

Einführung in die Biophysik. Strahlungsarten und ihre gemeinsame Eigenschaften. Spektrum

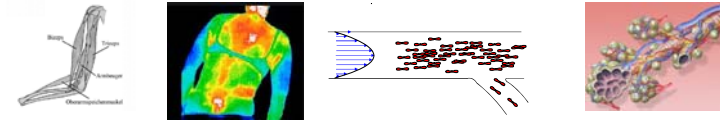


kaposi.andras@semmelweis.hu

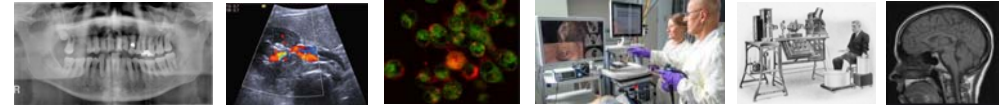
KAD 2023.09.05

Physik in der (Zahn-)Medizin

Lebensprozesse: Hebelfunktion, Wärmestrahlung, Strömungen, Diffusion, ...



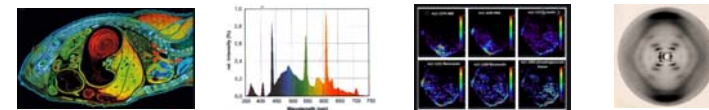
Diagnostik: Röntgendiagnostik, Sonographie, optische Tomographie, Endoskopie, EKG, MRI, ...



Therapie: Phototherapie, Laserchirurgie, Gamma-Messer, Nierensteinzertümmung, ...

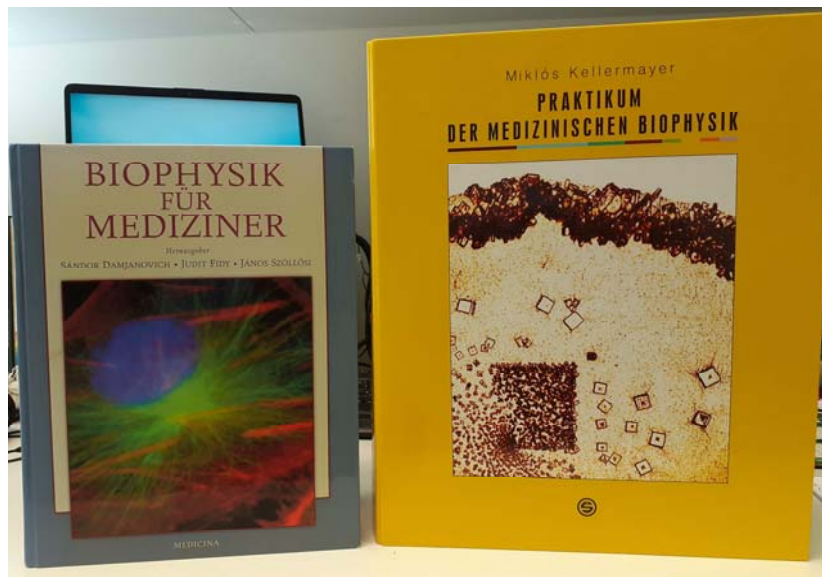


med. Forschung: Mikroskopie, optische Spektroskopie, Massenspektrometrie, Rtgdiffraction, ...



2

Lehrbuch und Praktikumsbuch



1,5 Stunde Vorlesung, 2,5 Stunden Praktikum (pro Woche)

3

Thematik der Vorlesungen, Herbstsemester

- 1 Einführung. Strahlungsarten und ihre gemeinsame Eigenschaften. Spektrum
- 2 Elektromagnetische Strahlungen. Licht als Welle: Beugung, Interferenz, Dispersion. Teilchencharakter des Lichtes
- 3 Licht in der Medizin. Brechung, Reflexion, Linsen, Mikroskop
- 4 Auflösungsgrenze, Lichtstreuung, Lichtabsorption
- 5 Temperaturstrahlung, IR-Diagnostik, Wärmehaushalt
- 6 Lumineszenz und ihre Anwendungen
- 7 Laser. Entstehung, Lasertypen, Anwendungen
- 8 Medizinische Signalverarbeitung
- 9 Neue Methoden in der Mikroskopie
- 10 Biologische Wirkungen des Lichtes. Medizinische Anwendungen
- 11 Erzeugung und Eigenschaften der Röntgenstrahlen. Wechselwirkung zwischen Röntgenstrahlung und Materie
- 12 Physikalische Grundlagen der Röntgendiagnostik. Summationsbild, zahnärztliche Röntgen-Methoden, CT
- 13 Physikalische Grundlagen der Nuklearmedizin. Radioaktivität und Kernstrahlungen. Alpha-Zerfall, Beta-Zerfall, Gamma-Strahlung
- 14 Nuklearmedizinische Verfahren. Radiopharmaka, Tracermethode

