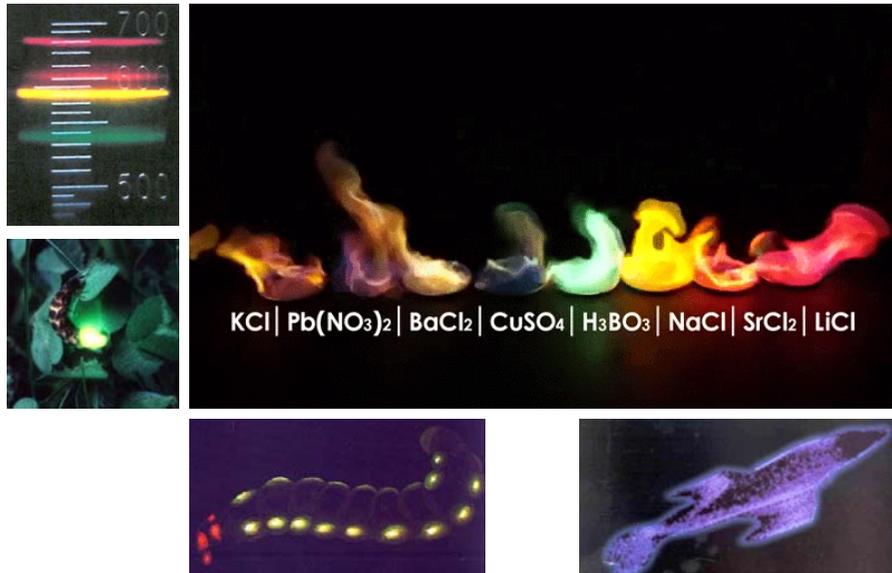


Lumineszenz und ihre Anwendungen



KAD 2021.10.12

Lichtquellen

Klassifizierung der Lumineszenz nach der Anregungsart

- Thermolumineszenz, Flammenfärbung
- Photolumineszenz
- Photolumineszenz von Molekülen
- Photolumineszenz: Fluoreszenz und Phosphoreszenz

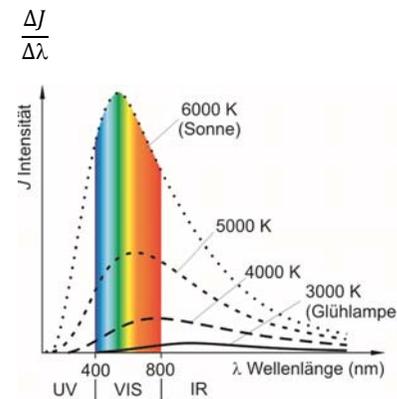
Eigenschaften des Lichtes

Anwendungen

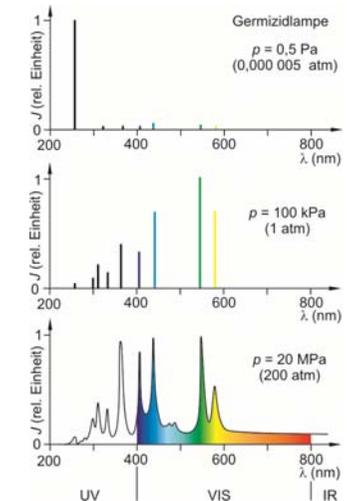
- Labordiagnostik
- Fluorimeter
- Fluoreszenzspektroskopie
- Untersuchung von biol. Makromolekülen
- Biosensoren
- Lumineszenz-Mikroskopie, Fluoreszenzmikroskopie
- Lampen
 - Quecksilberdampflampen
 - Leuchtdioden
 - LASER (später)
- Strahlungsdetektoren
- Kathodenstrahlröhren, Monitoren
- Zahnheilkunde

Lumineszenz: Lichtemissionsüberschuss eines Körpers im Vergleich zu seiner Temperaturstrahlung. Angeregte Elektronen kehren zum Grundzustand zurück und emittieren Photonen.

