

Medizinische Biophysik

0

Dr. Ferenc Tölgyesi ferenc.tolgyesi@eok.sote.hu
Institut für Biophysik und Strahlenbiologie



1

Physik in der Medizin



Diagnostik

Röntgendiagnostik Sonographie Optische Tomographie MRI EKG Endoskop

Therapie

Gamma-Messer Phototherapie Laserchirurgie Defibrillator Nierensteinzertrüm

Medizinische Forschung

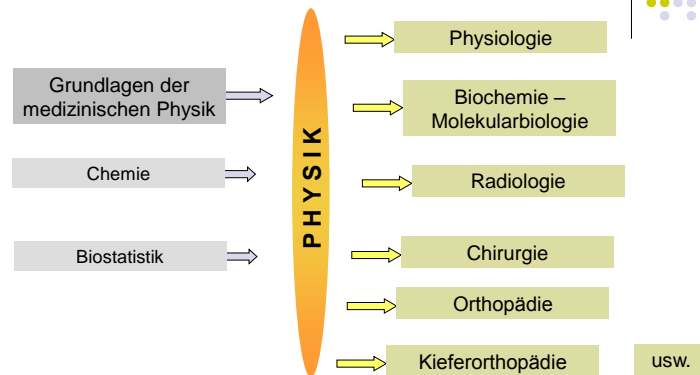
Röntgendiffraktion Optische Spektroskopie Mikroskopie Massenspektrometrie

Lebensprozesse

Diffusion Strömungen Hebelfunktion Wärmestrahlung elektrische Ströme ...

2

Physik in dem medizinischen Curriculum



3

Thematik der Vorlesungen



Unterrichts- woche	Datum	Thema	Vortragender
1	02.07.	Strahlungen. Überblick. Emissionspektrometrie	Tölgyesi Ferenc
1	02.10.	Licht. Entstehung. Temperaturstrahlung, IR-Diagnostik	Tölgyesi Ferenc
2	02.14.	Lumineszenz und ihre Anwendungen	Tölgyesi Ferenc
2	02.17.	Wechselwirkungen zwischen Licht und Materie	Tölgyesi Ferenc
3	02.21.	Absorptionsspektrometrie. Biologische Wirkungen des Lichtes	Tölgyesi Ferenc
3	02.24.	Optik des Auges, Sehen	Tölgyesi Ferenc
4	02.28.	Laser	Tölgyesi Ferenc
4	03.02.	Optische Mikroskopie, andere optische Methoden in der Medizin	Tölgyesi Ferenc
5	03.06.	Röntgenstrahlung. Entstehung und Eigenschaften. Röntgenröhre	Smeller László
5	03.09.	Wechselwirkungen mit der Materie. Detektoren. Röntgendiffraktion	Smeller László
6	03.13.	Grundlagen der Röntgendiagnostik	Smeller László
6	03.16.	-----Arbeitsstag verlegt auf 24. März	
7	03.20.	Spezielle Röntgenverfahren, CT	Smeller László
7	03.23.	Kernstrahlungen. Physikalische Grundlagen der Nuklearmedizin	Bérces Attila
7	03.24.	Gamma-Kamera. Spezielle Verfahren: SPECT, PET	Bérces Attila
8	03.27.	Biologische Wirkungen der ionisierenden Strahlungen. Dosimetrie. Strahlentherapie	Bérces Attila
8	03.30.	Radiowellen. Magnetresonanztomographie	Gróf Pál
	04.03.	-----Frühlingsferien	
	04.06.	-----Frühlingsferien	