4

Thematik der Vorlesungen, Frühlingssemester

- 1 Dosimetrie der ionisierenden Strahlungen. Dosisbegriffe
- 2 Dosimetrie der ionisierenden Strahlungen. Dosismessung. Strahlentherapie
- 3 Grundlagen der Sonographie. Charakteristiken und Erzeugung von Ultraschall
- 4 Grundprinzip der Sonographie, Bilderstellung, Doppler-Technik
- 5 Impulsgeneratoren, Wärmetherapie
- 6 Sensorische Funktionen. Gehör und Audiometrie
- 7 Grundlagen der MRI Grundprinzip, Messtechnik und Anwendungsgebiete
- 8 Transportprozesse. Strömung von Flüssigkeiten und Gasen
- 9 Transportprozesse, Diffusion
- 10 Wärmetransport, elektrischer Ladungstransport, Onsager-Gesetz
- 11 Grundlagen der Erregungsprozesse. Ruhepotential
- 12 Erregungsprozesse. Aktionspotential. Elektrische Methoden in der Medizin
- 13 Biostatistik 1: Deskriptive Statistik
- 14 Biostatistik 2: Hypothesenprüfungen

5

Praktika

INHALTSVERZEICHNIS

TITEL	UNTERTITEL
1. EINLEITUNG	Inhaltsverzeichnis, Allgemeine Hinweise, Musterprotokoll
2. MIKROSKOPIE I.	Optische Grundlagen, Bilderzeugung
3. MIKROSKOPIE II.	Spezielle Lichtmikroskope, Auflösungsvermögen, Kontrast
4. REFRAKTOMETRIE	Konzentrationsbestimmung mit dem Refraktometer
5. LICHEMISSION	Emissionsspektroskopie, Untersuchung der Emissionsspektren von Lichtquellen
6. LICHTABSORPTION	Physikalische Grundlagen der Spektrophotometrie, Untersuchung des Absorptionsspektrums von komplexen Lösungen
7. POLARIMETRIE	Untersuchung der optischen Aktivität
8. DIE OPTIK DES AUGES	Die Optik des Auges
9. NUKLEARE GRUNDMESSUNG	Grundlagen der nuklearmedizinischen Messtechnik
10. GAMMA-ABSORPTION	γ -Strahlungsabsorption, Strahlenschutz
11. GAMMA-ENERGIE	γ -Energiebestimmung als Grundlage der Doppelisotopmarkierung
12. ISOTOPENDIAGNOSTIK	Bestimmte physikalische Probleme der Isotopendiagnostik
13. RÖNTGEN	Herstellung und Absorption der Röntgenstrahlung
14. RÖNTGEN-CT	Grundlagen der Röntgendiagnostik Das Prinzip der computerisierten Röntgentomographie (CT)
15. DOSIMETRIE	Messtechnische Grundlagen der Dosimetrie und des Strahlenschutzes
16. UV-DOSIMETRIE	Messung der biologisch wirksamen Dosis von Ultraviolettstrahlung

6

17. MESSTECHNIK	Anwendung analoger und digitaler Messgeräte
18. VERSTÄRKER	Untersuchung der Charakteristiken eines elektrischen Verstärkers
19. SINUSOSZILLATOR	Herstellung von Hochfrequenz-Schwingungen, medizinische Anwendungen
20. ULTRASCHALL	Diagnostische und therapeutische Anwendungen des Ultraschalls
21. RESONANZ	Elastizität, Schwingungen, Resonanz, Grundlagen der Rasterkraftmikroskopie
22. IMPULSGENERATOR	Herstellung von Rechteckimpulsen, Impulszählung
23. COULTER-ZÄHLER	Elektronische Zählung der Blutzellen
24. HAUTIMPEDANZ	Bestimmung der Hautimpedanz
25. AUDIOMETRIE	Physikalische Grundlagen der Audiometrie, Aufnahme der individuellen Hörschwellenkurve
26. SENSOR	Modellierung der Sensorfunktion (Lichtwahrnehmung), Kontrolle des Stevens-Gesetzes mit Lautstärkemessungen
27. EKG	Physikalische Grundlagen der Elektrokardiographie
28. STRÖMUNG	Flüssigkeitsströmung in starrwandigen Röhren und im Blutgefäßsystem
29. DIFFUSION	Transportprozesse; Bestimmung des Diffusionskoeffizienten
30. ANHANG	Griechisches Alphabet, Einheiten und Vorsätze, Physikalische Konstanten und Daten, Sicherheitsvorschriften in Laboratorien, mm-Papier

7

<http://biofiz.semmelweis.hu/>

■ <https://biofiz.semmelweis.hu/index.php?ip=oktatas&omid=2>

Semmelweis Universität | Zentrallbibliothek | Neptun | Webmail

Feedback | Dokumente | HU | EN

Insitut für Biophysik und Strahlenbiologie
Semmelweis Universität - Medizinische Fakultät

STARTSEITE | **UNTERRICHT** | FORSCHUNG | DIENSTLEISTUNGEN | MITARBEITER | KONTAKT

UNTERRICHT

FAKULTÄT FÜR MEDIZIN

Excel Crashkurs 2023

Grundlagen der medizinischen Biophysik (Wahlfach)

Medizinische Anwendung von Modellmembranen (Liposomen) (Wahlfach)

Medizinische Biophysik I.