Lichtquellen



Das **kontinuierliche Spektrum** der **Temperaturstrahlung** ist stark temperaturabhängig (Praktikumsbuch, 6. Lichtemission)



Spektren von Niederdruck-, Hochdruck- und Höchstdruck-Quecksilberdampflampen. Man beachte, dass die **Spektrallinien** mit zunehmendem Druck an Zahl zunehmen bzw. sich zu **Banden** verbreitern!

Klassifizierung der Lumineszenz nach der Anregungsart

Art der Anregung	Name (-lumineszenz)	Beispiel
Licht	Photo-	Chinin-sulphat, Phosphor, ...
Wärme	Thermo-	CaSO ₄ (Dy)
Röntgenstrahlung	Röntgen-	Nal (Tl)
radioaktive Strahlung	Radio-	Nal (Tl)
elektrisches Feld	Elektro-	Quecksilberdampf lampen, Leuchtdioden
Beschuss mit Elektronen	Kathodo-	Leuchtschicht einer Kathodenstrahlröhre
mechanische Wirkung	Tribo-	bei Zuckerkristallen
chemische Reaktion	Chemi-	Luminol zum Nachweis von Blut
chemische Reaktion in lebenden Organismen	Bio-	Glühwürmchen, Oxidation von Luciferin im Leuchtkäfer

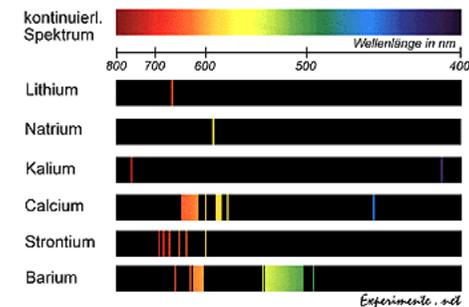


5

Thermolumineszenz, Flammenfärbung

Energieumwandlung kommt durch Valenzelektronen zustande, die durch die Wärmeenergie in einen angeregten Zustand gehoben werden und unter der Abgabe von Licht wieder zurückfallen.