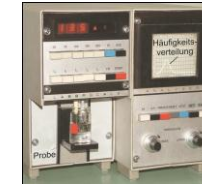
4

Thematik der Vorlesungen

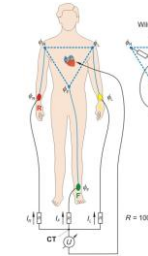
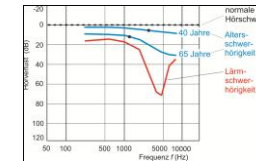
6	03.13.	Grundlagen der Röntgendiagnostik	Smeller László
6	03.16.	-----Arbeitsstag verlegt auf 24. März	
7	03.20.	Spezielle Röntgenverfahren, CT	Smeller László
7	03.23.	Kernstrahlungen. Physikalische Grundlagen der Nuklearmedizin	Bérces Attila
7	03.24.	Gamma-Kamera. Spezielle Verfahren: SPECT, PET	Bérces Attila
8	03.27.	Biologische Wirkungen der ionisierenden Strahlungen. Dosimetrie. Strahlentherapie	Bérces Attila
8	03.30.	Radiowellen. Magnetresonanztomographie	Gróf Pál
	04.03.	-----Frühlingsferien	
	04.06.	-----Frühlingsferien	
9	04.10.	Ultraschall. Charakteristiken und Erzeugung von Ultraschall	Bérces Attila
9	04.13.	Grundlagen der Sonographie	Bérces Attila
10	04.17.	Überblick von den medizinischen bildgebenden Verfahren	Tölgyesi Ferenc
10	04.20.	Transportprozesse. Strömung von Flüssigkeiten und Gasen	Tölgyesi Ferenc
11	04.24.	Blutströmung. Biomechanische Aspekte	Tölgyesi Ferenc
11	04.27.	Diffusion	Tölgyesi Ferenc
12	05.01.	-----Feiertag	
12	05.04.	Diffusion. Wärmetransport	Tölgyesi Ferenc
13	05.08.	Allgemeine Beschreibung der Transportprozesse	Tölgyesi Ferenc
13	05.11.	Grundlagen der Erregungsprozesse. Ruhepotential, Aktionspotential	Tölgyesi Ferenc
14	05.15.	Elektrische Methoden in der Medizin. Elektrische Eigenschaften von Geweben. Reizdiagnostik, -Therapie, Hochfrequenztherapie	Tölgyesi Ferenc
14	05.18.	Sensorische Funktionen. Gehör und Audiometrie. Psychophysische Gesetze	Tölgyesi Ferenc

5

Praktika



Protokolle!



6

Studienregel

Voraussetzungen für die Anerkennung des Semesters:

- Teilnahme an 75% der Vorlesungen und der Praktika
- Annahme der Messprotokolle durch den Praktikumsleiter aus jeder Messung des Semesters
- Mindestens 2 (genügend) für beide Klausuren des Semesters (in den 6. und 11. Studienwochen). Beide Klausuren können jeweils zweimal wiederholt werden (in den 8./13. Studienwochen bzw. in der 14. Woche).

Prüfungsform: Abschlusskolloquium; Es besteht aus einem schriftlichen und einem mündlichen Teil. Erfolgreiche Absolvierung des schriftlichen Teiles ist Voraussetzung für Zulassung zum mündlichen Teil. Studenten, deren Praktikumsnote mindestens 4 ist, werden vom schriftlichen Teil befreit.

Hilfsmittel:

- Skripte des Faches „Grundlagen der medizinischen Physik“ (s. Webseite)
- Praktikum für Biophysik (Institut für Biophysik und Strahlenbiologie, Budapest)
erhältlich im Institut beim ersten Unterricht
- Biophysik für Mediziner, Medicina Verlag, Budapest

Studienwettbewerb:

- Anfang Mai (genauer Termin, Voraussetzungen, usw. werden zu einem späteren Zeitpunkt veröffentlicht)

Webseite: <http://biofiz.sote.hu>

7

Demos

1. Demo

- im Praktikum der 6. Unterrichtswoche
- 1. Wiederholung in der 8. Woche
- 2. Wiederholung in der 14. Woche

2. Demo

- im Praktikum der 11. Unterrichtswoche
- 1. Wiederholung in der 13. Woche
- 2. Wiederholung in der 14. Woche

Einheitliche Struktur:

- 10 Single-Choice-Testfragen (jeweils für 4 Punkte)
- 2 Rechenaufgaben (jeweils für 20 Punkte)
- 1 Abbildung (für 20 Punkte)

s. Probedemo später unter Dokumenten auf der Webseite

(bestanden: 50%)

