

Klassische Physik 2

Elektrodynamik

SS2013

Johannes Blümer

VO1 16. April

KIT-Centrum Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik KCETA



1. Einführung

- 1.1. Was ist Physik?
- 1.2. Physikalische Größen und Einheiten
- 1.3. Messungen, Datenauswertung, Fehler

2. Klassische Mechanik

- 2.1. Kinematik der Massenpunkte
- 2.2. Dynamik der Massenpunkte
- 2.3. Systeme von Massenpunkten
- 2.4. Rotation

3. Gravitation

- 3.1. Gravitationsgesetz
- 3.2. Feld und Potential

3.3. Planetenbahnen: Kepler

3.4. Massenverteilungen

3.5. Dunkle Materie

4. Relativistische Mechanik

4.1. Bezugssysteme und Transformationen

4.2. Spezielle Relativitätstheorie

4.3. Relativistische Kinematik

5. Feste Körper und Flüssigkeiten

5.1. Feste Körper

5.2. Hydrostatik und Hydrodynamik

6. Schwingungen und Wellen

6.1. Schwingungen

6.2. Wellen

Überblick

Vorlesung

Übung

<http://www-ik.fzk.de/~kang/>

Aktuelle Informationen

- Tutoriums Anmeldung SS 2013: [Online-Anmeldung](#).



Prof. Dr. J. Blümer

Tel 0721 608 23545
[eMail](#)



Dr. Donghwa Kang

Tel 0721 608 23506
[eMail](#)

Überblick

- Veranstaltungsorte und Zeiten

[Vorlesung](#)

Di 11:30 bis 13:00 Gerthsen HS, Geb. 30.21

Do 9:45 bis 11:15 Gerthsen HS, Geb. 30.21

Sprechstunde zur
Vorlesung

Do Nach der
Vorlesung

[Übung](#)

Mi 8:00 bis 13:00 Verschiedene Räume (siehe [Einteilung in die Tutorien](#))

Semesterkalender

		KW	Di	Mi	Do	
	April	15	16		18	
	April	16	23	Ü	25	
	April/Mai	17	30	Ü	2	
	Mai	18	7	Ü	9 F	
	Mai	19	14	Ü	16	
	Mai	20	21	Ü	23	
	Mai/Juni	21	28	Ü	30 F	
	Juni	22	4	Ü	6	
	Juni	23	11v	Ü	13	
	Juni	24	18	Ü	20	
	Juni	25	25	Ü	27	
	Juli	26	2	Ü	4	
	Juli	27	9	Ü	11	
	Juli	28	16	Ü	18	

Schallwahrnehmung, Ohr

Intensität: mittlere Leistung, die durch eine Fläche A zur Ausbreitungsrichtung übertragen wird

$$I = \langle P \rangle / A \rightarrow \langle P \rangle / 4\pi r^2 \text{ im Abstand } r \text{ von einer}$$

$\langle \rangle$ über $t \gg T$ (ungestörte) Quelle

Ohr: beste Empfindlichkeit um $f \sim 1-2 \text{ kHz}$

$$I_{\min} \sim 10^{-12} \text{ W/m}^2 \quad \text{Hörschwelle}$$

$$I_{\max} \sim 1 \text{ W/m}^2 \quad \text{Schmerzgrenze}$$

Lautstärke (Weber-Fechner): logarithmisches Maß entspr. der Empfindung:

$$\beta = 10 \cdot \lg\left(\frac{I}{I_0}\right) \quad \text{"Dezibel", dB}$$

$$I_{\min}: \beta = 10 \cdot \lg \left(\frac{I = I_0}{I_0} \right) = 0 \text{ dB}$$

$$\text{Sprache } I \sim 10^6 I_0 \rightarrow 60 \text{ dB}$$

$$I_{\max} \quad \beta = 10 \cdot \lg \left(\frac{10^{12} I_0}{I_0} \right) = 120 \text{ dB}$$

Intensitäts-
verdoppelung
"alle 3 dB"

Dopplereffekt bei Schall, Medium: $c_0 = f_0 \cdot \lambda_0$
ruhend

① Sender/Quelle bewegt sich mit v_s [rel. zu Medium] auf
den Empfänger zu v_s pro "weg": v_{ZW}
 $v_s \rightarrow -v_s$

in Δt werden N Wellen(berge) erzeugt, $N = f_0 \cdot \Delta t$

in Δt bewegt sich die erste Wellenfront um $c_0 \cdot \Delta t$
 - " - Quelle $v_s \cdot \Delta t$

↪ eff. Wellenlänge für den Empfänger $\lambda_E = \frac{c_0 \Delta t - v_s \Delta t}{N}$
 $= \frac{c_0 \Delta t - v_s \Delta t}{f_0 \Delta t} = (c_0 - v_s) / f_0 \rightarrow f_E = \frac{c_0}{\lambda_E} = \dots = \frac{f_0}{1 - \frac{v_s}{c_0}}$