Linienspektren der Alkali- und Erdalkalimetalle

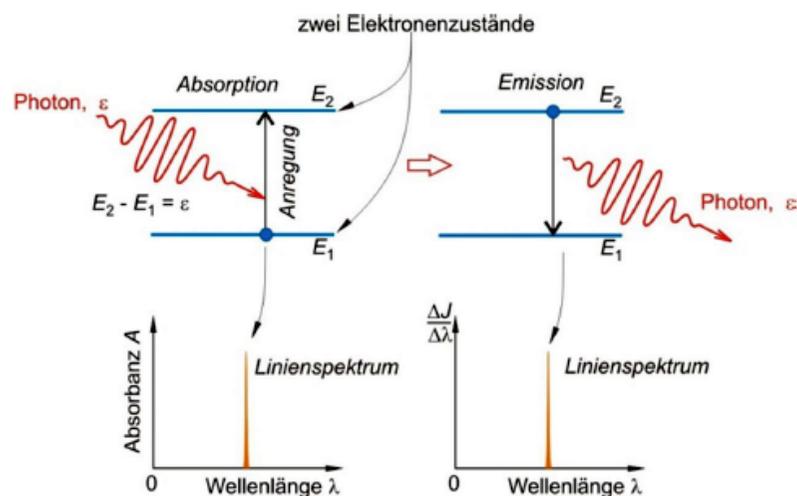


Experimente.net



6

Photolumineszenz



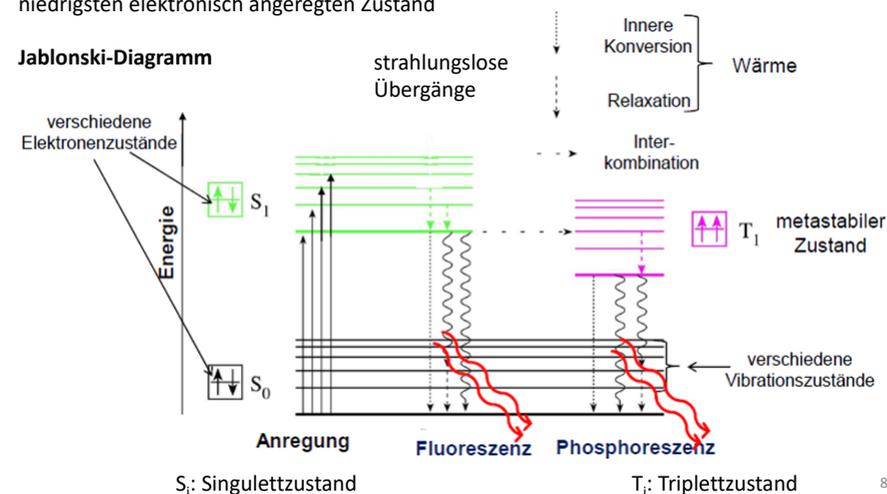
7

Photolumineszenz von Molekülen

$$\text{Energie: } E_{\text{Molekül}} = E_{\text{Elektron}} + E_{\text{Vibration}} (+ E_{\text{Rotation}})$$

Kasha-Regel: das Elektron gelangt immer auf das niedrigste Vibrationsniveau des ersten angeregten Zustands und die Emission eines Photons stammt aus diesem niedrigsten elektronisch angeregten Zustand

Jablonski-Diagramm



8

Photolumineszenz: Fluoreszenz und Phosphoreszenz

angeregter Zustand
Anregung
z.B. Absorption
Grundzustand

Fluoreszenz Phosphoreszenz

Stokes-Verschiebung

Fluorescein

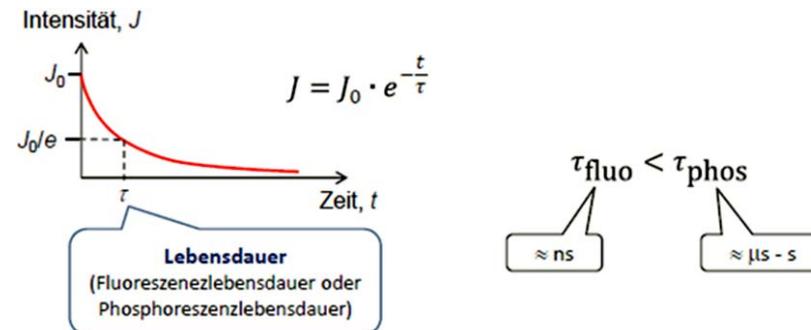
z. B. Tryptophan:

$\bar{\epsilon}_{phos} \leq \bar{\epsilon}_{flu} \leq \bar{\epsilon}_{abs}$
 $\bar{\lambda}_{abs} \leq \bar{\lambda}_{flu} \leq \bar{\lambda}_{phos}$
 $\bar{\tau}_{flu} \ll \bar{\tau}_{phos}$

$\bar{\lambda}_{flu} = 340 \text{ nm}$
 $\bar{\lambda}_{phos} = 440 \text{ nm}$
 $\tau_{flu} = 0,1 - 5 \text{ ns}$
 $\tau_{phos} = 0,001 - 5 \text{ s}$

Eigenschaften des Lichtes

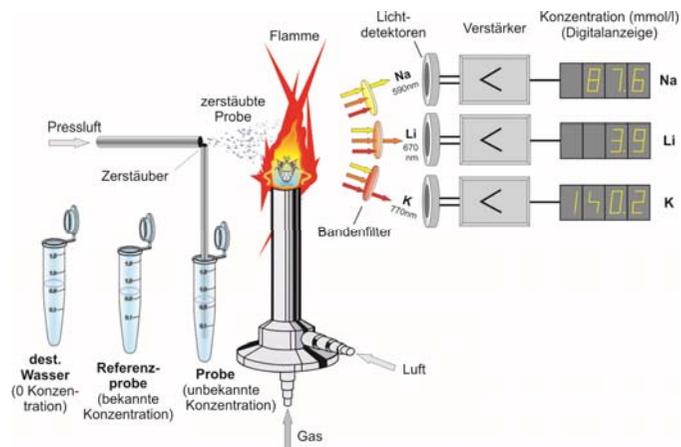
exponentielles Abklingen in der Zeit nach einer kurzzeitigen impulsförmigen Anregung