8

Medizinische Biophysik

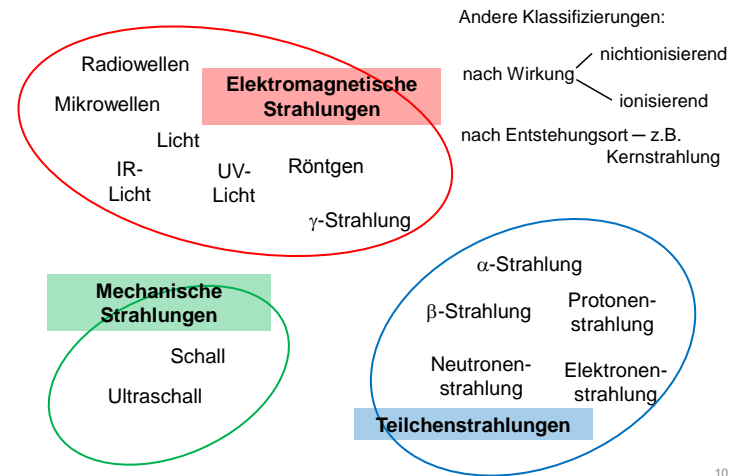
1

Strahlungen - Überblick



9

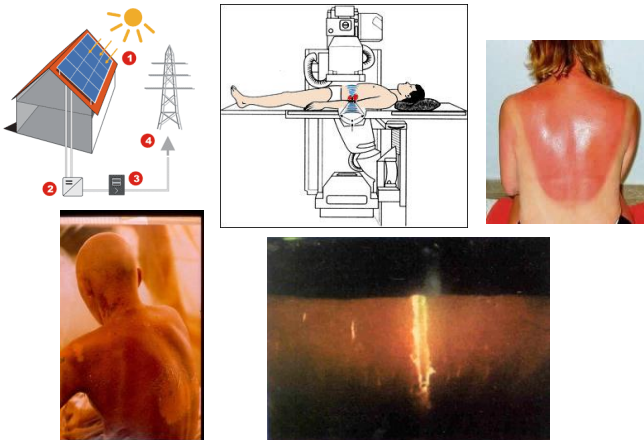
1. Strahlungen in der medizinischen Praxis



10

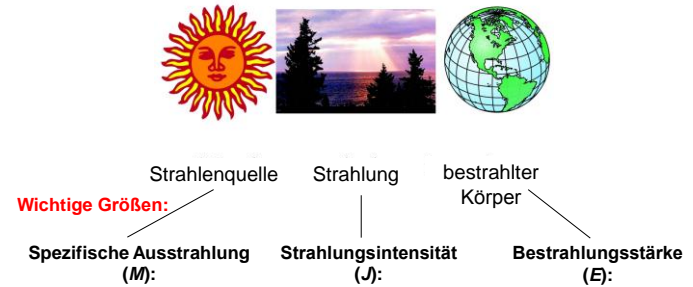
2. Gemeinsame Eigenschaften

a) Strahlung = Energietransport !



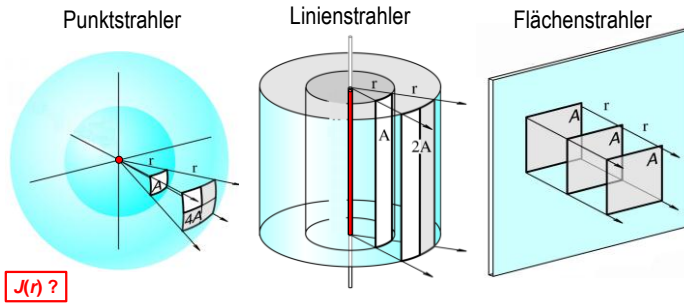
11

„Teilnehmer“ der Strahlungsvorgänge



12

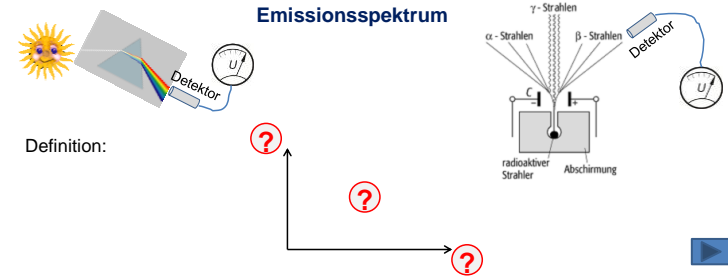
Strahlenquellen von unterschiedlicher Geometrie:



$J(r)$?

