

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

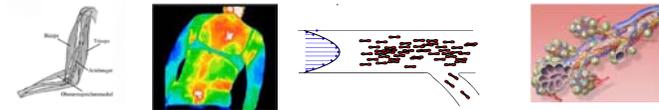


kaposi.andras@med.semmelweis-univ.hu

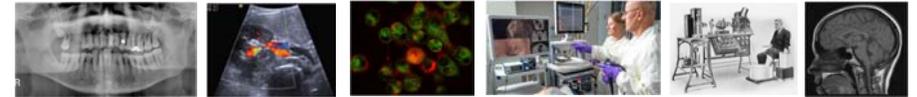
KAD 2021.09.07

Physik in der (Zahn-)Medizin

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



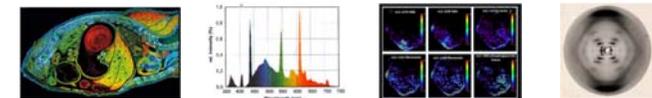
Diagnostik: Röntgendiagnostik, Sonographie, optische Tomographie, Endoskopie, EKG, MRI, ...



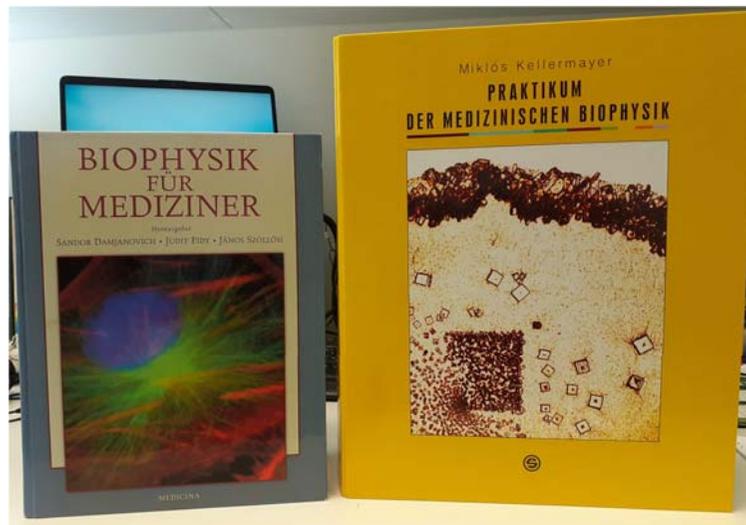
Therapie: Phototherapie, Laserchirurgie, Gamma-Messer, Nierensteinzertümmung, ...



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



Lehrbuch und Praktikumsbuch



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

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 Temperaturstrahlung, IR-Diagnostik, Wärmehaushalt, Polarisation
- 5 Auflösungsgrenze, Lichtstreuung, Lichtabsorption
- 6 Lumineszenz und ihre Anwendungen
- 7 Laser. Entstehung, Lasertypen, Anwendungen
- 8 Neue Methoden in der Mikroskopie
- 9 Biologische Wirkungen des Lichtes. Medizinische Anwendungen
- 10 Erzeugung und Eigenschaften der Röntgenstrahlen. Wechselwirkung zwischen Röntgenstrahlung und Materie
- 11 Physikalische Grundlagen der Röntgendiagnostik. Summationsbild, zahnärztliche Röntgen-Methoden, CT
- 12 Physikalische Grundlagen der Nuklearmedizin. Radioaktivität und Kernstrahlungen. Alpha-Zerfall, Beta-Zerfall, Gamma-Strahlung
- 13 Nuklearmedizinische Verfahren. Radiopharmaka, Tracermethode
- 14 Medizinische Signalverarbeitung

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

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 Doppelsotopmarkierung
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

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. REZONANZ	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

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

biofiz.semmelweis.hu

Semmelweis Egyetem | Könyvtár | Nyitány | Telefonszolgálat | Intézet | SE hírek | Webmail

Feedback | Dokumentumtár | Adatvédelem

Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet
Semmelweis Egyetem - Általános Orvostudományi Kar