Quantenausbeute: das Verhältnis zwischen der Anzahl der emittierten Photonen und der Anzahl der absorbierten Photonen

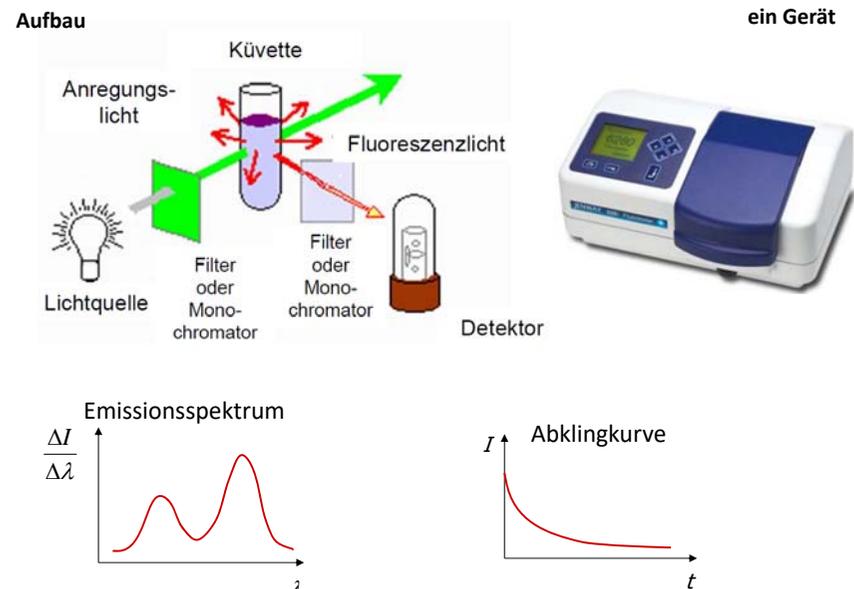
$$Q_{\text{Fluoreszenz}} = \frac{n_{\text{Photonenemittiert}}}{n_{\text{Photonenabsorbiert}}} \leq 1$$

Anwendungen Labordiagnostik



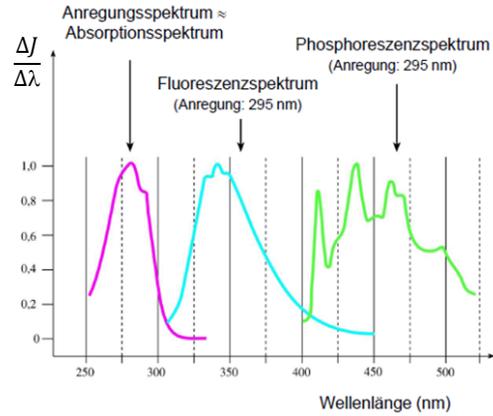
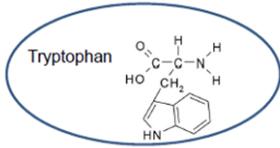
Konzentrationsbestimmung von Na, K, Li, ... mit Hilfe des Flammenphotometers

