As	Se	Br
Cu	Zn	In	Sn	Sb	Te	I
Ag	Cd	Tl	Pb	Bi	Po	At
Au	Hg					

## Feste Lösungen

In LED's werden häufig feste Lösungen aus 3 oder 4 Elementen verwendet. Bei 1:1 Halbleitern wie etwa GaAs kann Al eine kleine Menge Ga substituieren oder P eine kleine Menge As:  $\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}$  oder  $\text{GaP}_{1-x}\text{As}_x$  oder auch  $\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x\text{P}_y\text{As}_{1-y}$ .



## LEDs

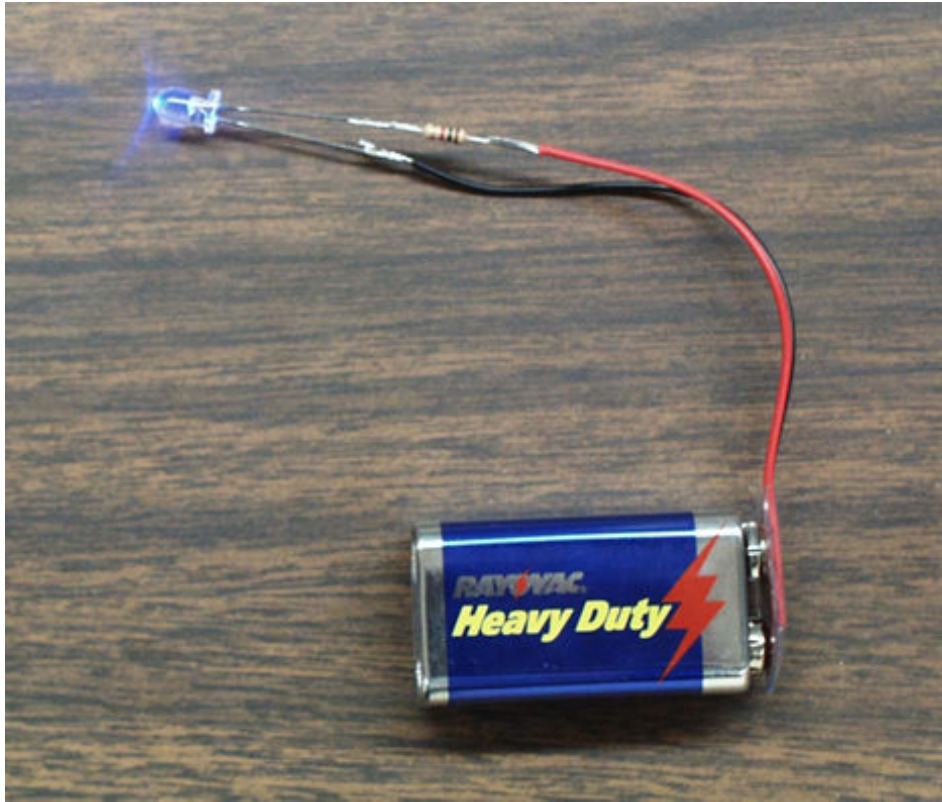


Blau-emittierende LEDs enthalten In, Ga, und N, während GaP-LEDs grünes Licht und Ga-P-As LED'S rotes Licht emittieren:  $\text{GaP}_{1-x}\text{As}_x$ , wobei x von 0 bis 1 variieren kann. Bei  $x = 0.6$  ist das Licht rot, bei  $x = 0.35$  orange und bei  $x = 0.15$  gelb. Grünes Licht wird bei  $x = 0$ , d.h. von GaP emittiert.



Rote, orange, gelbe, grüne und blaue LEDs.





LED Traffic Signal