Medizinische Statistik, Informatik und Telemedizin

Medizinische-biophysische Aspekte der radiologischen Unfälle

OMHV Handlungsplan (MIR)

Praktika für Biophysik

Tutorenarbeit

FAKULTÄT FÜR ZAHNHEILKUNDE

Biophysik I.

Excel Crashkurs 2023

Grundlagen der medizinischen Biophysik (Wahlfach)

Medizinische Anwendung von Modellmembranen (Liposomen) (Wahlfach)

OMHV Handlungsplan (MIR)

Physikalische Grundlagen der Zahnärztlichen Materialwissenschaft

Praktika für Biophysik

Tutorenarbeit

FAKULTÄT FÜR PHARMAZIE

POSTGRADUALE (PHD-) UND FACHARTZTBILDUNG

Akt
Akt

8

Semmelweis Universität | Zentralbibliothek | Neptun | Webmail

Insitut für Biophysik und Strahlenbiologie
Semmelweis Universität - Medizinische Fakultät

Feedback | Dokumente | HU | EN

STARTSEITE | **UNTERRICHT** | FORSCHUNG | DIENSTLEISTUNGEN | MITARBEITER | KONTAKT

BIOPHYSIK I. 2023-2024

Beschreibung | Vorlesungen | Prüfung | Studienwettbewerb | **Hausaufgaben**

Hausaufgaben

- Aufgabensammlung 2015
- Biophysik Formelsammlung
- Biostatistik Formelsammlung

Die Aufgaben, wenn nicht anders angegeben, beziehen sich auf die Aufgabensammlung 2015.

Woche: 1 zum Vorlesungstoff zum Praktikumsstoff

1. (aus dem Statistikteil des Praktikumbuches)

9

Strahlung: Energie wird transportiert

$$1 \text{ eV (Elektronenvolt)} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot \text{V}$$

Energie (gesamte Energie), E

$$[E] = \text{J (Joule)}$$

Energiestrom = **Leistung**

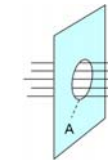
$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

$$[P] = \text{W (Watt)}$$

ΔE : die transportierte Energie während der Zeitspanne Δt

Energiestromdichte = Leistungsdichte = **Intensität**

$$[J] = \text{W/m}^2$$

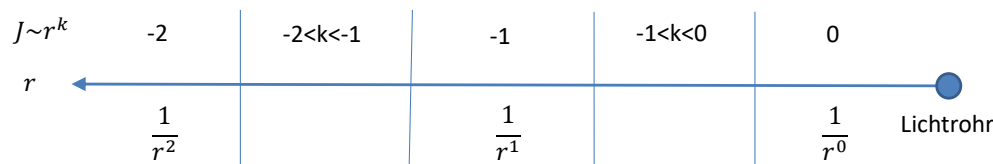
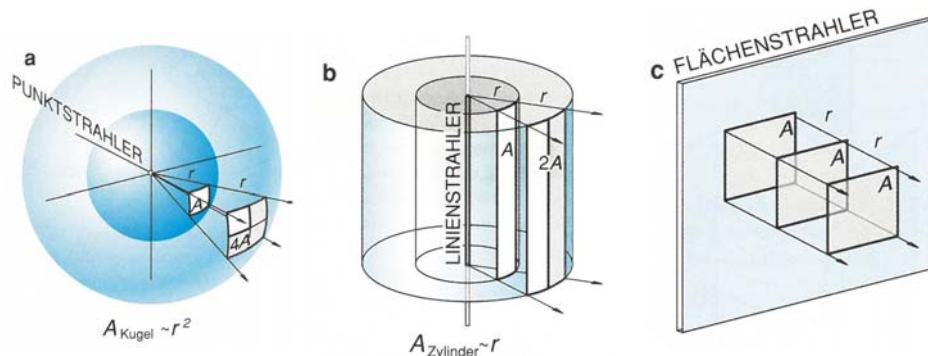


$$J = \frac{P}{A} = \frac{1}{A} \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

A : die Fläche (senkrecht zur Richtung der Strahlung)

10

Abstandsabhängigkeit der Intensität für Strahlungsquellen unterschiedlicher Geometrie



Wie hoch ist die normale Pulsfrequenz (einer Population)?