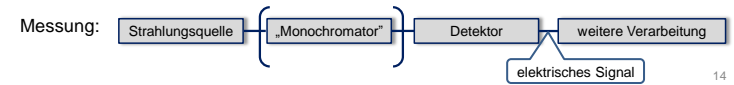


13



Definition:

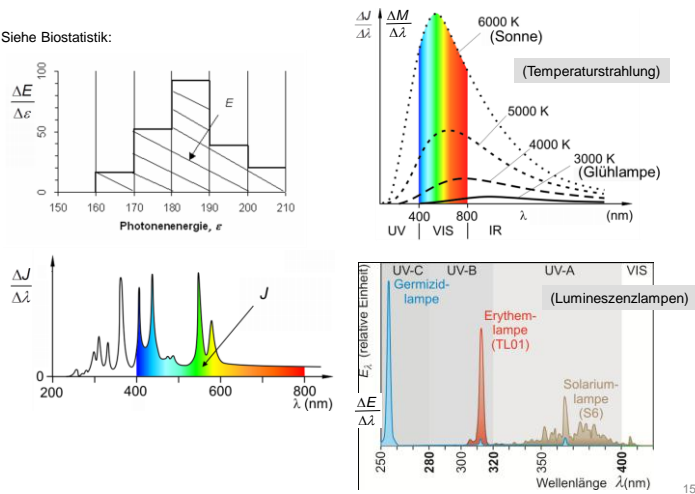
Typen:



14

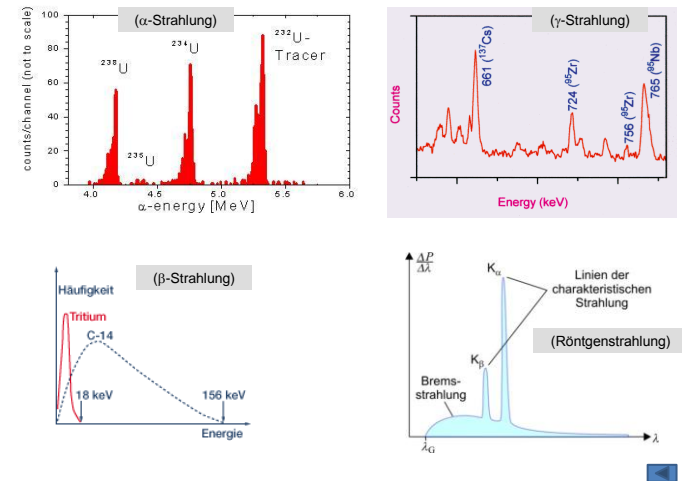
Beispiele für Emissionsspektren:

Siehe Biostatistik:



15

Beispiele für Emissionsspektren:



16

b) Doppelcharakter = Wellencharakter & Teilchencharakter

c) Wechselwirkungen mit der Materie =

Reflexion, Brechung, Beugung, Streuung, Absorption, ...

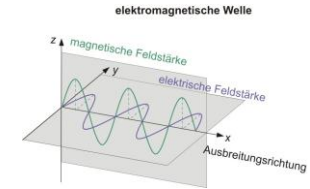
- Strahlungsdetektoren
- Biologische Wirkungen
- Anwendungen in der Diagnostik und der Therapie

3. Elektromagnetische Strahlungen

• Elektromagnetische Wellen:

$$c = \lambda \cdot f$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\text{im Vakuum})$$

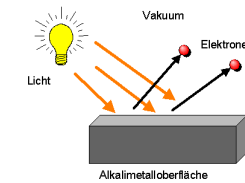


(Beugung/Diffraktion des Lichts)