Kezdőlapp | Oktatás | Kutatás | Szolgáltatás | Munkatársak | Elérhetőségek



Hírek és események

Irodalom
Semmi sem halál bennünk annyira a végelenség érzését, mint a butaság. Ödön von Horváth: Mese a bicci erdő

Nemzeti Szivprogram záró sajtóhíre
<https://semmelweis.hu/hirek/2020/12/08/nemzeti-szivprogram-jelentes-elorelepek-az-izkemias-szivbetegseg-es-a-szivlagtelenseg-grogotasa-terem/>

Az Intézet története
Alapítva 1948-ban

Az intézet helyenként csak részt a Semmelweis Egyetem magas színvonalú oktatási, kutatási és szolgáltatói tevékenységében. Oktatási tevékenység az egyes karok igényeinek megfelelő fizika, biológia, statisztika, informatika és közgazdasági alapképzés. Az intézet kutatási tevékenységét elsősorban a molekuláris és celluláris biológia, a nanobiofizika és nanomedicina, illetve a sugárbiológia területei érinti. A kutatási célokat modern műszerpark és módszertani paletta segíti, amely szolgáltatásukon az intézet munkatársainak kiváló lehetőségeket kínál a nemzetközileg is ismert és elismert kutatók számára. A Semmelweis Nanobiofizika és Sugárbiológia és In Vivo Központok központjában, amely szellemi és anyagi, alkalmazott és transzlációs kutatásokat szolgál.

Semmelweis Egyetem AOK
Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet
1094 Budapest, IX. Tübbé u. 37-47.
Postai cím: 1498 Budapest, PC 1-1
1085 Budapest, Tübbé út 24.
Telefon: +36 1 459 1300
Fax: +36 1 266 6656
Email: biofizika@ok.seme.hu

biofiz.semmelweis.hu/index.php?prickatata&mid=2

Semmelweis Universität | Zentrallbibliothek | Neptun | Webmail

Feedback | Dokumente

Insitut für Biophysik und Strahlenbiologie
Semmelweis Universität - Medizinische Fakultät

Startseite | **Unterricht** | Forschung | Dienstleistungen | Mitarbeiter | Kontakt

Unterricht

Fakultät für Medizin

- Einführung in die klinische Biostatistik - Wahlfach
- Grundlagen der Biostatistik und Informatik
- Grundlagen der medizinischen Biophysik (Wahlfach)
- Konsultation
- Medizinische Anwendung von Modellmembranen (Liposomen) (Wahlfach)
- Medizinische bildgebende Verfahren
- Medizinische Biophysik I.
- Medizinische Biophysik II.
- Praktika für Biophysik
- Tutorarbeit

Fakultät für Zahnheilkunde

- Biophysik I.
- Biophysik II.
- Grundlagen der medizinischen Biophysik (Wahlfach)
- Konsultation
- Medizinische Anwendung von Modellmembranen (Liposomen) (Wahlfach)
- Physikalische Grundlagen der Zahnärztlichen Materialwissenschaft
- Praktika für Biophysik
- Tutorarbeit

Strahlung: Energie wird transportiert

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

Energie (gesamte Energie), E

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

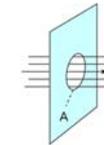
Energiestrom = **Leistung**

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

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

ΔE : die transportierte Energie während der Zeitspanne Δt

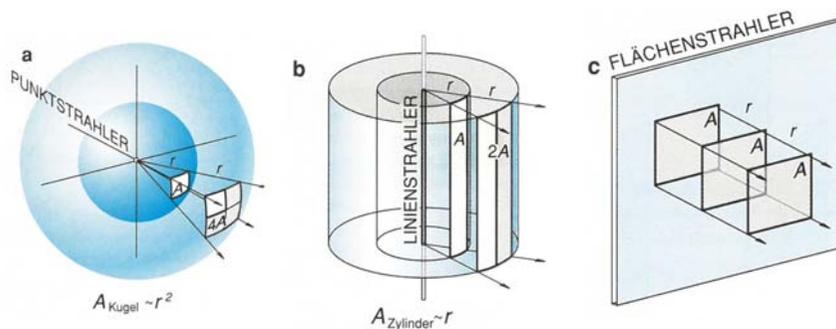
Energiestromdichte = Leistungsdichte = **Intensität** $[J] = \text{W/m}^2$



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

A: die Fläche (senkrecht zur Richtung der Strahlung)

Abstandsabhängigkeit der Intensität für Strahlungsquellen unterschiedlicher Geometrie



Lehrbuch, Abb. II.5.