Fluorimeter

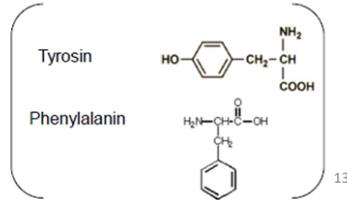


Fluoreszenzspektroskopie

z.B. Proteinforschung



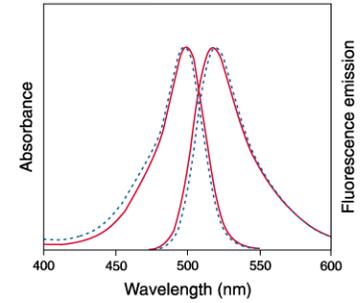
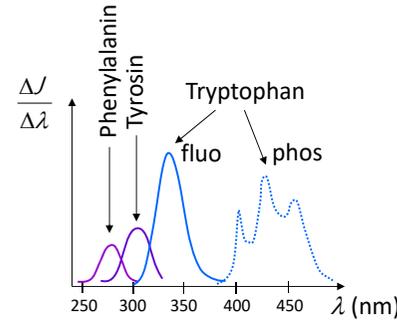
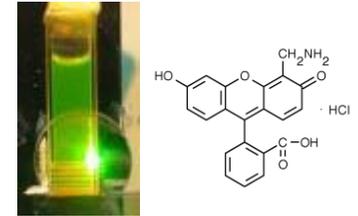
Die Eigenschaften des Lumineszenzlichtes (Intensität, spektrale Verteilung, Stokes-Verschiebung, Lebensdauer, ...) sind sehr empfindlich gegen der Umgebung, Molekülkonformation, Änderungen in diesen, ...



13

Beispiele:

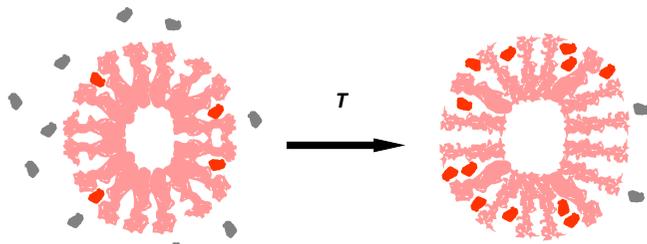
Fluorescein



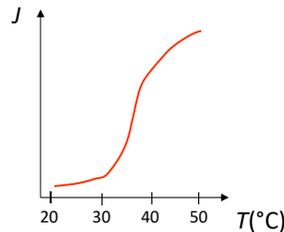
14

Untersuchung von biol. Makromolekülen (Proteine, DNA)

z.B. Chaperon-Aktivität von α-Crystallin



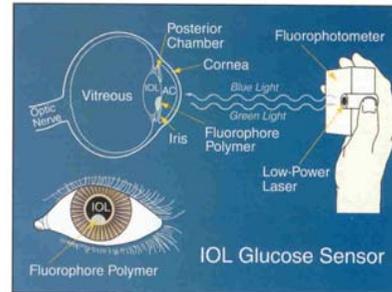
- freies Substrat fluoresziert nicht
- gebundenes Substrat fluoresziert



