

LEDs und Laserdioden: die Lichtrevolution

Stephan Winnerl
Abteilung Halbleiterspektroskopie, FZR



Forschungszentrum
Rossendorf

Wie erhält man
verschiedenfarbige LEDs?

Warum ist die Farbe
blau so wichtig?

Wo werden HL-Laser
Im Alltag eingesetzt?

Gibt es LEDs für den
mittleren und fernen
Infrarotbereich?

Wie funktioniert ein
HL-Laser?

Interessante Fragen zu
Light **E**mitting **D**iodes
(LEDs) und
Halbleiter-Dioden-Laser
(HL-Laser)

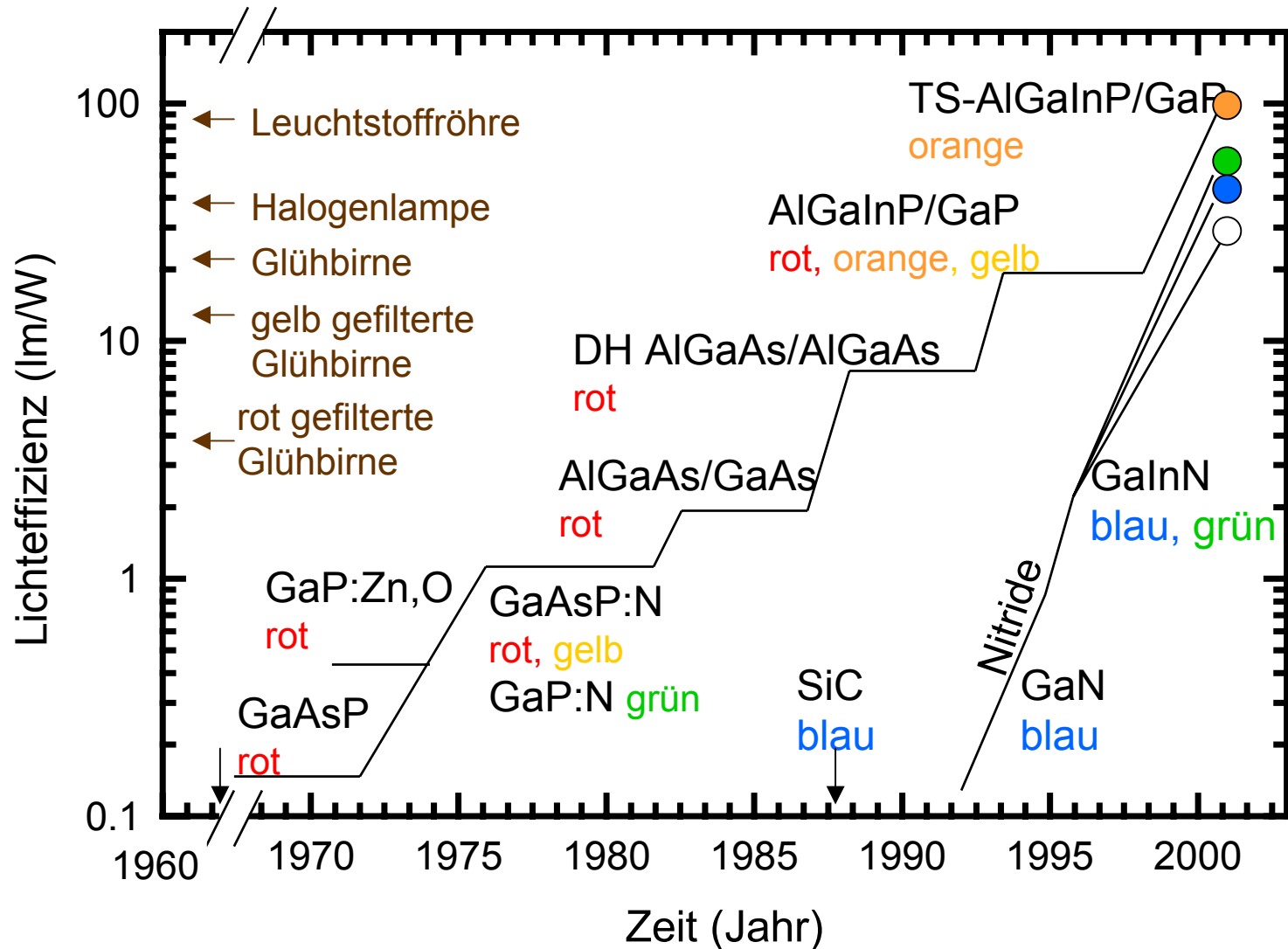
Kann man
Si-LEDs bauen?

Wie funktioniert eine LED?

OLEDs –
Was sind das?

- Einstieg: Dynamik der LED-Entwicklung
- Funktionsweise von LED und HL-Laser:
Prinzip und technische Umsetzung
- Wie erreicht man die verschiedenen Farben?