Wie hoch ist die normale Pulsfrequenz (einer Population)?

Merkmal: Pulsfrequenz

zufällige Erhebung einiger

Elementen der Population: **Stichprobe**

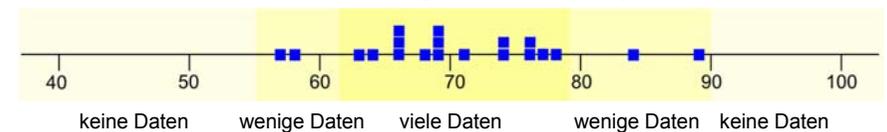
Daten der Stichprobe liegen in Form einer Urliste vor:

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:

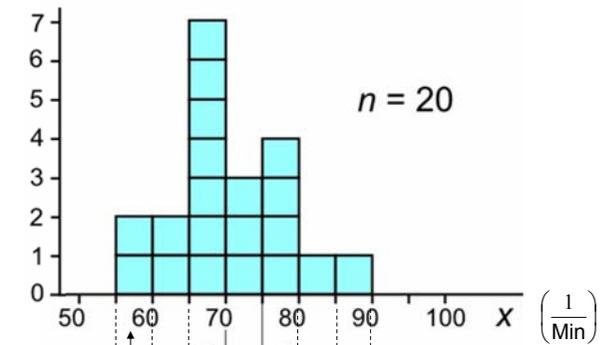
=frequency(...)
=Häufigkeit(...)

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: $20 = n$,

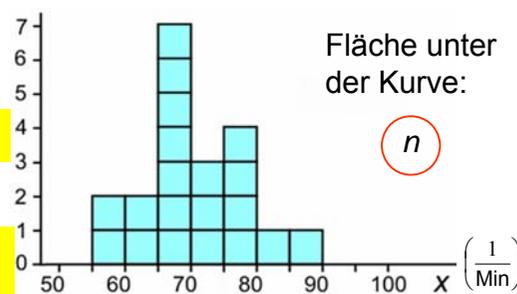
Anzahl der Messdaten in der Stichprobe

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**

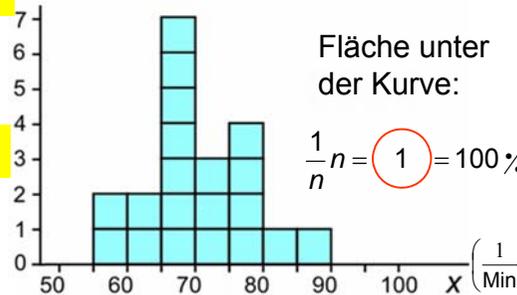


Fläche unter der Kurve:

$$n$$

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

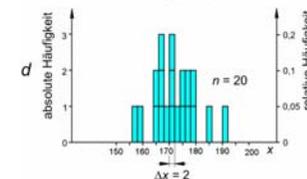
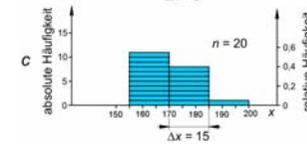
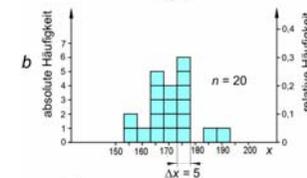
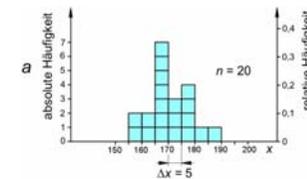
relative