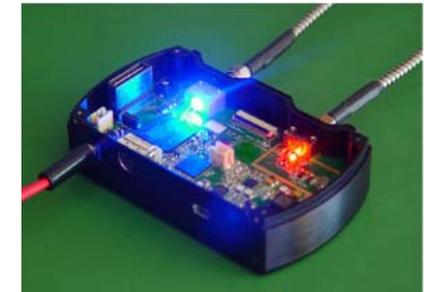
15

Biosensoren

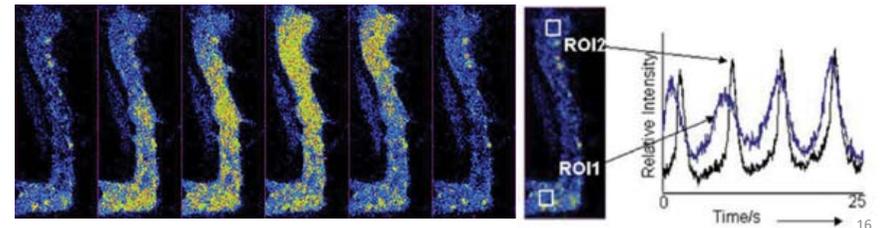
Glukosesensor



Sauerstoffsensor

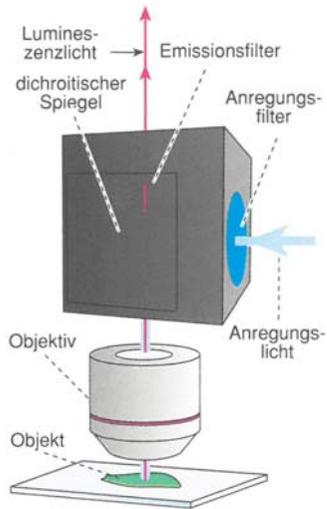


Calciumsensor, Calciumwelle

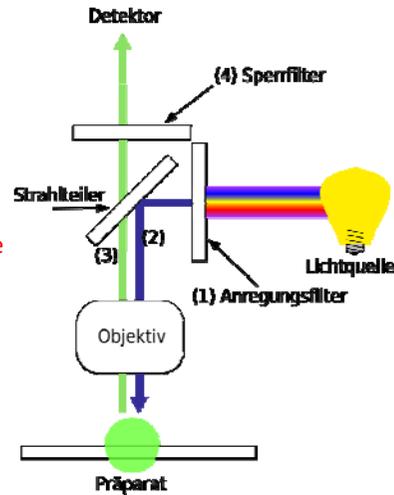


16

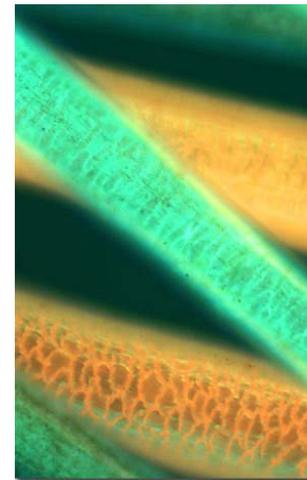
Lumineszenz-Mikroskopie, Fluoreszenzmikroskopie



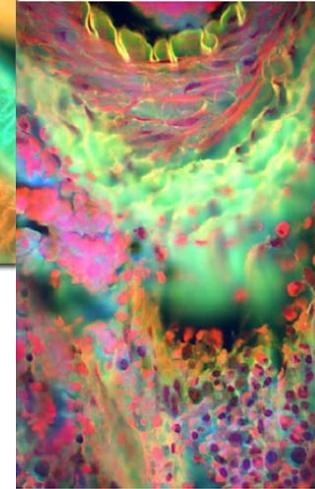
- UV/VIS Lampe
- Quartzoptik
- Präparat:
 - nativ
 - gefärbt



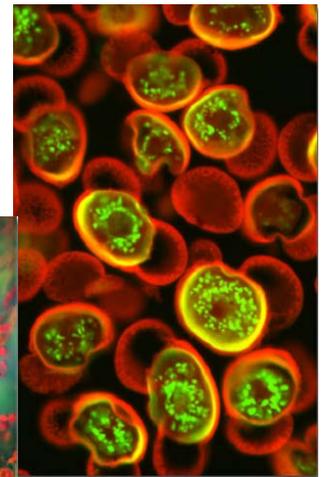
Schema eines Epifluoreszenzmikroskops (Wikipedia)



Bauchhaar des japanischen Ponys



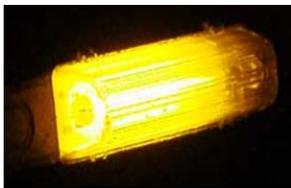
Knochengewebe



Pollen der Kiefer

Lampen

Natriumlampe 590 nm



Blaulichttherapie von
Neugeborengelbsucht
430-490 nm



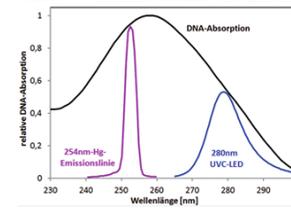
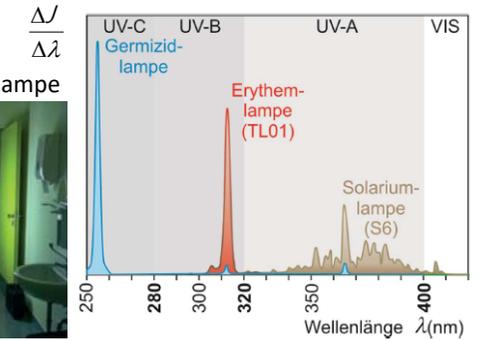
Leuchtröhren