• Transversalwellen → Polarisation

• Teilchen - Photonen:

$$\varepsilon = h \cdot f$$



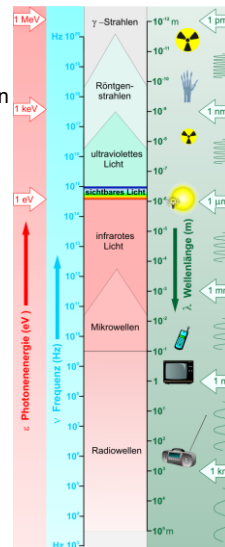
Lichtelektrischer Effekt (Photoeffekt)

17

18

• 7 Bereiche:

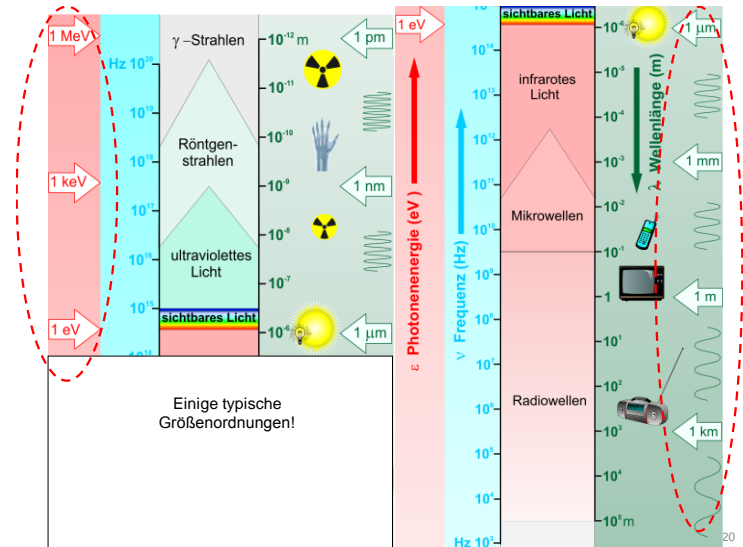
- γ-Strahlen
- Röntgenstrahlen
- UV-Licht
- VIS-Licht
- IR-Licht
- Mikrowellen
- Radiowellen



• Anwendungsbeispiele:

- Gamma-Messer
- Röntgendiagnostik
- UV-Phototherapie
- Mikroskopie/Sehen
- Infrarotdiagnostik
- MRI

19



20

4. Teilchenstrahlungen

- Teilchen (α , β , e^- , p^+ , n^0 , ...)

Materiewellen

de Broglie (1923): Materiewellen

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$$

Davisson & Germer (1927): Elektronenbeugungsexperiment

Schirm
Elektronenstrahl
Au
Diffractionsbild

Anwendungsbeispiele:

- Elektronenmikroskop
- Neutronendiffraktion
- Strahlentherapie

Medizinische Biophysik

1

Wichtigste notwendige Vorkenntnisse:

Optik

Geometrische Optik:
Dispersion, Prisma, Monochromator

Wellenoptik:

Interferenz und Beugung von Licht

Struktur der Materie

Atomphysik:

lichtelektrischer Effekt

Aggregatzustände:

Boltzmann-Verteilung, Energiebandstruktur der Kristalle, Isolator, Leiter, Halbleiter

Licht



23

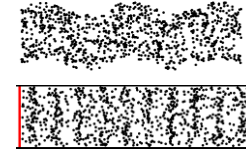
5. Mechanische Strahlungen

- Mechanische Wellen

$$c = \lambda \cdot f$$

$$c = 330 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\text{in der Luft})$$

$$c = 1500 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\text{im Wasser und im Weichteilgewebe})$$



- transversale/longitudinale Wellen

- 3 Bereiche:

Infraschall	–	Hörschall	–	Ultraschall
< 20 Hz		20 Hz – 20 kHz		20 kHz <

- Anwendungsbeispiele:

- Sonographie
- Ultraschalltherapie
- Hören

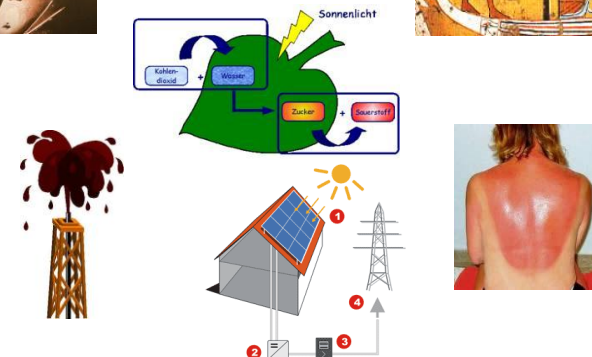


22

Bedeutung des Lichtes

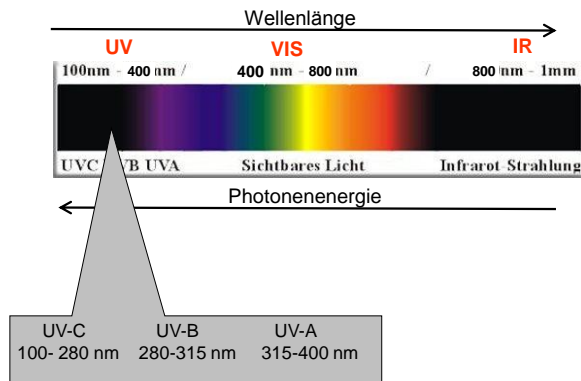
„Schön erscheinst du im Horizonte des Himmels, du lebendige Sonne, die das Leben bestimmt!“

(Pharaoh Echnaton)



24

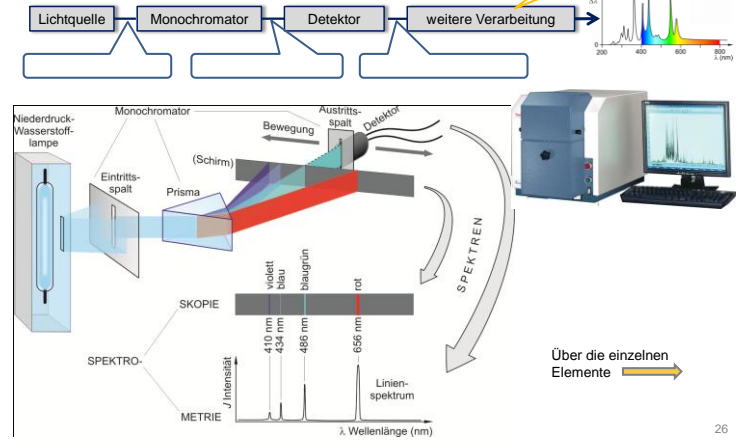
I. Lichtbereiche



25

II. Emissionsspektrometrie

Aufbau eines Emissionsspektrometers:



26

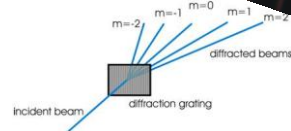
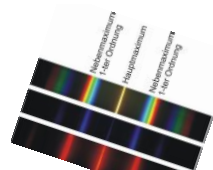
Monochromator

Prisma

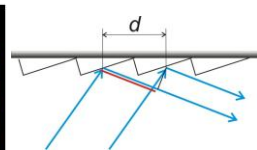
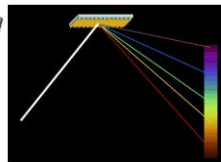
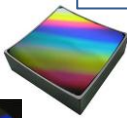


Diffraktionsgitter

Transmissionsgitter



Reflexionsgitter



27

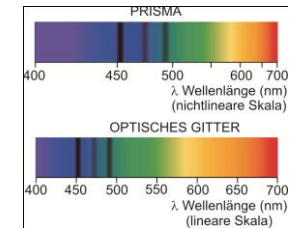
Monochromator

Prisma

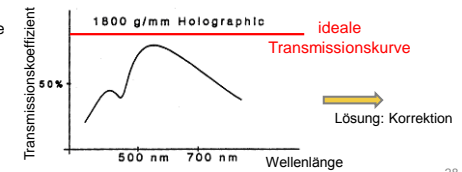
Diffraktionsgitter

Technische Probleme:

Wellenlängenskala



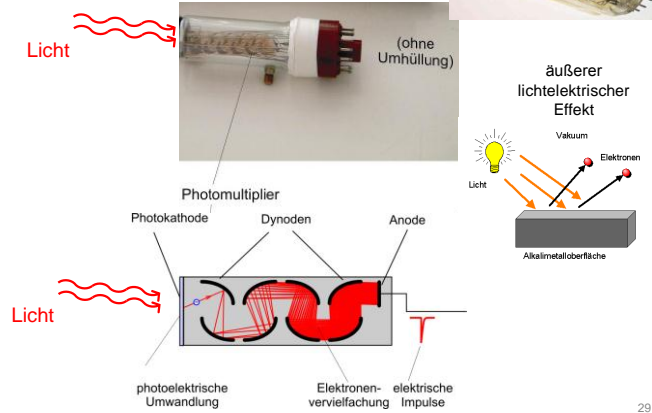
Transmissionskurve (Frequenzgang)



28

Lichtdetektor

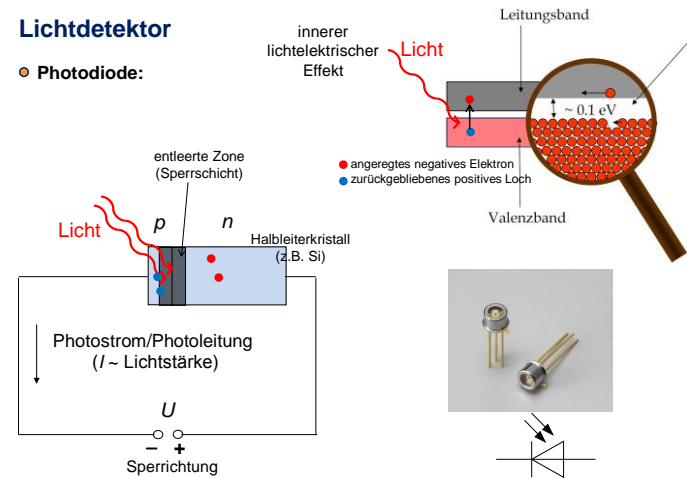
- Photomultiplier (PM)
(Sekundärelektronenvervielfacher – SEV):



29

Lichtdetektor

- Photodiode:



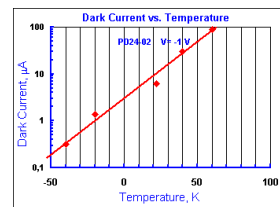
30

Lichtdetektor

- Photomultiplier
- Photodiode

Technische Probleme:

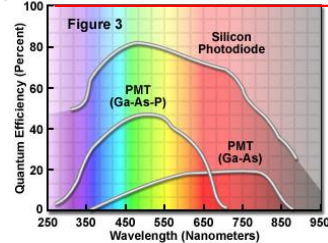
- Dunkelstrom/Rauschen



Lösung:
Abkühlen

- Effizienzkurve
(Empfindlichkeitskurve)

Effizienzkurven von einigen Detektoren:
Electronic Detector Spectral Sensitivities



ideale
Effizienzkurve

Lösung:
Korrektion

31

Ähnliche „technische“ Probleme im Auge:

- Dunkelstrom/Rauschen

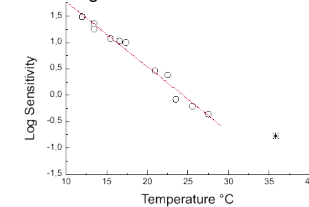
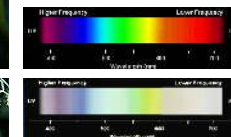


Figure 1. Dark adapted scotopic sensitivity in two frog species (○) and humans (●) as a function of temperature. Ordinate, log sensitivity = -log threshold (threshold intensity at cornea (quanta $\text{mm}^{-2} \text{s}^{-1}$). Modified from Aho et al. (1993b) and Donner (1998).

- Effizienzkurve
(Empfindlichkeitskurve)



Mensch



Katze

32

III. Entstehung des Lichtes, Lichtquellen

„warmes“ Licht

kontinuierliches Spektrum



1. Temperaturstrahler

„kaltes“ Licht

Linien- oder Bandenspektrum



2. Lumineszenzstrahler

33

Biophysik für Mediziner

- II/1.1.1
- II/1.1.2
- II/1.2
- II/2.1.3 bis 8

Rechenaufgaben (Praktikumsbuch)

- 8
- 9
- 10
- 13

34