

Formelsammlung Physik 2

Tim Hilt

22. Juni 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Schwingungen	1
1.1	Formelzeichen	1
1.2	Formeln	1
1.2.1	Allgemein	1
	k_{Ges} , wenn Federn parallel	1
	k_{Ges} , wenn Federn seriell	2
	Eigenkreisfrequenz	2
	Umrechnung f / T	2
	Allgemeine Schwingungsdgl	2
	Drehmoment	2
1.2.2	Ungedämpfte Systeme	2
	Kriterium für harmonische Schwingung:	2
	Weg-Zeit-Funktion ungedämpfter Systeme	2
	Schwingungsdauer ungedämpft	2
	Maximale Geschwindigkeit im Schwingvorgang	2
	Amplitude x_m	2
	Kreisfrequenz ungedämpft	2
	Hookesches Gesetz	2
	Hookesches Gesetz bei Drehbewegungen	2
	U-Rohr	3
	Schwingungsdgl am U-Rohr	3
1.2.3	Gedämpfte Systeme	3
	Abklingfunktion	3
	Kreisfrequenz gedämpft	3
	Abklingkoeffizient	3
	Dämpfungskonstante	3
	Schwingungszeit gedämpft	3
	Reibkonstante	3
	Logarithmisches Dekrement	3
	Güte	3
	Schwingungsenergie	3
	Energieverlust	3
	Aperiodischer Grenzfall	4
1.2.4	Erzwungen schwingende Systeme	4
2	Akustik	5
2.1	Formelzeichen	5
2.2	Konstanten	5
2.3	Formeln	5
	Schallgeschwindigkeit	5

	Schallintensitätspegel	6
	Summe mehrerer gleich lauter Schallpegel	6
	Summe mehrerer unterschiedlich lauter Schallquellen	6
	Schallpegeldifferenz:	6
	Schallintensität	6
	Schallintensität Halbkugel	6
	Schallintensität Kugel	7
	Schallkennimpedanz / Wellenwiderstand	7
	Schalldruckamplitude	7
	Umrechnung vom Effektivwert	7
	Dopplereffekt	7
	Machscher Kegel	7
	Machzahl	7
	Ab wann Überschallknall?	7
3	Wellen	8
3.1	Formelzeichen	8
3.2	Formeln	8
4	Stehende Wellen	9
4.1	Formelzeichen	9
4.2	Konstanten	9
4.3	Formeln	9
	Schallgeschwindigkeit	9
	Länge der Saite/des Rohres (gleiche Enden)	9
	Länge der Saite/ des Rohres (ungleiche Enden)	10
	Länge einfachster Fall (gleiche Enden)	10
	Länge einfachster Fall (ungleiche Enden)	10
	Grundschwingung/Wellenlänge gleiche Enden	10
	Grundschwingung ungleiche Enden	10
	Frequenzverhältnis	10
	Wellenzahl	10
	Wellengeschwindigkeit	10
5	Optik	11
5.1	Formelzeichen	11
5.2	Konstanten	11
5.3	Formeln	12
	Zusammenhang Frequenz / Ausbreitungsgeschwindigkeit	12
	Abstand berechnen (Radarpistole u.Ä.)	12
	Frequenzverschiebung	12
	Geschwindigkeit Zielfahrzeug	12
	Frequenzverschiebung beim Dopplereffekt	12
	Optischer Dopplereffekt	12
	Violett- / Rotverschiebung	12
	Reflexionsgrad R	12
	Transmissionsgrad T	12
	Transmissionsgrad durch Medium	12

5.3.1	Entspiegelung	13
	Brechungsindex von Entspiegelungsschicht	13
	Gangunterschied zwischen den beiden Schichten	13
5.3.2	Brechung	13
	Umrechnungen	13
	Ausbreitungsgeschwindigkeit im Medium	13
	Grenzwinkel der Totalreflexion	13
	Brewsterwinkel	13

Abbildungsverzeichnis

5.1 Farbspektrum	11
----------------------------	----

1 Schwingungen

1.1 Formelzeichen

Formelzeichen	Physikalische Größe	Einheit
f	Frequenz	Hz
T	Schwingungsdauer	s
ω_0	Winkelgeschwindigkeit (ungedämpftes System)	s^{-1}
ω_d	Winkelgeschwindigkeit (gedämpftes System)	s^{-1}
k	Federkonstante	$\frac{N}{m}$
x	Auslenkung	m
D	Dämpfungskonstante	(Einheitenlos)
δ	Abklingkoeffizient	s^{-1}
b	Reibkonstante	$\frac{kg}{s}$
F_E	Anregende Kraft	N
E_v / E_n	Energie davor / Energie danach	
J	Massenträgheitsmoment	$kg * m^2$
φ	Drehwinkel	Bogenmaß
M	Drehmoment	Nm