Merkmal: Pulsfrequenz

zufällige Erhebung einiger

Elementen der Population: **Stichprobe**

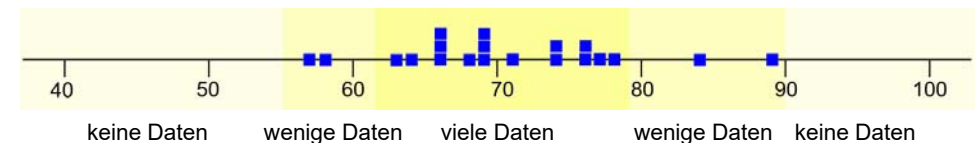
Daten der Stichprobe liegen in Form einer Urliste vor:

66, 56, 89, 63, 66, 69, 71, 68, 58, 69, 78, 66, 64, 84, 74, 76, 69, 77, 74, 76 (Einheit: 1/Min),
oder:

66	56	89	63	66	69	71	68	58	69
78	66	64	84	74	76	69	77	74	76

„Die Werte sollen **geordnet** und **verdichtet** werden.“ !?

Stellen wir die Daten entlang einer Zahlengeraden dar!



Verfeinern wir die Klassen noch weiter!

Unterteilen wir die Zahlengerade in gleich breite Klassen (Intervalle) und zählen wir ab, wie viele Daten sich in den so erhaltenen **Klassen** befinden!

KLASSENGRENZEN	HÄUFIGKEIT
$55 \leq x_i < 60$	2
$60 \leq x_i < 65$	2
$65 \leq x_i < 70$	7
$70 \leq x_i < 75$	3
$75 \leq x_i < 80$	4
$80 \leq x_i < 85$	1
$85 \leq x_i < 90$	1
insgesamt:	$n = 20$

in Excel:

=frequency(...)

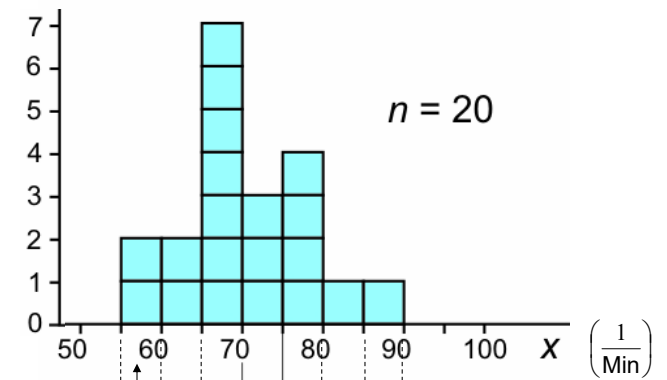
=Häufigkeit(...)

Die Grenzwerte und die Breiten der Klassen sind willkürlich. Stellen wir diese Treppenfunktion dar!

Häufigkeitsdichte

$$\frac{\Delta n}{\Delta x}$$

$$\left(\frac{1}{5 \frac{1}{\text{Min}}} \right) = \left(\frac{\text{Min}}{5} \right)$$



Die Fläche unter der Treppenfunktion zwischen 55 und 60:

$$5 \frac{1}{\text{Min}} \cdot 2 \frac{\text{Min}}{5} = 2$$

Die Gesamtfläche unter der Treppenfunktion: $20 = n$,

Anzahl der Messdaten in der Stichprobe

KLASSENGRENZEN	HÄUFIGKEIT
$55 \leq x_i < 60$	2
$60 \leq x_i < 65$	2
$65 \leq x_i < 70$	7
$70 \leq x_i < 75$	3
$75 \leq x_i < 80$	4
$80 \leq x_i < 85$	1
$85 \leq x_i < 90$	1
insgesamt:	$n = 20$

$$\frac{\Delta n}{\Delta x} \left(\frac{\text{Min}}{5} \right)$$

absolute

**Häufigkeitsdichte-
verteilung**

$$\frac{1}{n} \frac{\Delta n}{\Delta x} \left(\frac{1 \text{ Min}}{20 \cdot 5} \right)$$

relative

Fläche unter der Kurve:

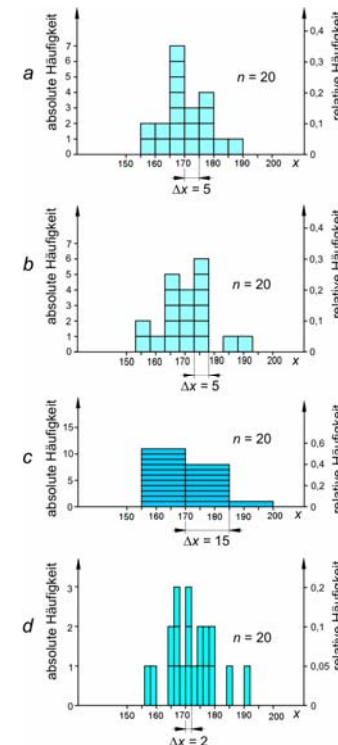
n

Fläche unter der Kurve:

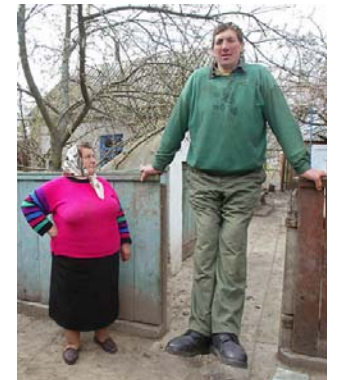
$$\frac{1}{n} n = 1 = 100\%$$

**absolute
Häufigkeits-
dichte
(Histogramm)**

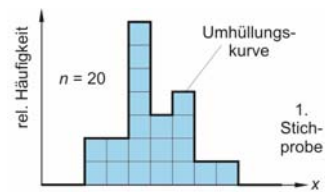
**relative
Häufigkeits-
dichte
(Histogramm)**



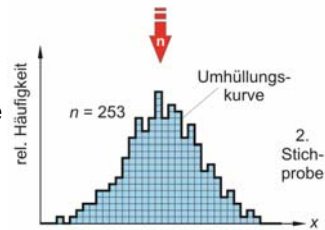
„Jedes Rechteck entspricht einem Messwert.“



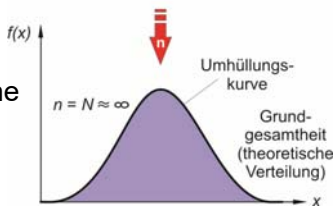
empirische
Funktion



empirische
Funktion



theoretische
Funktion



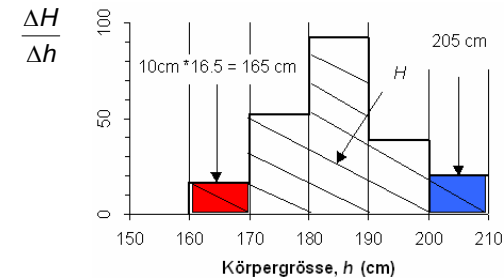
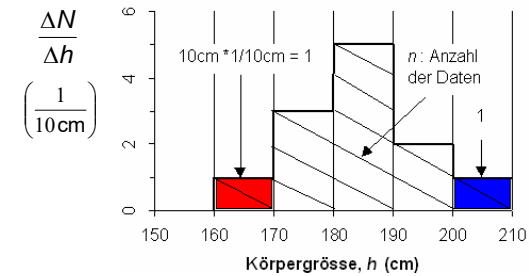
n vergrößert sich,
die Klassenbreite Δx kann
verkleinert werden

Bei großen Stichproben ergibt die
empirische Verteilungsfunktion
eine sehr gute Näherung der
theoretischen Verteilungsfunktion.
(Die Stichprobe ist „gleich“ der
Grundgesamtheit.)

17

Pr.Buch Stat Abb. 6

Häufigkeitsverteilung



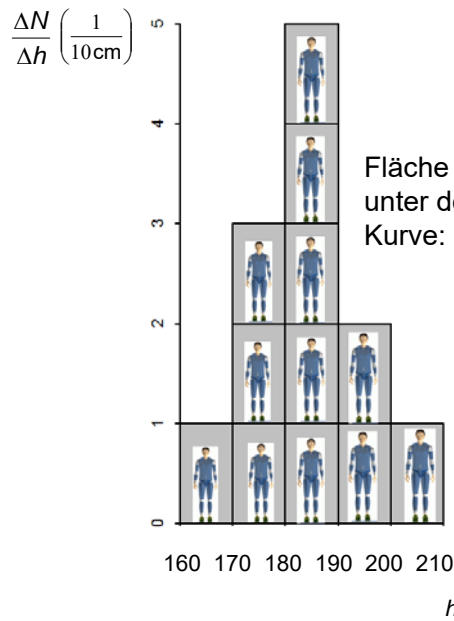
h : Körperhöhe
 H : kollektive Höhe,
Gesamthöhe,
Gruppenhöhe