Einstieg: Dynamik der LED-Entwicklung

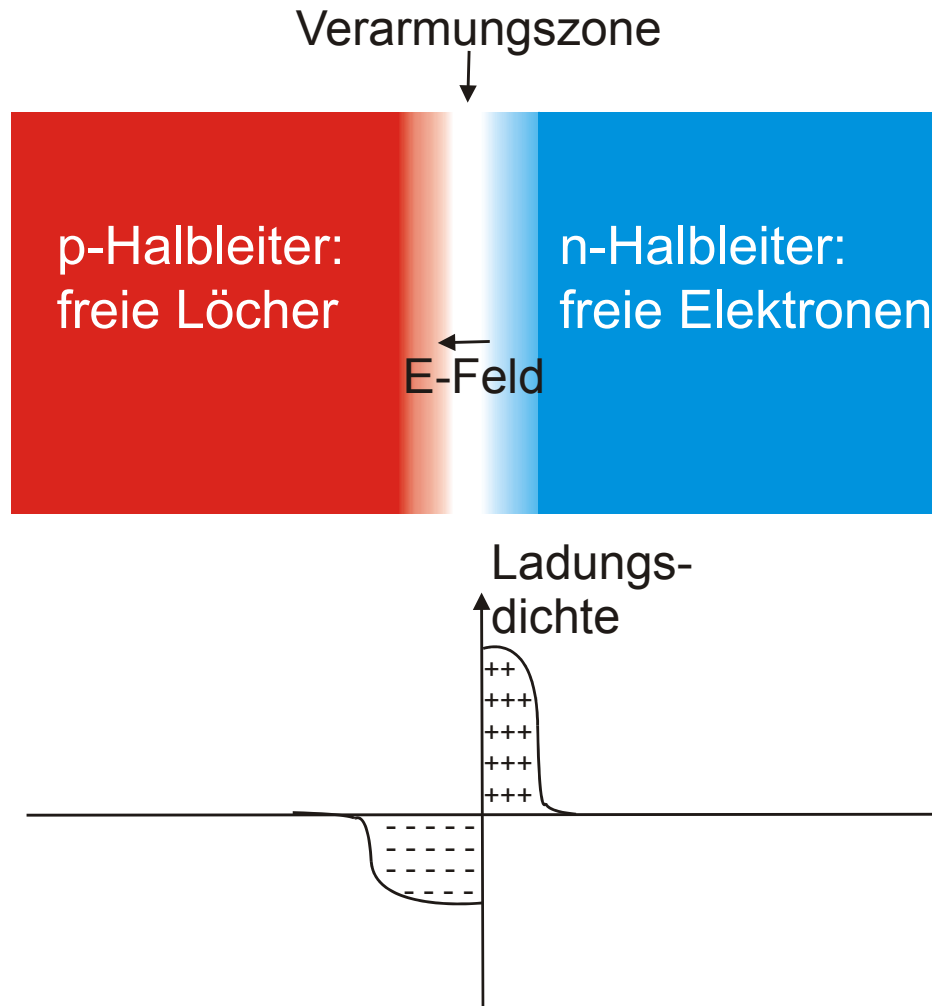


Einstieg: Produkte am Markt für superhelle LEDs

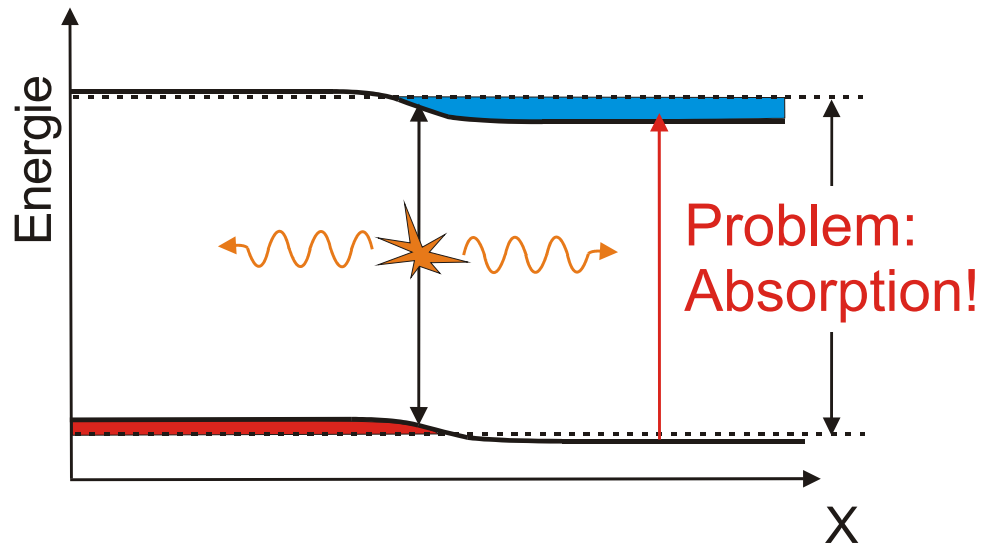
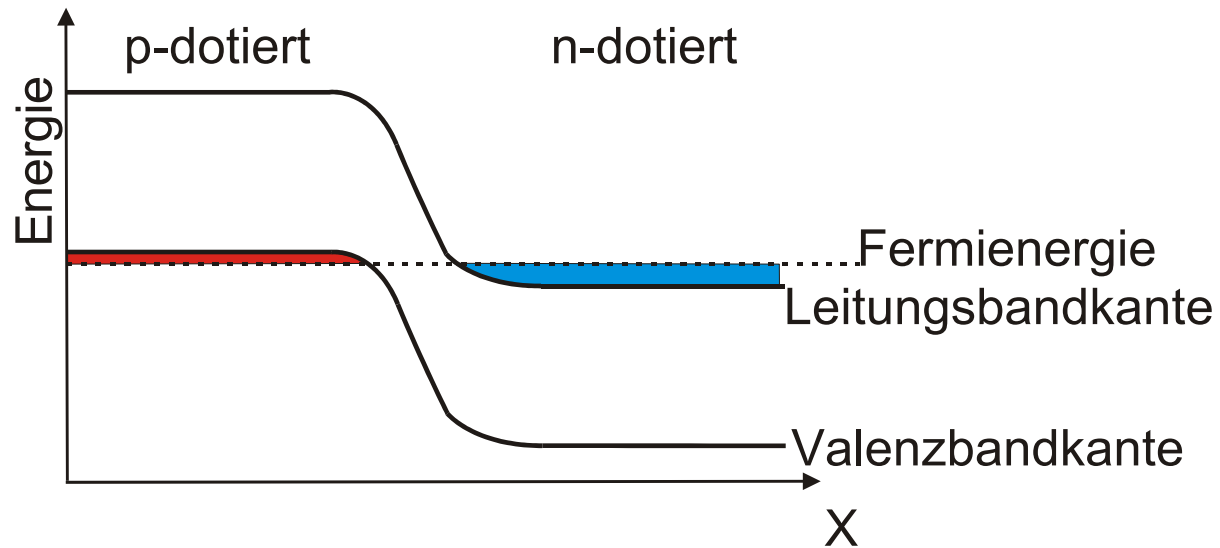


Markt für LEDs:
2002: 3,2 Mrd. \$, davon 1.8 Mrd.
für superhelle LEDs
ca. 20 % Wachstum pro Jahr