1.2 Formeln

1.2.1 Allgemein

k_{Ges} , wenn Federn parallel $k_{Ges} = k_1 + k_2 + k_3 + \dots + k_n$

$$k_{Ges}, \text{ wenn Federn seriell} \dots\dots\dots \frac{1}{k_{Ges}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} + \dots + \frac{1}{k_n}$$

$$\text{Eigenkreisfrequenz} \dots\dots\dots \omega = 2\pi * f = \frac{2\pi}{T}$$

$$\text{Umrechnung } f / T \dots\dots\dots f = \frac{1}{T}; T = \frac{1}{f}$$

$$\text{Allgemeine Schwingungsdgl} \dots\dots\dots m * \ddot{x} + b * \dot{x} + k * x = F_E$$

$$\text{Drehmoment} \dots\dots\dots M = k * J = F * x \text{ (wobei } x \text{ die Länge des Hebelarms darstellt)}$$

1.2.2 Ungedämpfte Systeme

Kriterium für harmonische Schwingung: $\frac{x}{F}$, bzw. $\frac{\varphi}{M}$ muss linear sein!

$$\text{Weg-Zeit-Funktion ungedämpfter Systeme} \dots\dots\dots x(t) = x_m * \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$\text{Schwingungsdauer ungedämpft} \dots\dots\dots T_0 = 2\pi * \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\text{Maximale Geschwindigkeit im Schwingvorgang} \dots\dots\dots v_{\max} = x_m * \omega_0$$

v_{\min} ist immer = 0!

$$\text{Amplitude } x_m \dots\dots\dots x_m = \sqrt{x_0^2 + \left(\frac{v_0}{\omega_0}\right)^2}$$

$$\text{Kreisfrequenz ungedämpft} \dots\dots\dots \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \text{ Und bei Drehbewegungen: } \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{J}}$$

$$\text{Hookesches Gesetz} \dots\dots\dots F_s = k * x$$

$$\text{Hookesches Gesetz bei Drehbewegungen} \dots\dots\dots M = k * \varphi$$

U-Rohr

Schwingungsdgl am U-Rohr $\underbrace{\rho * A * l}_{m} * \ddot{x} + \underbrace{\rho * A * g * 2}_{k} x = 0$
 $(x = x_0 * \cos(\omega_0 * t))$

1.2.3 Gedämpfte Systeme

Abklingfunktion $x_m = x_0 * e^{-\delta * t}$

Kreisfrequenz gedämpft $\omega_d = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2} = \omega_0 \sqrt{1 - D^2}$

Abklingkoeffizient $\delta = \frac{b}{2m} = D * \omega_0$

Dämpfungskonstante $D = \frac{\delta}{\omega_0}$

Schwingungszeit gedämpft $T_D = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}} = \frac{T_0}{\sqrt{1 - D^2}}$

Reibkonstante $b = \delta * 2m$

Logarithmisches Dekrement $\Lambda = \delta * T_0$

Güte $Q = \frac{\pi}{\delta * T} = \frac{1}{2D}$

Schwingungsenergie $E = \frac{1}{2} * c * x^2$

Energieverlust $\frac{\Delta E}{E} = 1 - \frac{E_n}{E_v} = 1 - \frac{\frac{1}{2} c x_1^2}{\frac{1}{2} c x_0^2}$
 Kann noch gekürzt werden! $1 - \frac{x_1^2}{x_0^2}$

Aperiodischer Grenzfall

$$D = 1$$

$$\delta = \omega_0$$

$$b = 2m * \omega_0$$

1.2.4 Erzwungen schwingende Systeme

2 Akustik

2.1 Formelzeichen

Formelzeichen	Physikalische Größe	Einheit
f	Frequenz	Hz
L	Schallpegel	dB
c	Ausbreitungsgeschwindigkeit	$\frac{m}{s}$
λ	Wellenlänge	m
I	Schallintensität	$\frac{W}{m^2}$
P	Schallleistung	W
A	Oberfläche (Kugelwelle)	m^2
Z	Wellenwiderstand/Schallkennimpedanz	$\frac{kg}{m^2s}$
ρ	Dichte	$\frac{kg}{m^3}$
p	Schalldruckamplitude	Pa
Ma	Machzahl	Einheitenlos

2.2 Konstanten

$$I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}$$

2.3 Formeln

Schallgeschwindigkeit $c = \lambda * f$

Schallintensitätspegel $L_I = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$
Wichtigste Formel für Rechnung mit Schallwellen!

Summe mehrerer **gleich lauter** Schallpegel $L_\Sigma = 10 \log(n) + L_0$
 , wobei n die Anzahl der Schallquellen ist und L_0 der Pegel einer einzelnen Schallquelle.