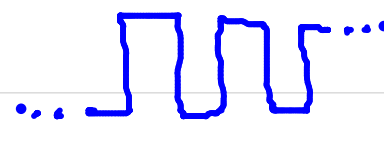
② Quelle ruht, Empfänger bewegt sich darauf zu
 λ ändert sich nicht $\rightarrow \lambda_0$

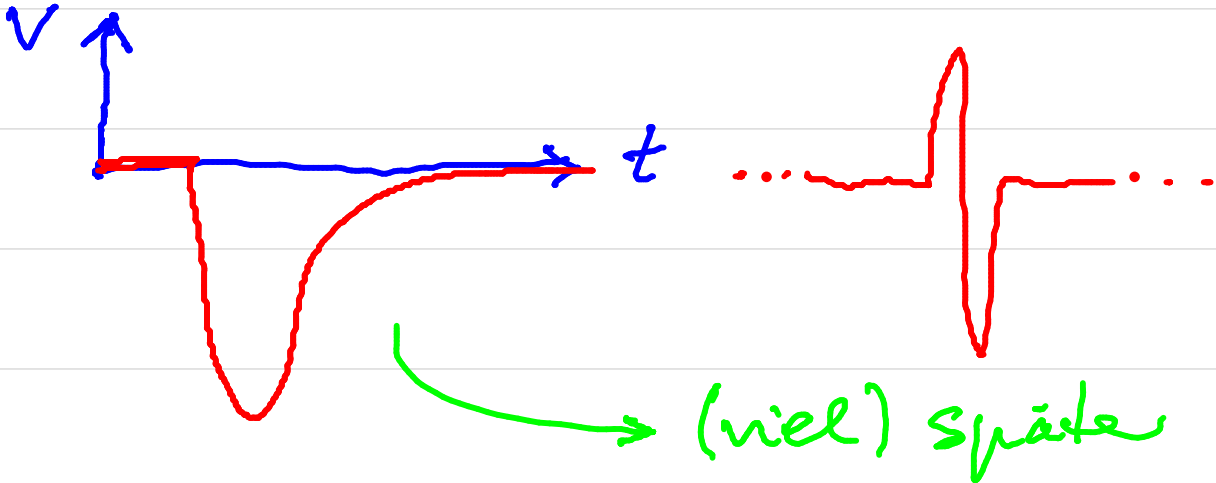
Zahl der eff. durchquerten Wellenfronten erhöht sich:

$N_{\text{eff}} = \frac{c_0 \Delta t + v_E \Delta t}{\lambda_0} = \underbrace{\frac{c_0 + v_E}{\lambda_0}}_{\frac{c_0 + v_E}{c_0 / f_0}} \Delta t \rightarrow f_E = \frac{N_{\text{eff}}}{\Delta t} = f_0 \cdot \left(1 + \frac{v_E}{c_0}\right)$

für $v \ll c_0$ wird Symmetrie hergestellt w. $1 - \varepsilon \approx \frac{1}{1 + \varepsilon} \rightarrow \frac{\Delta f}{f} \approx \frac{v}{c_0}$

Fouriermethoden

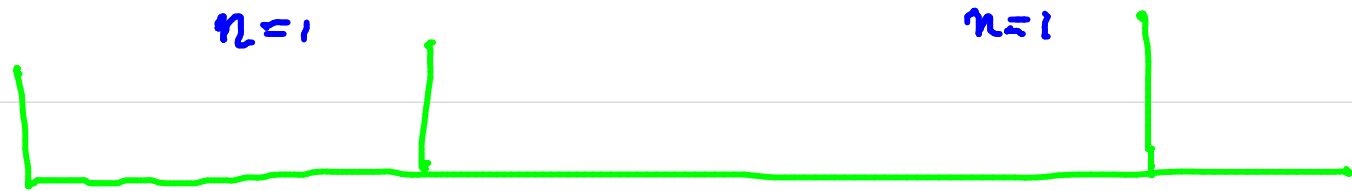
anharmonische Schwingungen ...  ... periodisch, $-\infty \leq t \leq \infty$

nichtperiodische Vorgänge, z.B. 

Demo: Rechteckschwingung
durch 9 sin-Fktn.