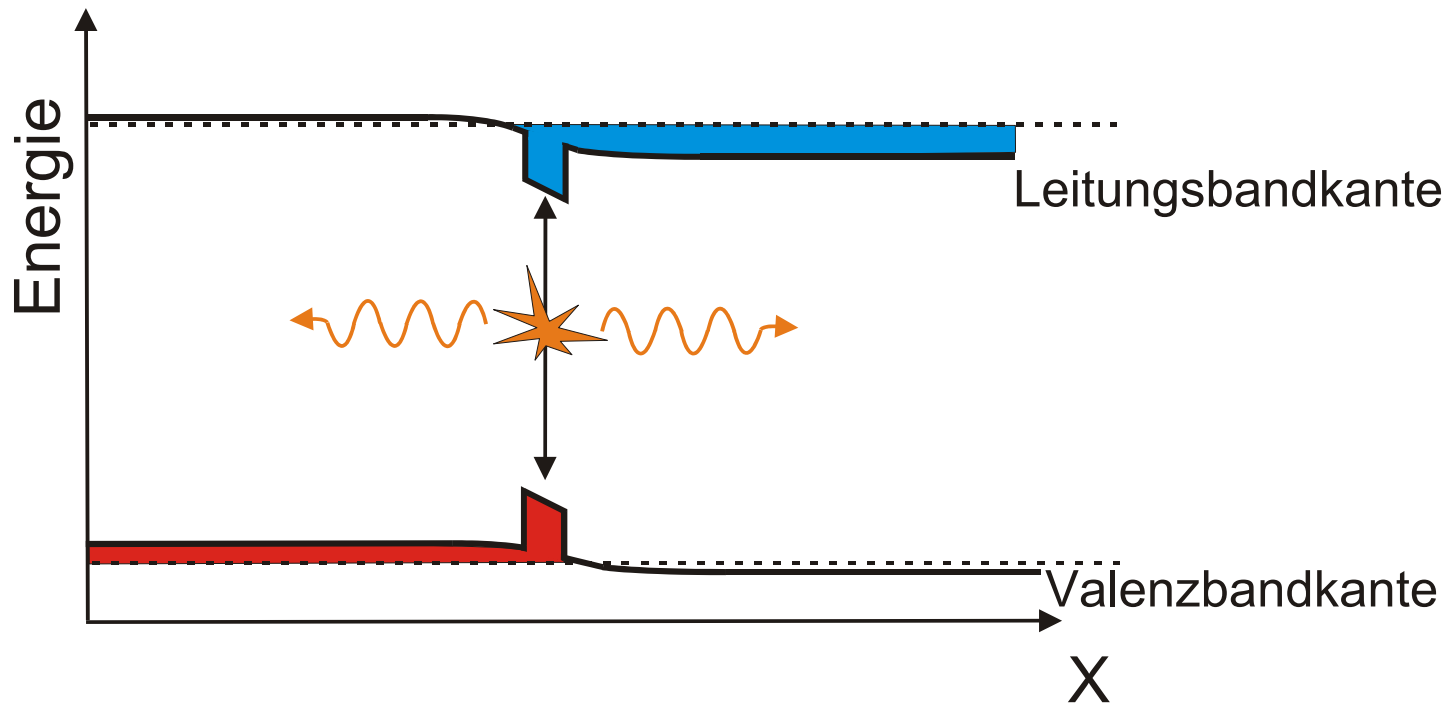
Grundlage der LED: der pn-Übergang



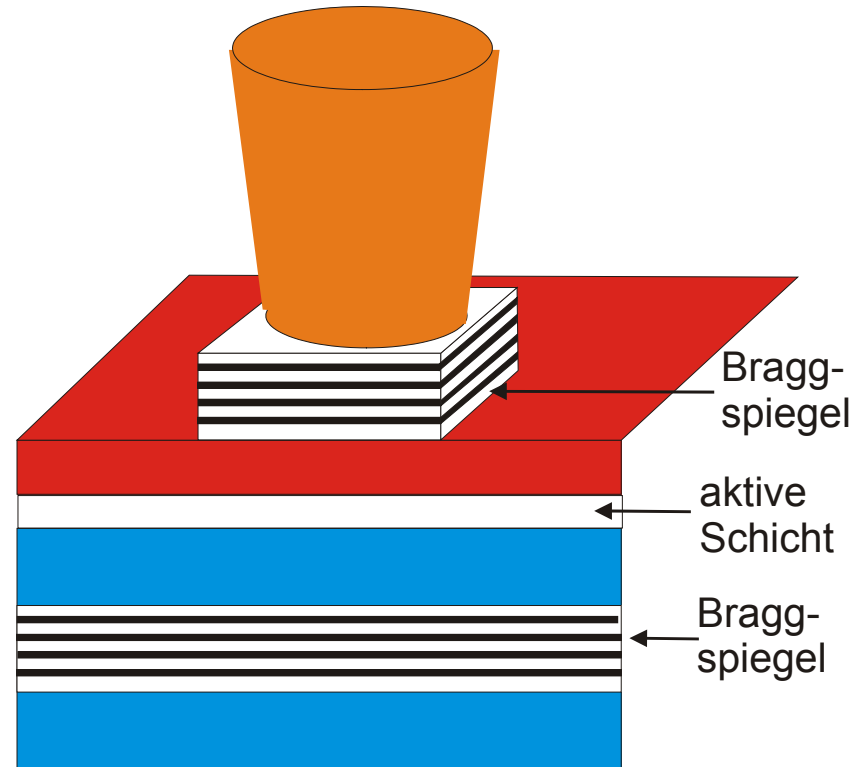
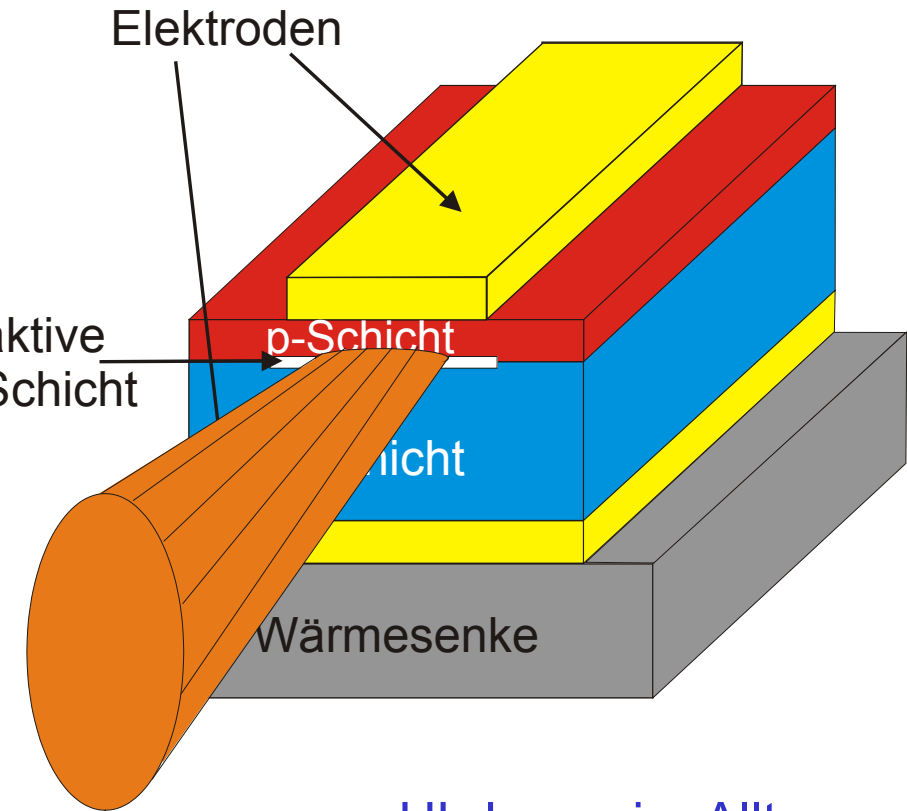
Funktionsweise: vom pn-Übergang zum HL-Laser



Lösung: Doppel-Heterostruktur-Diode



Aufbau eines HL-Laser



HL-Laser im Alltag:

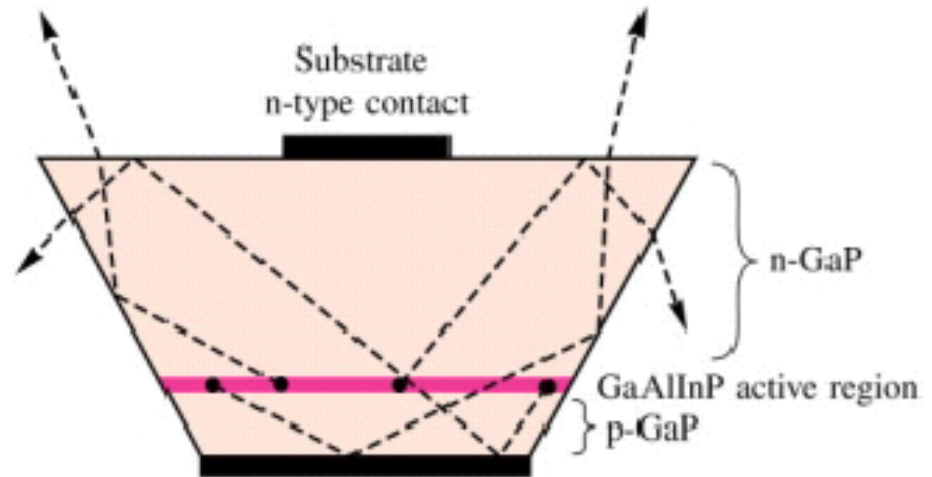
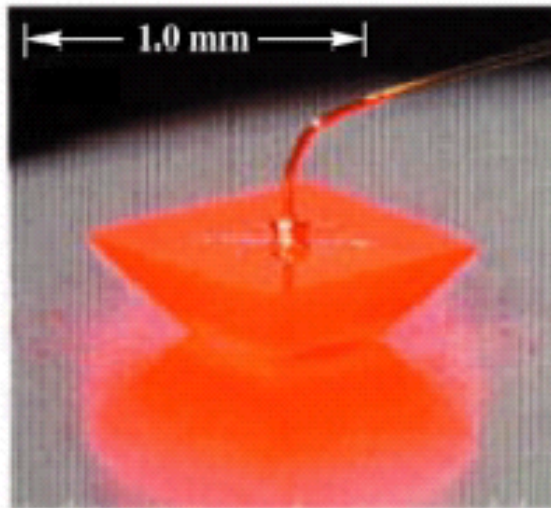
CD (650 MB): $\lambda = 780 \text{ nm}$

DVD (4,7 GB): $\lambda = 640 \text{ nm}$

Optische Datenübertragung: $\lambda = 1,3 \text{ }\mu\text{m}; 1,55 \text{ }\mu\text{m}$

Lichtauskopplung in einer LED

LED-Kristall in Form eines Pyramidenstumpfes:



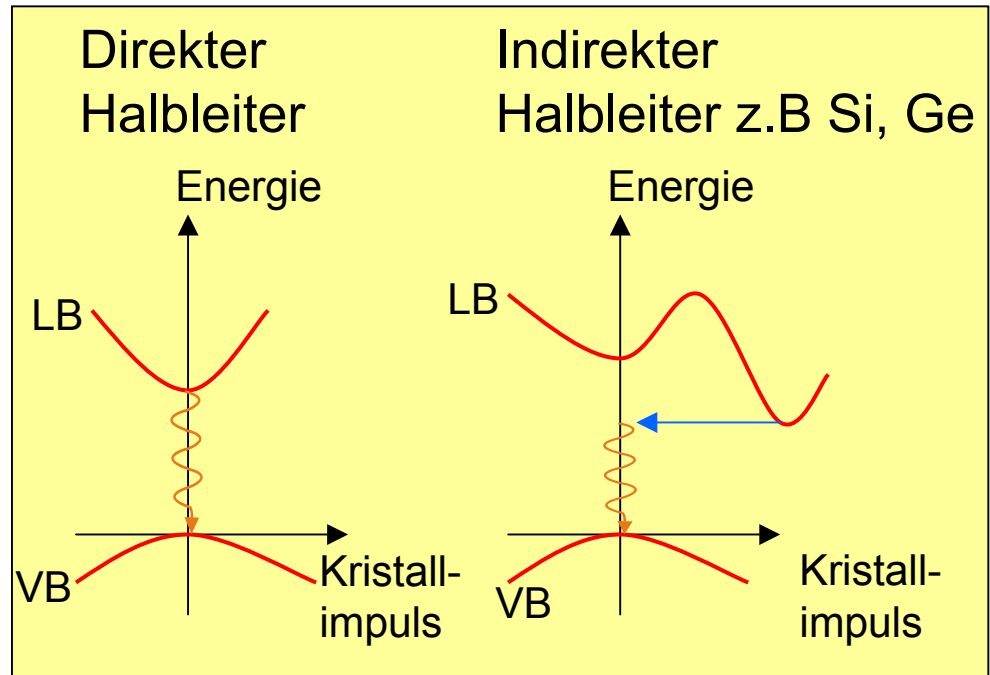
Typische Brechungsindizes:

Halbleiterkristall: $n = 3,5$

Epoxidkapsel: $n = 1 \dots 1,5$

Welches Material? Ein Blick in's Periodensystem

III	IV	V
${}^5\text{B}$	${}^6\text{C}$	${}^7\text{N}$
${}^{13}\text{Al}$	${}^{14}\text{Si}$	${}^{15}\text{P}$
${}^{31}\text{Ga}$	${}^{32}\text{Ge}$	${}^{33}\text{As}$
${}^{49}\text{In}$	${}^{50}\text{Sn}$	${}^{51}\text{Sb}$



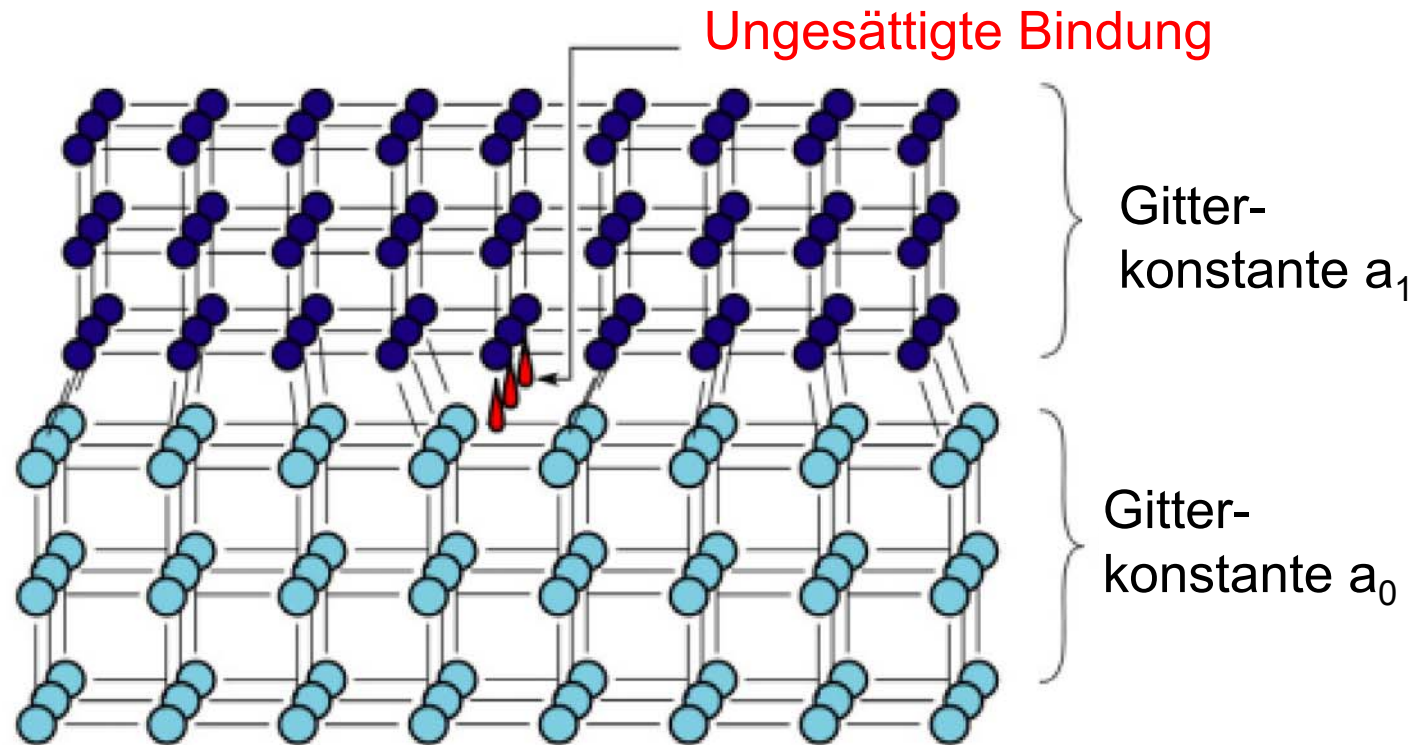
Verbindungshalbleiter mit direkter Bandlücke:

GaAs, InP, GaN,...

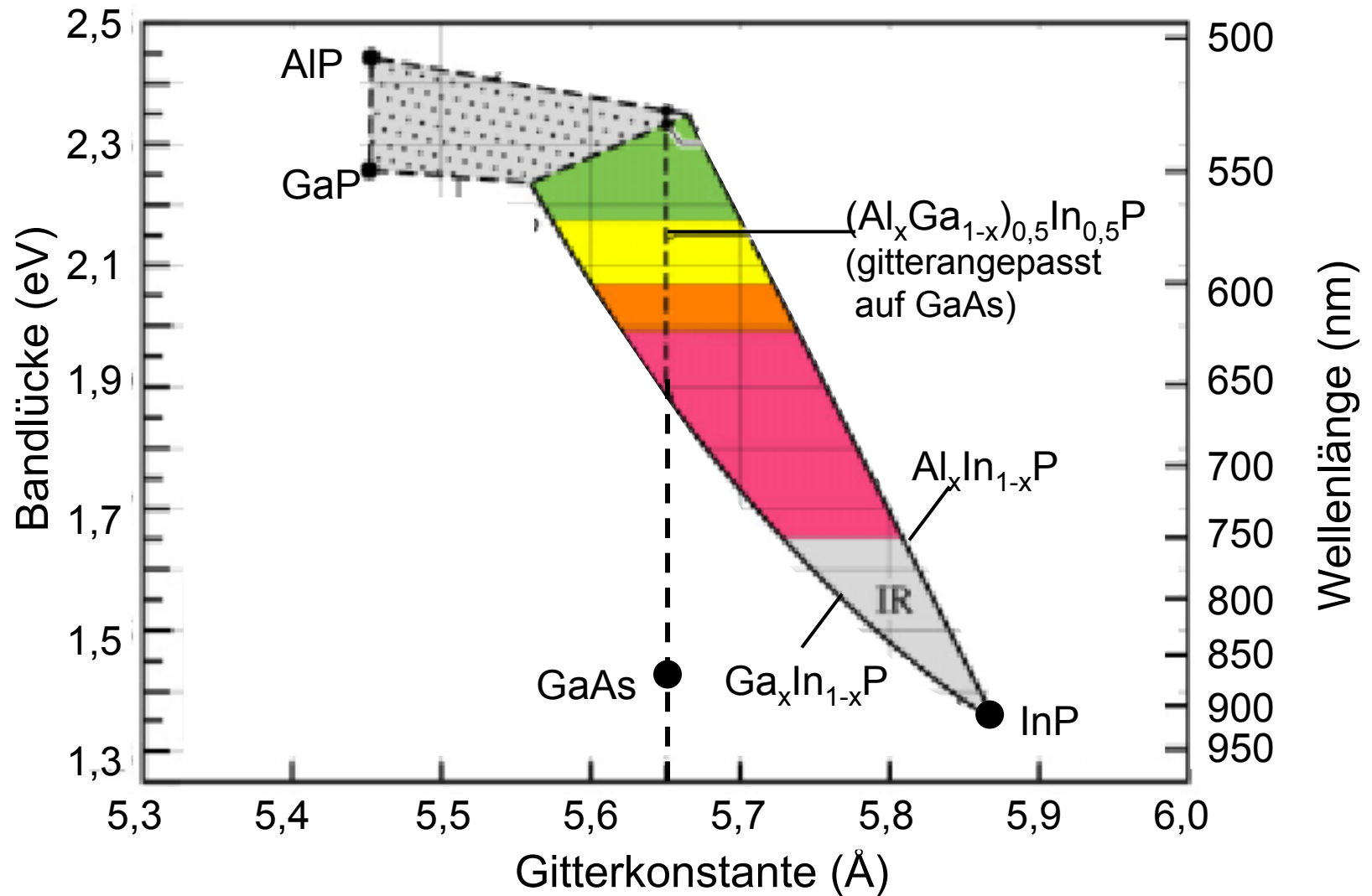
Ternäre Verbindungen: z.B. $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$