Summe mehrerer **unterschiedlich lauter** Schallquellen $L_\Sigma = 10 * \log(10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + 10^{L_3/10} + \dots + 10^{L_n/10})$

Beispiel:

$$L_1 = 90dB, L_2 = 80dB, L_3 = 65dB$$

$$L_\Sigma = 10 * \log(10^9 + 10^8 + 10^{6.5})$$

$$L_\Sigma = 90.426dB$$

Schallpegeldifferenz:

$$\begin{aligned} \Delta L &= L_2 - L_1 \\ &= 10 \log \left(\frac{I_2}{I_1} \right) \end{aligned}$$

Und bei unterschiedlichem Radius/Abstand:

$$= 20 \log \left(\frac{r_1}{r_2} \right)$$

wobei L_2 der größere beider Werte ist

Schallintensität $I = \frac{P}{A} = \frac{\rho * x^2 * \omega^2 * c}{2}$

Bei allen fahrenden / mit der Erde verbundenen Schallquellen gilt $A = 2\pi r^2$. Dies entspricht der Oberfläche einer Halbkugel. Dementsprechend gilt für alle fliegenden oder in der Luft aufgehängten Schallquellen $A = 4\pi r^2$

Schallintensität Halbkugel $I = \frac{P}{2\pi * r^2}$

Schallintensität Kugel $I = \frac{P}{4\pi * r^2}$
 z.B bei Aufgabenstellung „ Geben Sie Intensität in einer Entfernung von (r) Metern an.“

Schallkennimpedanz / Wellenwiderstand $Z = \rho * c$

Schalldruckamplitude $p = Z * \omega * x$

Umrechnung vom Effektivwert $p = \sqrt{2} * p_{\text{eff}}$

Dopplereffekt

Ruhender Empfänger, bewegter Sender:	$f_E = f_S \frac{1}{1 \mp \frac{v_S}{c}}$
Runder Sender, bewegter Empfänger:	$f_E = f_S \left(1 \pm \frac{v_E}{c}\right)$
Bewegter Sender, bewegter Empfänger:	$f_E = f_S \frac{c \pm v_E}{c \mp v_S}$

Oberes Zeichen: Annäherung; Unteres Zeichen: Entfernung

Machscher Kegel $\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{c}{v_S} = \frac{1}{Ma}$

Machzahl $Ma = \frac{v_S}{c}$

Ab wann Überschallknall? $c = v$ Bei Drehbewegung: $\frac{c}{r} = \frac{v}{r} = \omega$

3 Wellen

3.1 Formelzeichen

$\lambda =$ Wellenlänge
Umrechnung von Bogensekunden in Grad: 0°0°Wert° Danach ist Wert für weitere
Berechnungen nutzbar

3.2 Formeln

4 Stehende Wellen

4.1 Formelzeichen

Formelzeichen	Physikalische Größe	Einheit
λ	Wellenlänge	m
ρ	Dichte	$\frac{kg}{m^3}$
f	Frequenz	Hz
l	Länge	m
k	Anzahl d. Wellenbäuche	Wellen/m
p	Luftdruck	Pa
κ	Isentropenexponent; $\frac{c_p}{c_v}$	Einheitenlos

4.2 Konstanten

Menschlicher Hörbereich: $16 - 20000 Hz$

4.3 Formeln

Schallgeschwindigkeit $c = \sqrt{\frac{\kappa * p}{\rho_T}} = 331 \frac{m}{s} * \sqrt{\frac{273K + \dots^\circ C}{273K}}$

Länge der Saite/des Rohres (gleiche Enden) $l = (k + 1) * \frac{\lambda}{2} = (k + 1) * \frac{c}{2f}$
 $k \in 0, 1, 2, \dots$

Länge der Saite/ des Rohres (ungleiche Enden) $l = (2k + 1) * \frac{\lambda}{4} = (2k + 1) * \frac{c}{4f}$

$k \in 0, 1, 2, \dots$

„ 1. Harmonische“ \equiv „ Grundschiwingung “ \equiv „ 0. Oberschiwingung“

Länge einfachster Fall (gleiche Enden) $l = \frac{\lambda}{2} = \frac{c}{2f_0}$

Gilt nur für Grundschiwingung!

Länge einfachster Fall (ungleiche Enden) $l = \frac{\lambda}{4} = \frac{c}{4f_0}$

Gilt nur für Grundschiwingung!