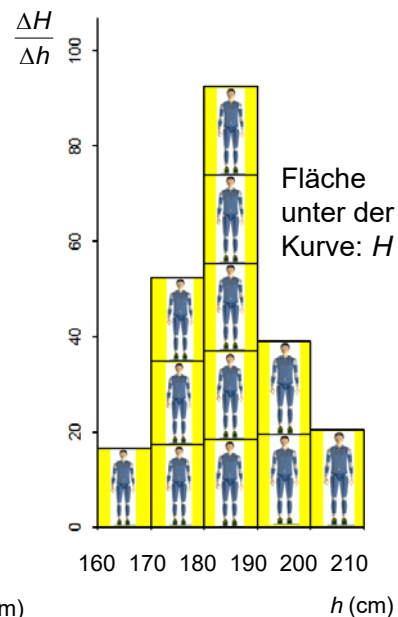
18

Spektrum als spezielle Häufigkeitsverteilung

Häufigkeitsdichte



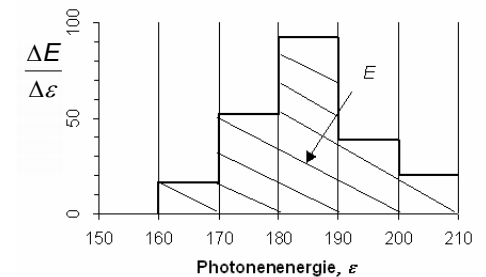
Spektrum



19

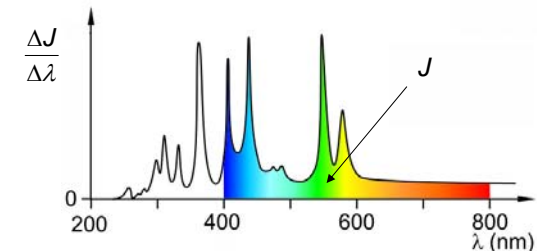
Emissionsspektrum:

wie sich die gesamte
emittierte Energie auf
die Photonenenergien
verteilt



charakteristische Größe
des Energietransports:
Intensität

Benützung der
Wellenlänge ist
bequemer als die der
Photonenenergie



Rechenaufgabe 2.118: $2.6 \cdot 10^{21} \cdot 1 \text{ eV} = 2.6 \cdot 10^{17} \cdot 10^4 \text{ eV}$

20

Einteilung der Spektren nach ihrem Aussehen

Kontinuierliche Spektren: das Spektrum umfasst den gesamten Wellenlängenbereich ohne Lücken

Linienpektren: das Spektrum besteht aus einzelnen scharf begrenzten Linien.

Bandenspektren: ein Bandenspektrum ist ein Linienpektrum, bei dem die Linien so dicht gehäuft auftreten, dass sie als Banden erscheinen.

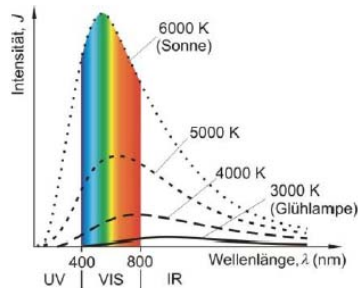


Abb. 2. Das kontinuierliche Spektrum der Temperaturstrahlung ist stark temperaturabhängig

Pr. Buch: Emissionsspektroskopie

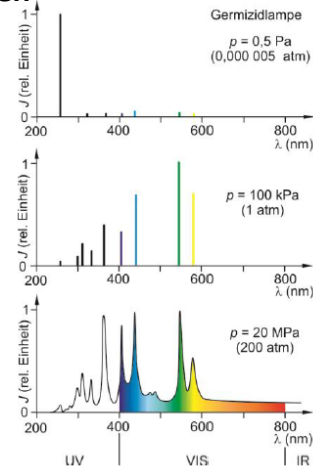
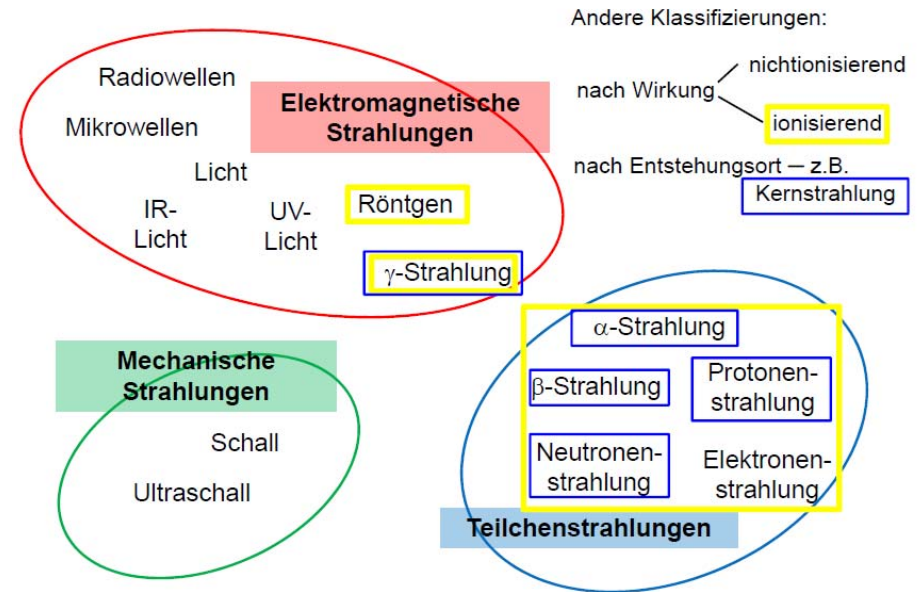


Abb. 6. Spektren von Niederdruck-, Hochdruck- und Höchstdruck-Quecksilberdampfampfen. Man beachte, dass die Spektrallinien mit zunehmendem Druck an Zahl zunehmen bzw. sich zu Banden verbreitern!