Fläche unter der Kurve:

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

**absolute
Häufigkeits-
dichte
(Histogramm)**

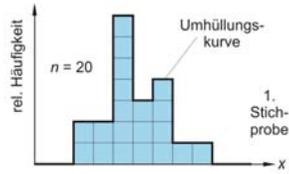


**relative
Häufigkeits-
dichte
(Histogramm)**

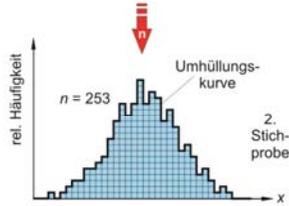
„Jedes Rechteck entspricht einem Messwert.“



empirische Funktion

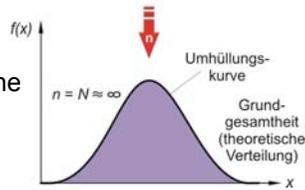


empirische Funktion



n vergrößert sich, die Klassenbreite Δx kann verkleinert werden

theoretische Funktion

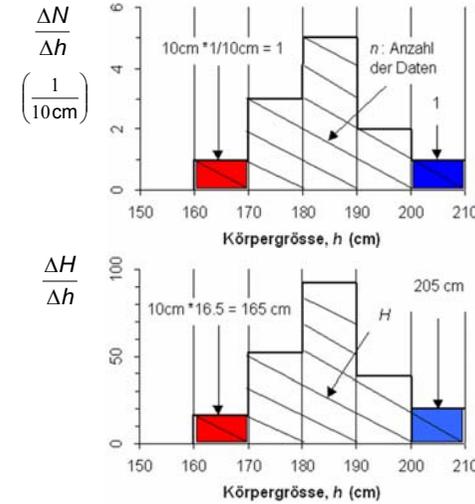


Bei großen Stichproben ergibt die empirische Verteilungsfunktion eine sehr gute Näherung der theoretischen Verteilungsfunktion. (Die Stichprobe ist „gleich“ der Grundgesamtheit.)

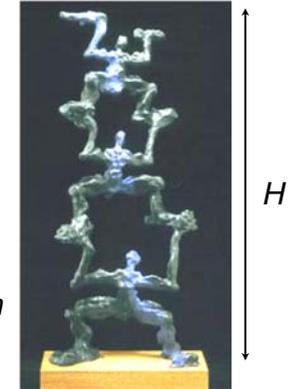
17

Pr.Buch Stat Abb. 6

Häufigkeitsverteilung



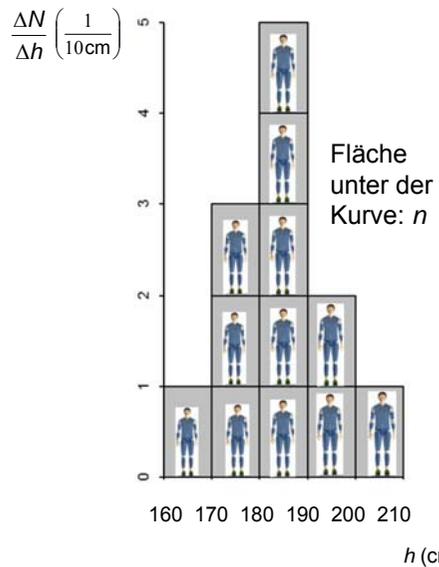
h: Körperhöhe
H: kollektive Höhe, Gesamthöhe



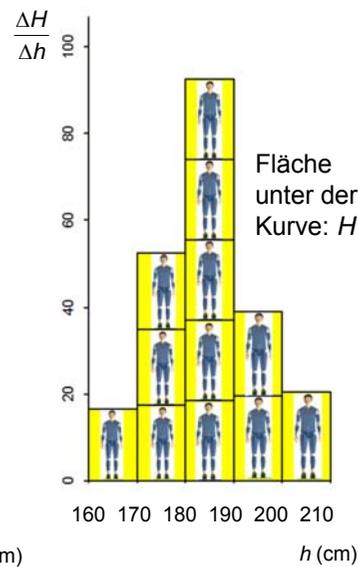
Spektrum als eine spezielle Häufigkeitsverteilung