Quarternäre Verbindungen: z.B. $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$

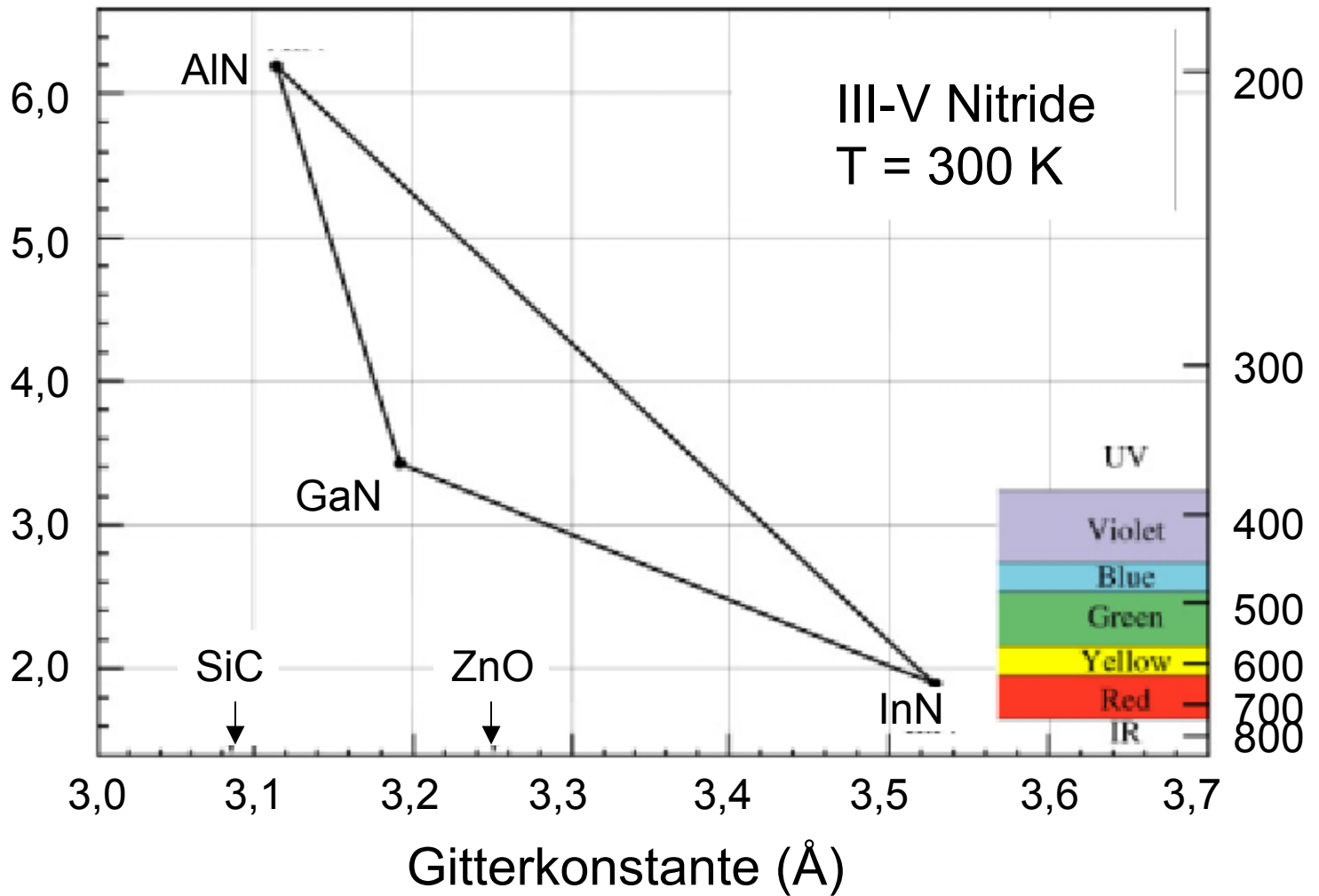
Problem der Gitteranpassung



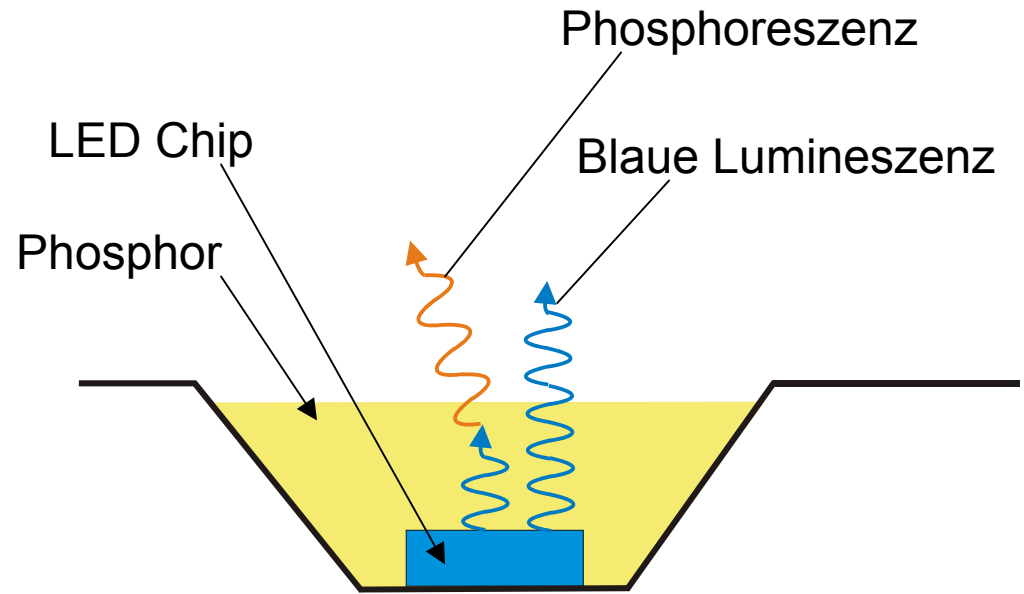
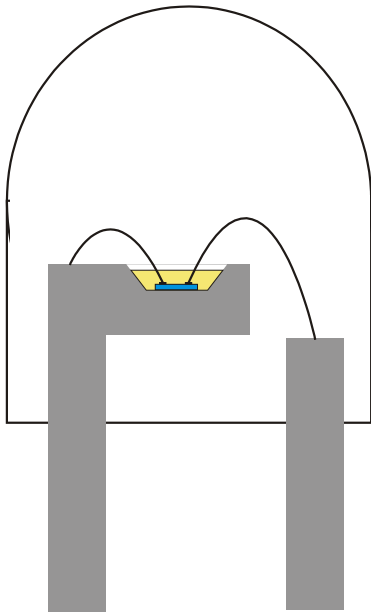
Das AlGaInP/GaAs System