21

Klassifizierung der Strahlungen



22

Experimente (z. B. Brechung) – Licht verhält sich wie eine Welle

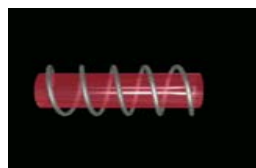
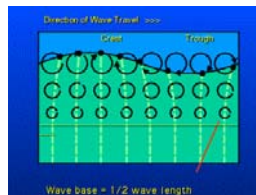
Experimente (z. B. Photoeffekt) – Licht besteht aus Teilchen (Quanten)

Exakt: Quantenfeldtheorie

Annäherungsmöglichkeiten (Modelle):

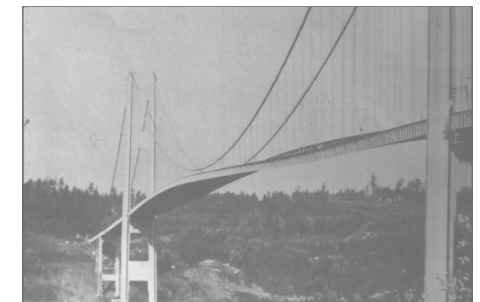
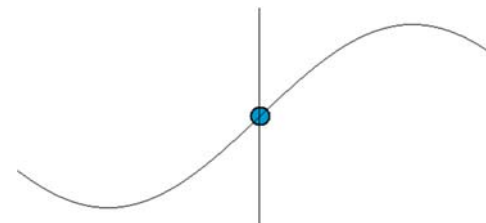
- **Wellenmodell** (Wellenoptik)
- **Quantenmodell** (Quantenoptik, Photonentheorie)

(Welle-Teilchen-Dualismus)



23

Schwingung



periodische Bewegungen: Schwingung und Welle

Schwingungsbewegung, "nur" zeitliche Periodizität

- zeitliche Periode, Periodenzeit, Schwingungsdauer, T
- Kehrwert: $1/T=f$, Frequenz

$$u(t) = u_{\max} \sin[2\pi(t/T)] = u_{\max} \sin[2\pi f t] = u_{\max} \sin[\omega t]$$

u_{\max} : Amplitude

[...]: Phase

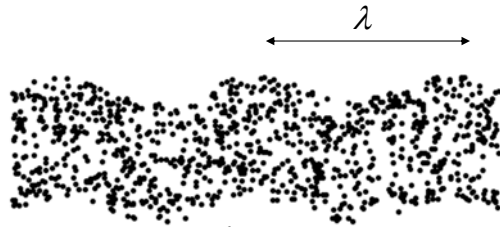
$\omega=2\pi f$: Kreisfrequenz

24

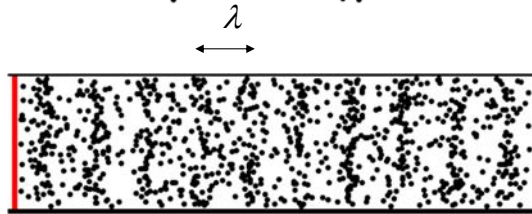
Wellenbewegung

Ausbreitung eines Schwingungszustandes in einem schwingungsfähigen Medium (räumlich und zeitlich periodischer Vorgang).

transversale Welle:



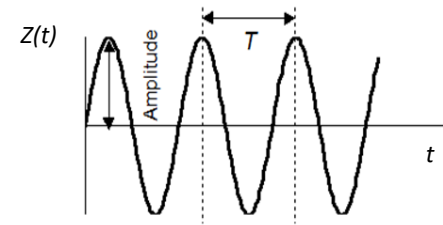
longitudinale Welle:



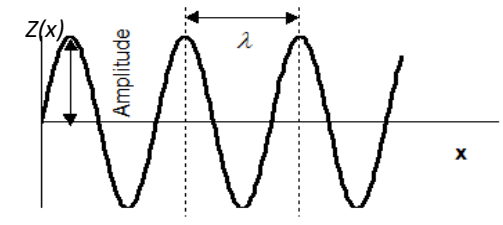
25

Zeitliche und räumliche Periodizität

räumlicher Punkt ist fixiert



zeitlicher Punkt ist fixiert



$Z(t,x)$: Dichte oder Druck bei mechanischen Wellen (Schallwellen), E und B bei elektromagnetischen Wellen

Interferenz: Überlagerung von Wellen

Um eine dauernde Interferenz zu erhalten, müssen die Wellen dieselbe Phase (Beziehung) zueinander behalten

– **Kohärenz**

26

Wellengleichung

$$u(x,t) = u_{\max} \sin \left[2\pi \frac{t}{T} - 2\pi \frac{x}{\lambda} \right]$$