18

Häufigkeitsdichte



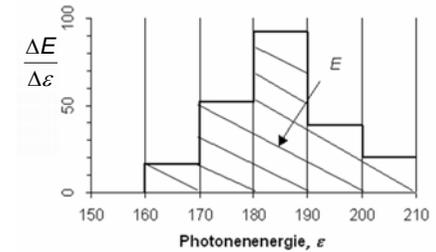
Spektrum



19

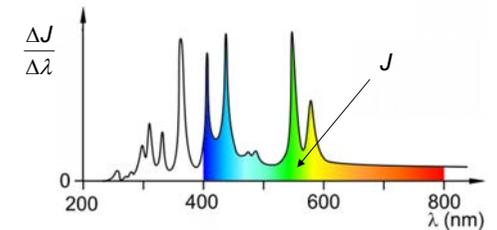
Emissionsspektrum:

wie verteilt sich die emittierte Energie über die Photonenenergien



charakteristische Größe des Energietransports:
Intensität

Benützung der **Wellenlänge** ist bequemer als die der Photonenenergie



Rechenaufgabe 43: $2.6 \cdot 10^{21} \cdot 1\text{eV} = 2.6 \cdot 10^{17} \cdot 10^4 \text{ eV}$

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.

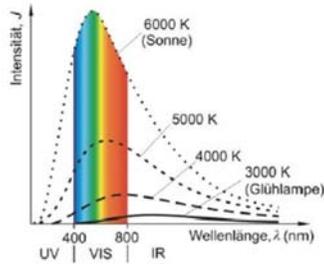


Abb. 2. Das kontinuierliche Spektrum der Temperaturstrahlung ist stark temperaturabhängig

Pr. Buch: Emissionsspektroskopie

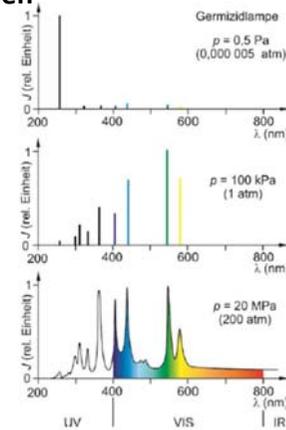
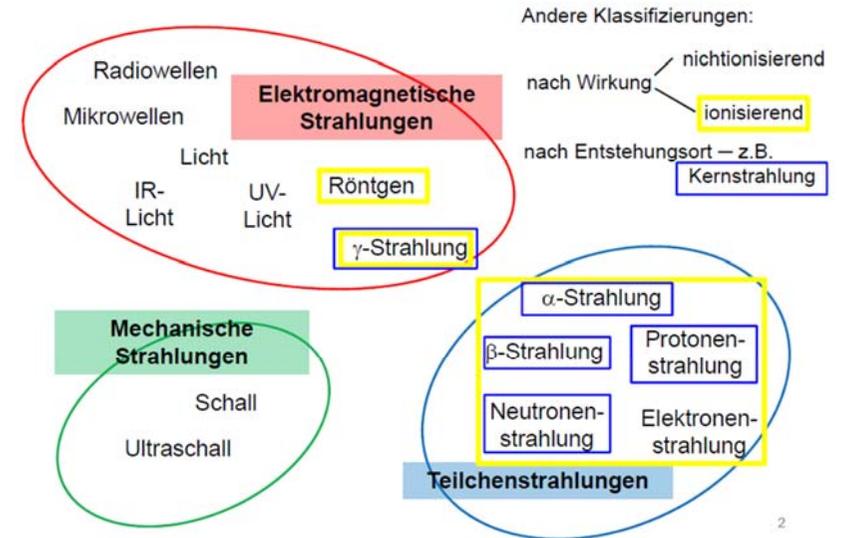


Abb. 6. Spektren von Niederdruck-, Hochdruck- und Höchstdruck-Quecksilberdampfampfen. Man beachte, dass die Spektrallinien mit zunehmendem Druck an Zahl zunehmen bzw. sich zu Banden verbreitern!