Germizidlampe



Quecksilberdampfampfen



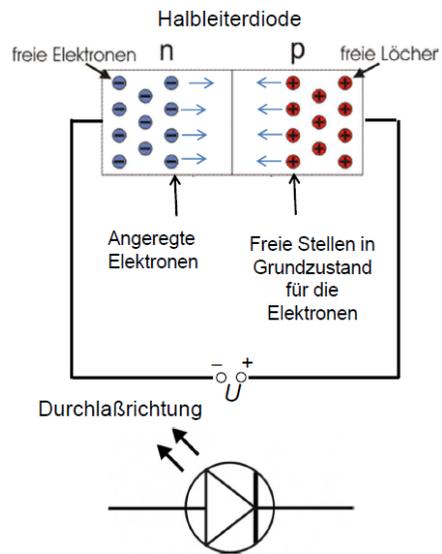
s. Absorptionsspektrum von DNA ⇒
Bakterizidwirkung
(Entkeimung in OP-Räumen)



Quartzlampe, Solariumlampe

Leuchtdioden

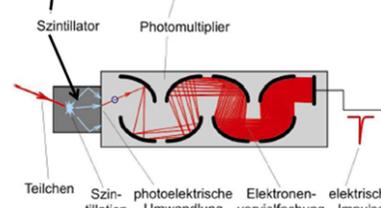
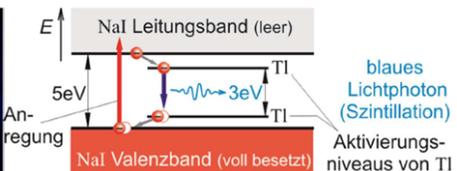
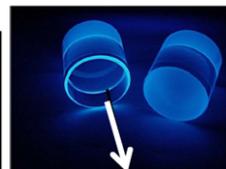
(light emitting diode — LED)



21

Strahlungsdetektoren

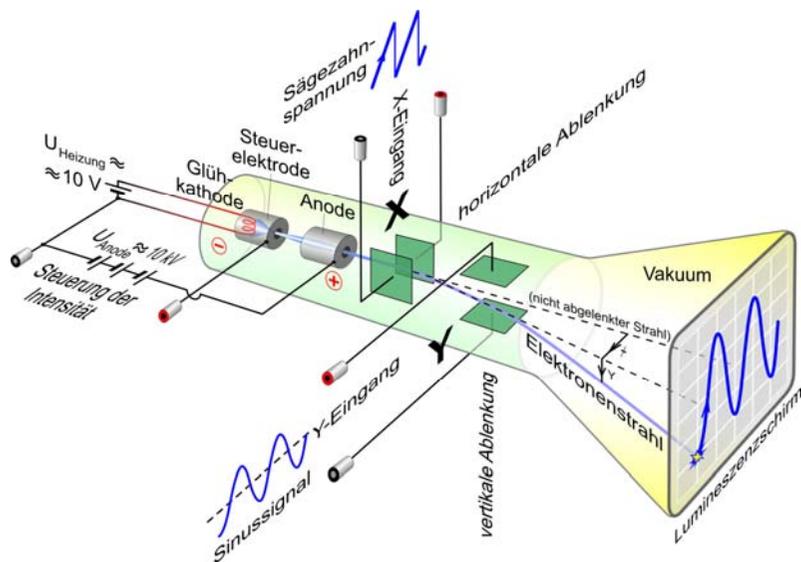
z. B. NaI(Tl)



(s. noch Thermolumineszenzdosimeter)

22

Kathodenstrahlröhren, Monitoren



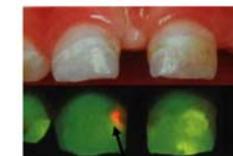
23

Zahnheilkunde

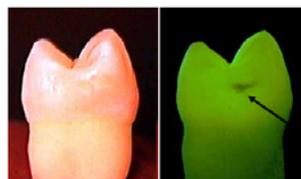


unterschiedliche Fluoreszenzeigenschaften von gesunden und malignen Geweben

Oberfläche der Milchzähne im nativen Zustand und nach Fluoreszenzfärbung



aktive Karies



Zahnoberfläche im nativen Zustand und nach Fluoreszenzfärbung

sondierbare Karies

24