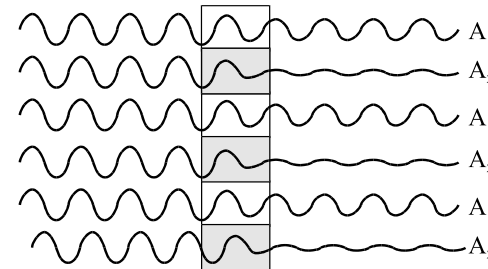
Amplitude Phase

$$(vt = s \leftrightarrow) \quad \boxed{cT = \lambda} \Rightarrow \lambda f = c$$

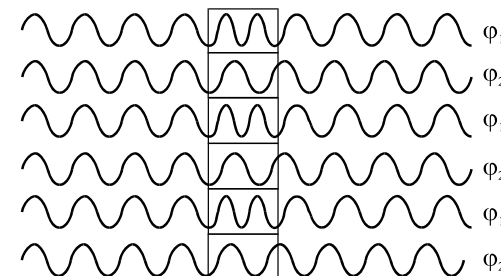
Fortpflanzungsgeschwindigkeit mal die zeitliche Periode ergibt die räumliche Periode

27

Amplitudengitter



Phasengitter



$$u(x,t) = u_{\max} \sin[\varphi(x,t)]$$

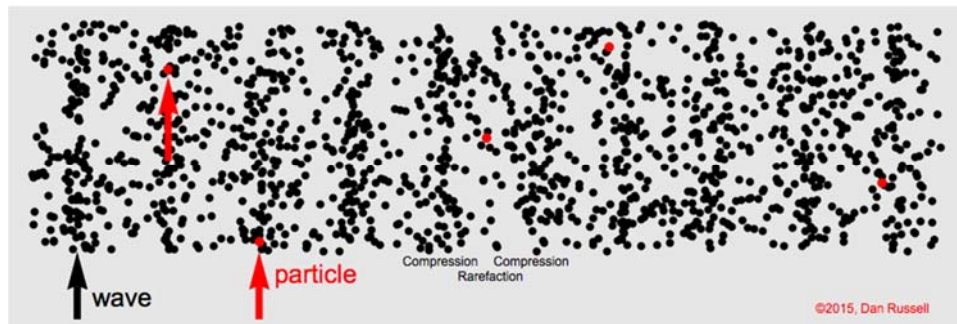
u_{\max} : Amplitude

$$\varphi(x,t) = 2\pi \frac{t}{T} - 2\pi \frac{x}{\lambda}$$

(Wellen-)Phase

28

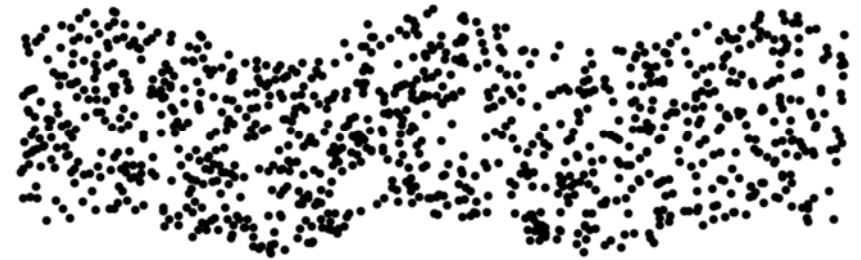
longitudinale Welle



die Schwingungsrichtung verläuft parallel zur Ausbreitungsrichtung
die Teilchen bleiben in ihrer eigenen Umgebung

29

transversale Welle



die Schwingungsrichtung steht senkrecht zur Ausbreitungsrichtung

30

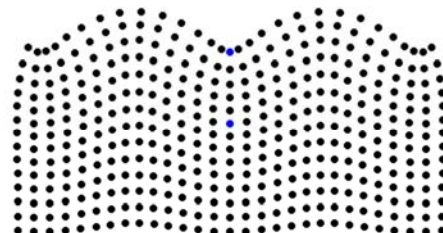
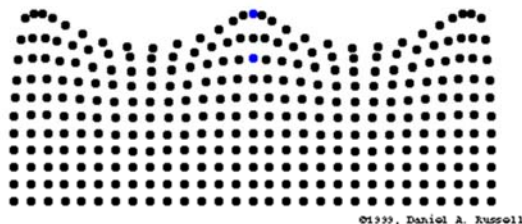
longitudinale Welle

transversale Welle



Oberflächenwelle

Rayleigh Welle



31

Energie, Leistung, Intensität
Punkt-strahler, Linien-, Flächen-
Häufigkeitsverteilung, absolute u. relative
Spektrum, kont., Banden-, Linien-
EM Welle, mechanische Welle, Teilchenstrahlungen
Kernstrahlungen, ionisierende/nicht- Strahlungen
Wellenmodell, Quantenmodell
Schwingungs-, Wellen-bewegung, Interferenz, (Kohärenz)
Amplitude, Phase; Amplitudenobjekt, Phasenobjekt; Amplitudengitter, Phasengitter
longitudinale Welle, transversale Welle

32