Allg. $f(x)$ periodisch mit Periode 2π : $f(x+2\pi) = f(x)$

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cdot \cos nx + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cdot \sin nx$$

 Fourier-koeff.

finde a_n, b_n durch Integration:

$$\int_{-\pi}^{\pi} f(x) dx = \underbrace{a_0 \int_{-\pi}^{\pi} dx}_{a_0 \cdot 2\pi} + \underbrace{\sum_{n=1}^{\infty} a_n \int_{-\pi}^{\pi} \cos nx dx + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \int_{-\pi}^{\pi} \sin nx dx}_{\equiv 0}$$

$$\hookrightarrow a_0 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) dx$$

übrige Koeff. durch $\int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cdot \cos kx dx$, $k = 1, 2, \dots$

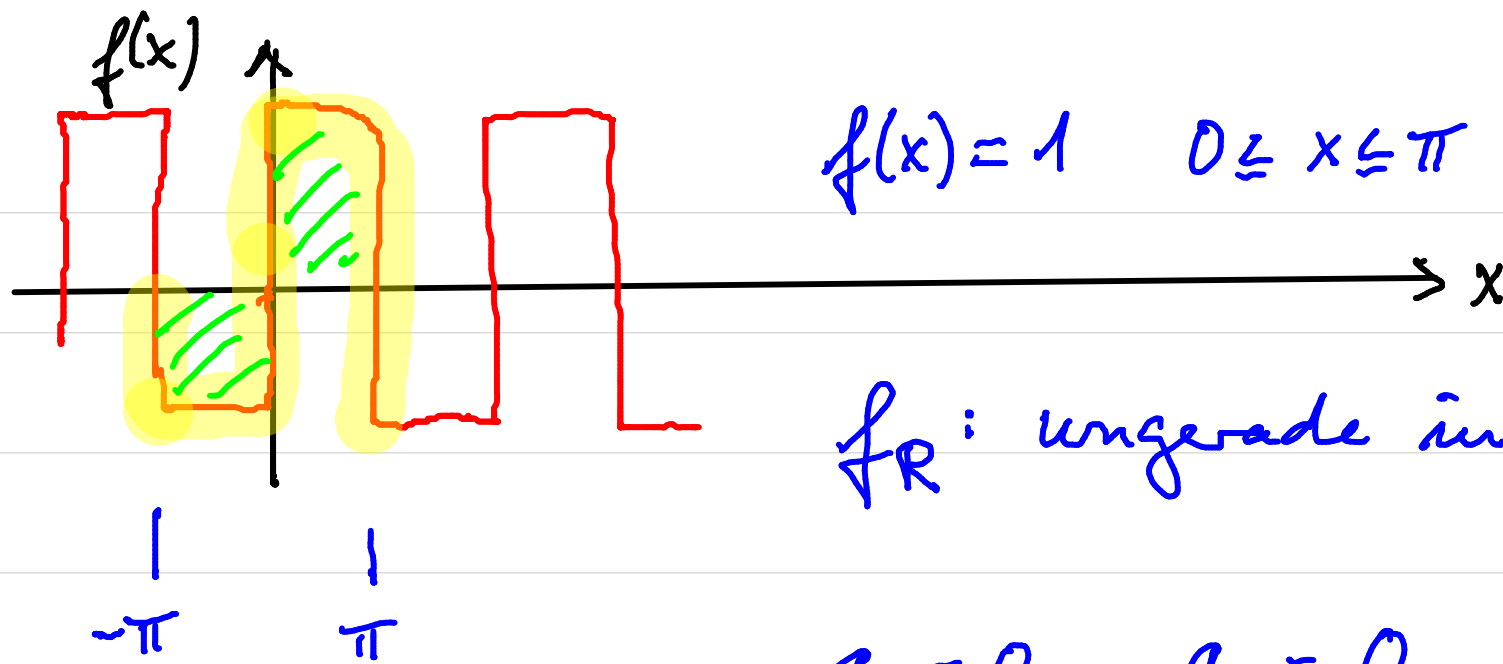
b-Koeff.

sin

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cdot \cos nx dx$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cdot \sin nx dx$$

Beisp. Rechteckschwingung



$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cdot \sin nx \, dx, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

$\underbrace{\quad \quad}_{\text{unger.}} \underbrace{\quad \quad}_{\text{unger.}}$
 $\underbrace{\quad \quad}_{\text{gerade}}$

$$= \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} \sin nx \, dx = \frac{2}{\pi} \left[-\frac{\cos nx}{n} \right]_0^{\pi} = \frac{-2}{n\pi} (\cos n\pi - 1)$$

$$b_n = \begin{cases} 0 & n \text{ gerade} \\ \frac{4}{n\pi} & n \text{ ungerade}, n = 1, 3, 5, \dots \end{cases}$$

$$\cos \pi = -1$$

$$\cos 2\pi = 1$$

$$\cos 3\pi = -1$$

$$\cos 4\pi = 1$$

Also $f_{\text{Rechteck}} \rightarrow \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4}{n \cdot \pi} \cdot \sin nx$

mit n abnehmende
„Fourier“-Amplituden