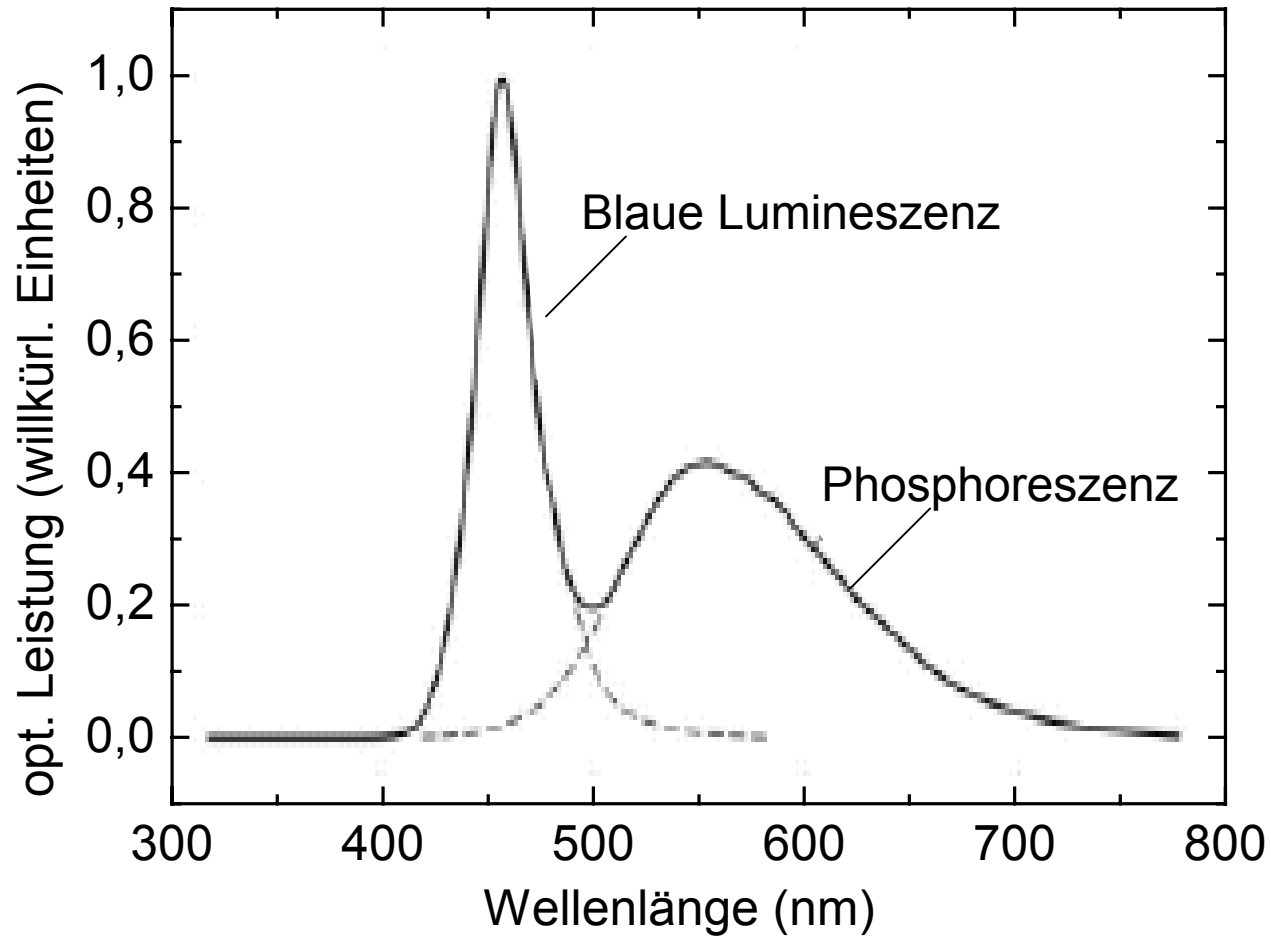
Das GaInN System



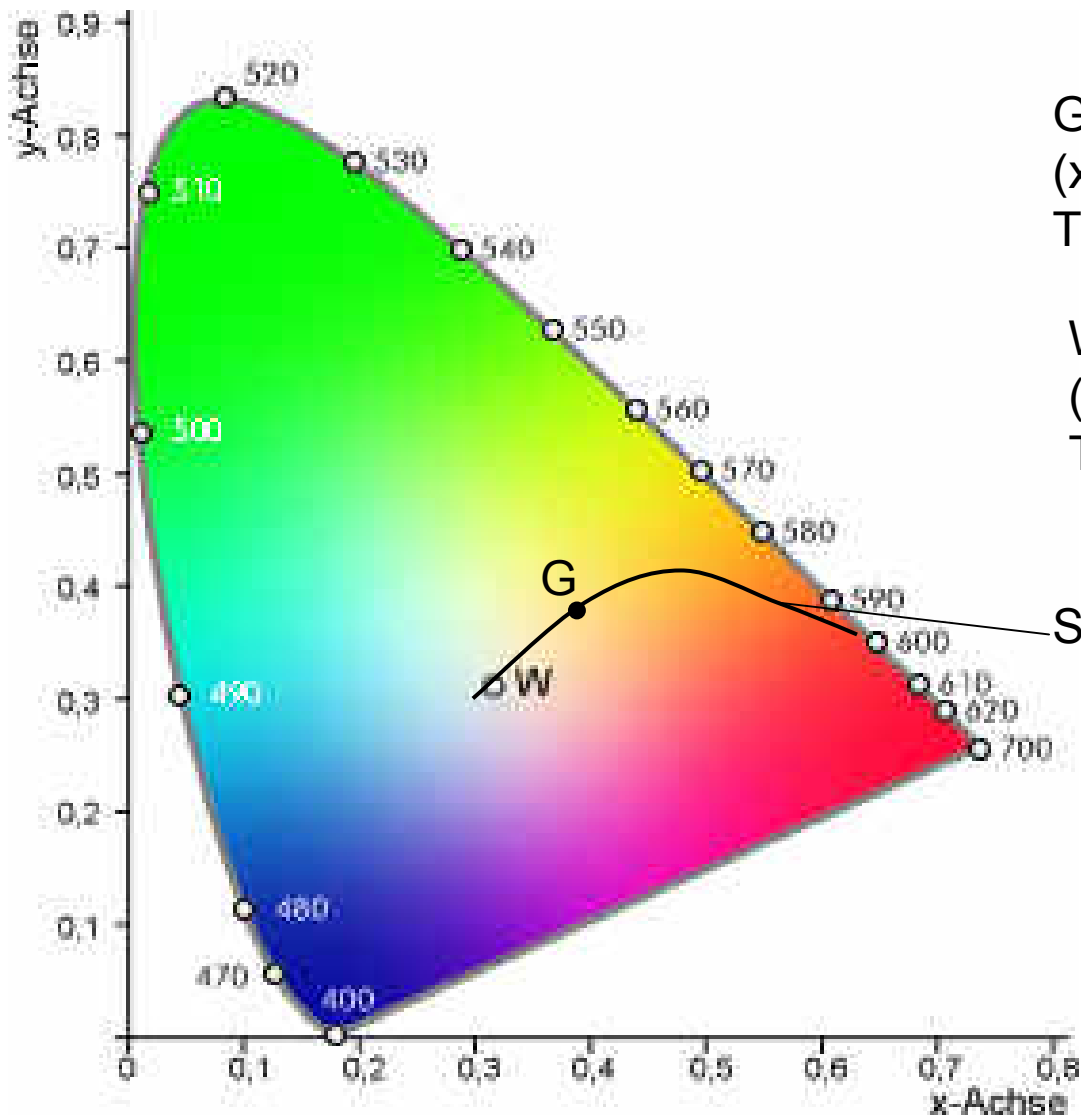
Aufbau einer weißen LED



Licht einer weißen LED



Der Farbraum

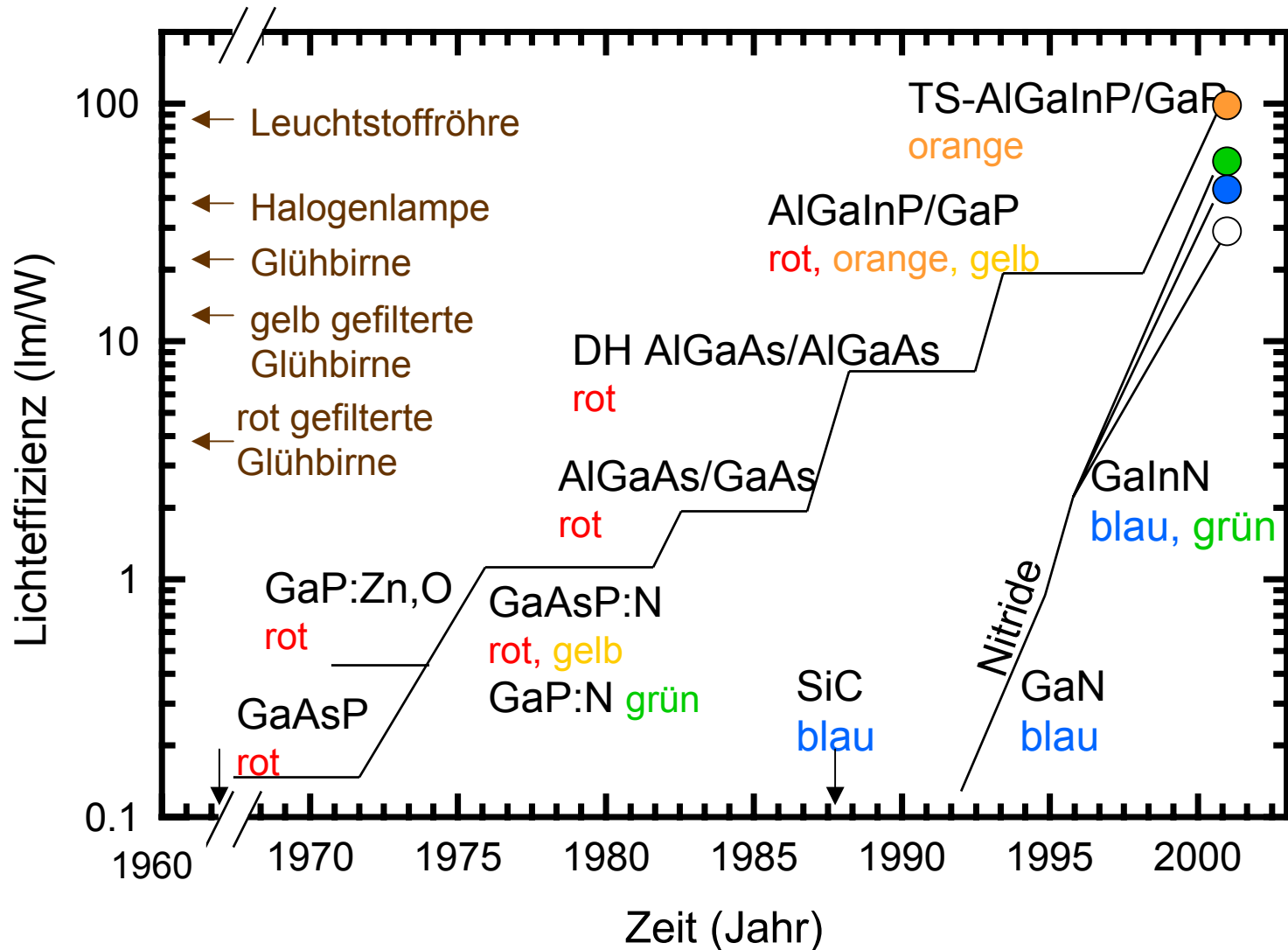