Klassifizierung der Strahlungen



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

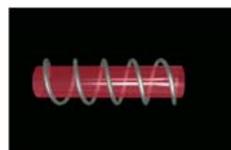
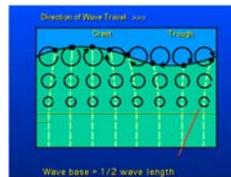
Experimente (z. B. Photoeffekt) – Licht besteht aus Teilchen (Quanten)

Exakt: Quantenfeldtheorie

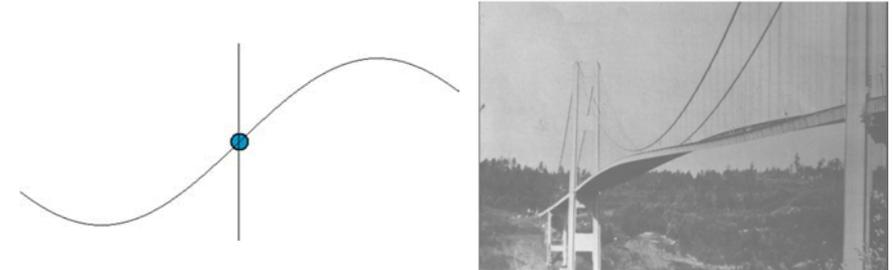
Annäherungsmöglichkeiten (Modelle):

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

(Welle-Teilchen-Dualismus)



Schwingung



periodische Bewegungen: Schwingung und Welle

Schwingungsbewegung, "nur" zeitliche Periodizität

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

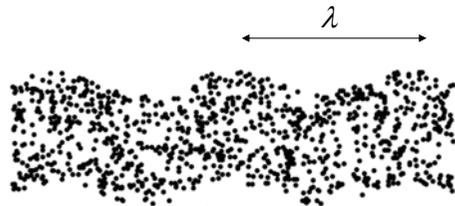
$$u(t) = u_{\max} \sin[2\pi(t/T)] = u_{\max} \sin[2\pi ft] = u_{\max} \sin[\omega t]$$

u_{\max} : Amplitude [...]: Phase ω : Kreisfrequenz

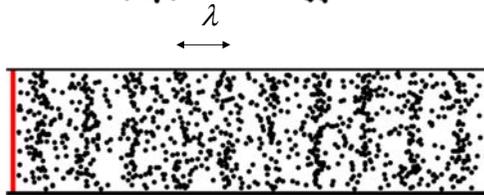
Wellenbewegung

Ausbreitung eines Schwingungszustandes in einem schwingungsfähigen Medium. Räumlich und zeitlich periodischer Vorgang.

transversale Welle:



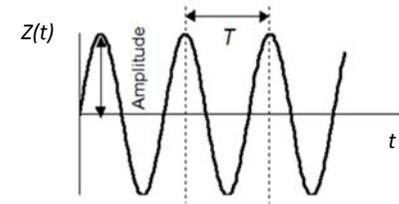
longitudinale Welle:



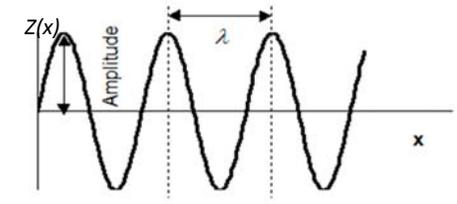
25

Zeitliche und räumliche Periodizität

räumlicher Punkt fixiert



zeitlicher Punkt fixiert



$Z(t,x)$: Dichte oder Druck bei mechanischen Wellen,
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