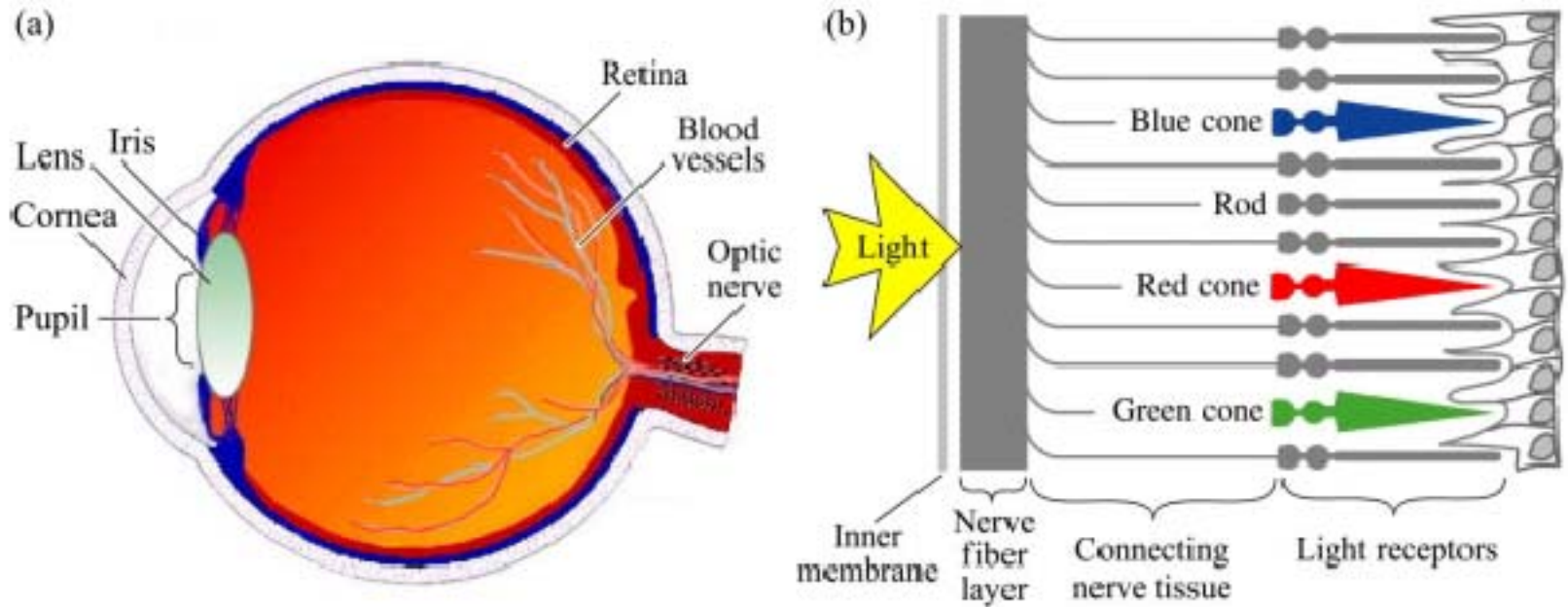
G: Glühlampe
(x,y) = 0,44, 0,41
T = 2860 K

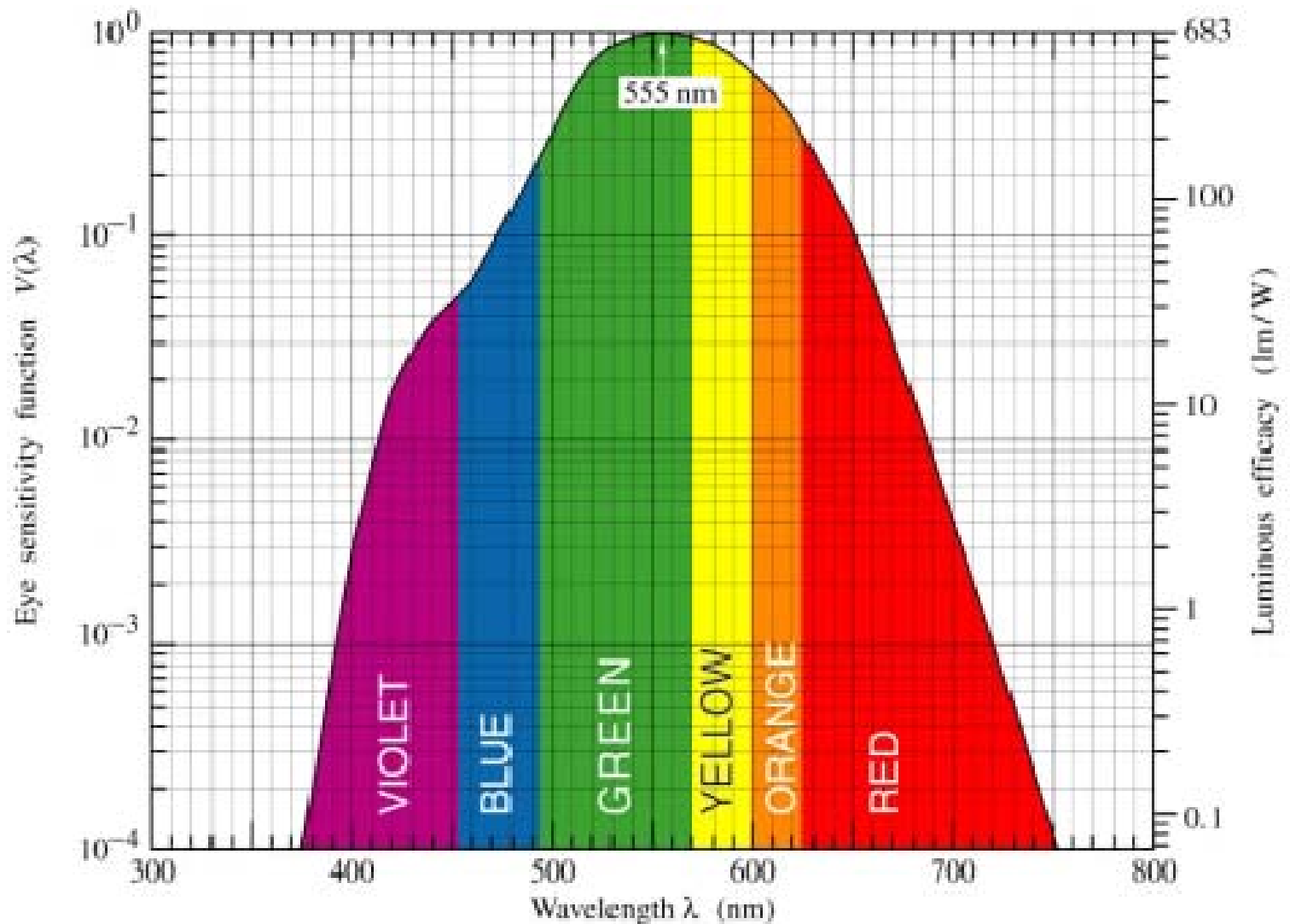
W: Tageslicht (weiß)
(x,y) = 0,31, 0,33
T = 6500 K