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

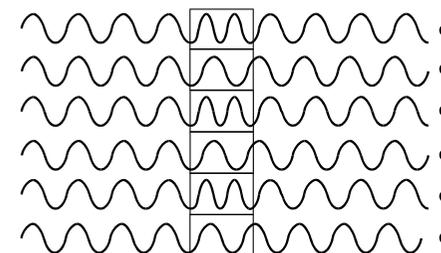
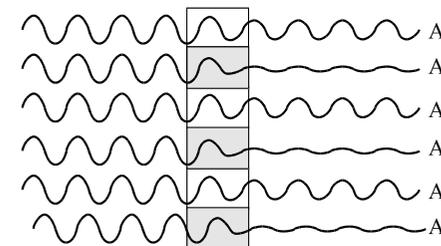
Amplitude
Phase
↓
↓

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

Fortpflanzungsgeschwindigkeit
mal die zeitliche Periode gibt die
örtliche Periode

27

Amplitudengitter und Phasengitter



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

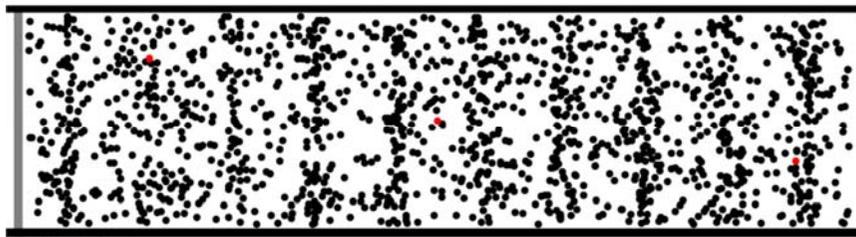
u_{\max} Amplitude

$$\begin{aligned} \varphi(x,t) &= \omega t - kx = \\ &= 2\pi \frac{t}{T} - 2\pi \frac{x}{\lambda} \end{aligned}$$

(Wellen-)Phase

28

longitudinale Welle

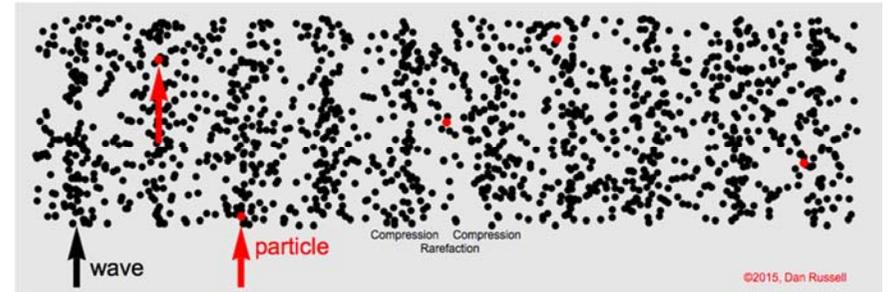


©2011, Dan Russell

bewegende Fläche (Wellenquelle)

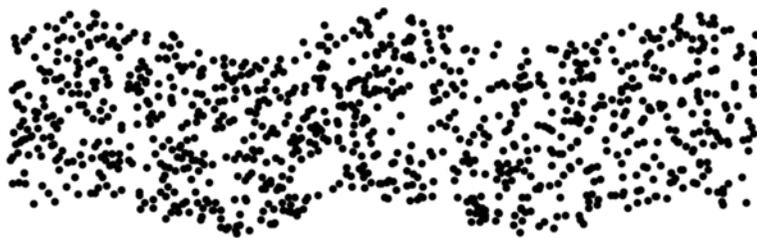
Schwingungsrichtung parallel zur Ausbreitungsrichtung

longitudinale Welle



die Teilchen bleiben in seiner Umgebung

transversale Welle



Schwingungsrichtung senkrecht zur Ausbreitungsrichtung

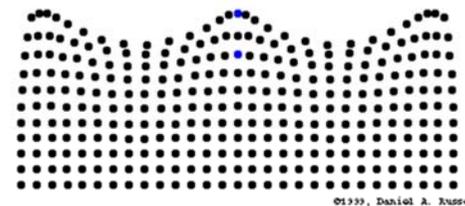
longitudinale Welle



transversale Welle



Oberflächenwelle



Rayleigh Welle