Schwarzkörperstrahlung

Zusammenfassung: nochmals ein Blick auf die LED-Entwicklung





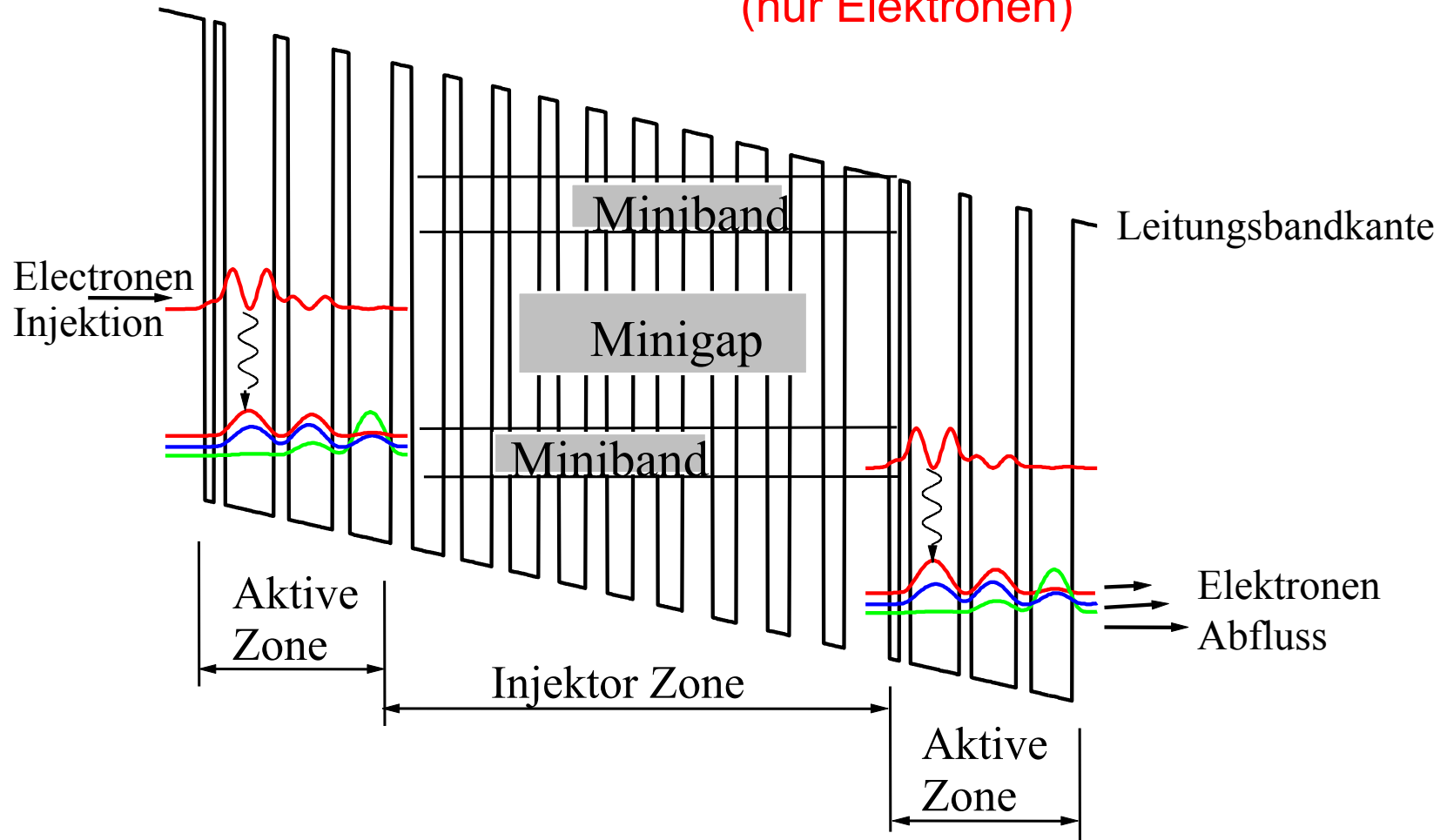


Bisher:

Interbandübergänge in
pn-Übergang

Jetzt:

Intersubbandübergänge in
spezieller Heterostruktur
(nur Elektronen)



Wellenlängenbereich: 3,4 μm – 120 μm

Einsatzgebiete:

- Spektroskopie an Gasen z.B. Spurengase in der Atmosphäre
- Kommunikation

Unter <http://led-info.de> finden Sie gut aufbereitete Informationen zu Grundlagen und Anwendungen von Leuchtdioden.

Unter www.LightEmittingDiodes.org findet sich eine Zusammenstellung von 100 Vortragsfolien rund um LEDs. Weiterhin gibt es dort viele Links zu anderen interessanten Seiten.

In den Galeries von Act One Communications (<http://www.actone1.com>), einem amerikanischen Unternehmen, finden Sie Bilder von Anwendungen von superhellen LEDs (Schriftzüge, Ampel, Videowände, Raumbeleuchtung...).

Ein interessantes Feld, das ich im Vortrag nicht behandeln konnte, sind organische Leuchtdioden (OLEDs). Dresden ist ein Zentrum des Fortschritts auf diesem Gebiet. Informationen finden Sie beispielsweise unter:

http://www.ipms.fraunhofer.de/products/oms/oled_d.shtml

<http://www.iapp.de/iapp/index.php>

Schließlich können Sie z.B. bei Conrad Electronic (<http://www1.conrad.de>) selbst einzelne LEDs - gerade auch superhelle und weiße - kaufen. In der Regel sind sie in der Filiale am Dresdner HBF direkt vorrätig.

Sicher fallen Ihnen und Ihren Schülern viele spannende Experimente, z.B. zur Farbmischung ein. Oder messen Sie einfach die Spannung, ab der eine LED zu leuchten beginnt – und Sie erhalten ein direktes Maß für die Bandlücke des Halbleiters.

Superhelle LEDs können meist mit Dauerströmen von 20 mA betrieben werden. Man sollte aus der Nähe nicht direkt in den Strahl blicken (Gefahr der Netzhautverbrennung)!

Ich wünsche Ihnen und Ihren Schülern viel Spass beim Experimentieren mit LEDs!

Wenn Sie Fragen haben, stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung:
s.winnerl@fz-rossendorf.de