Grundschiwingung/Wellenlänge gleiche Enden $f = \frac{c}{4 * l}; \lambda = 4 * L$

Grundschiwingung ungleiche Enden $f = \frac{c}{2 * l}; \lambda = 2 * L$

Frequenzverhältnis Bsp. $\frac{5}{4} \rightarrow \frac{\text{Frequenz nachher}}{\text{Frequenz vorher}}$

Wellenzahl $k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{c}$

Wellengeschwindigkeit $c = \sqrt{\frac{F_G}{\rho * A}}$ bzw. $= \sqrt{\frac{F(x)_G}{\rho * A}}$

, Wenn nicht die gesamte, sondern die Geschwindigkeit an einer bestimmten Stelle gesucht ist

5 Optik

5.1 Formelzeichen

Formelzeichen	Physikalische Größe	Einheit
λ	Wellenlänge	m
c	Lichtgeschwindigkeit	$\frac{m}{s}$
f	Frequenz	Hz
R	Reflexionsgrad	Gibt reflektierten Anteil
T	Transmissionsgrad	Gibt transmittierten Anteil

5.2 Konstanten

$$c_0 = 3 * 10^8 \frac{m}{s}$$

Wellenlängenempfindlichkeit des Auges: 400 – 750 nm

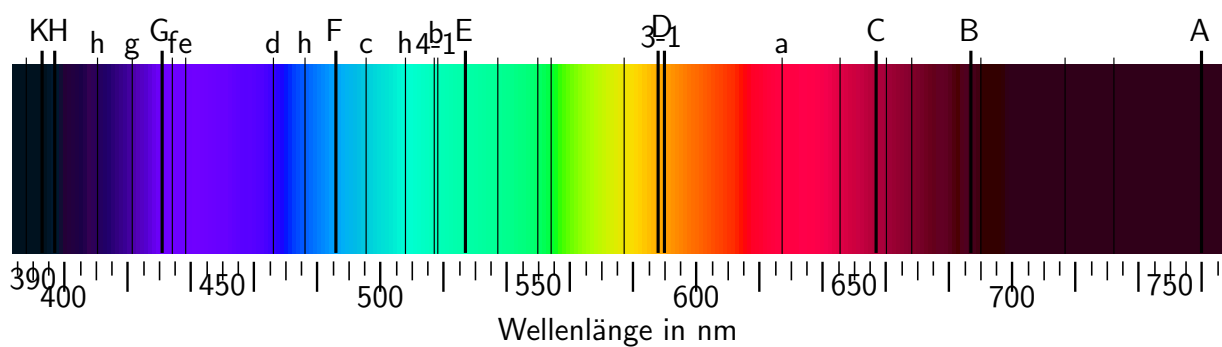


Abbildung 5.1: Farbspektrum und menschlicher Sehbereich

5.3 Formeln

Zusammenhang Frequenz / Ausbreitungsgeschwindigkeit $c = f * \lambda$

Abstand berechnen (Radarpistole u.Ä.) $s = \frac{c * t}{2}$

Aus Formel der Kinetik $v = \frac{s}{t}$

Frequenzverschiebung $\Delta f = \frac{2 * f_s * v}{c} = \frac{2 * v}{\lambda_s}$

Geschwindigkeit Zielfahrzeug $v = \frac{\Delta f * \lambda_s}{2} = c * \left(\frac{\Delta f}{f'_R + f_R} \right)$

Wenn beide Objekte sich bewegen ist $v = \Delta v$

Frequenzverschiebung beim Dopplereffekt

Annäherung → höhere Frequenz / kleinere Wellenlänge → Violett-Verschiebung
 Entfernung → niedrigere Frequenz / größere Wellenlänge → Rot-Verschiebung

Optischer Dopplereffekt $f_E = f_S * \sqrt{\frac{c \pm v}{c \mp v}}$

Violett- / Rotverschiebung $\lambda_E = \lambda_S * \sqrt{\frac{1 \mp \frac{v}{c}}{1 \pm \frac{v}{c}}}$

Oberes Zeichen: Annäherung; Unteres Zeichen: Entfernung

Reflexionsgrad R $R = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2$

Transmissionsgrad T $T = 1 - R = \frac{4n_1n_2}{(n_1 + n_2)^2}$

Gibt jeweils nur **einen** Übergang an!

Falls Medium nicht transparent gilt mit dieser Formel der **Absorptionsgrad**

Transmissionsgrad **durch** Medium $T = (1 - R)^2$

5.3.1 Entspiegelung

Brechungsindex von Entspiegelungsschicht $n_2 = \sqrt{n_1 * n_3}$

Gangunterschied zwischen den beiden Schichten $\Delta x = 2 * n_2 * d$

5.3.2 Brechung

Umrechnungen $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$
Von dünn nach dicht → zum Lot hin; von dicht nach dünn → vom Lot weg

Ausbreitungsgeschwindigkeit im Medium $c_n = \frac{c_0}{n}$

Grenzwinkel der Totalreflexion $\sin \alpha = \frac{n_1}{n_2}$
Von dichtem nach dünnem Medium

Brewsterwinkel $\tan \alpha = \frac{n_2}{n_1}$
Gilt jeweils, wenn vollständig polarisierter Winkel gefragt ist
90° zwischen reflektiertem und gebrochenem Strahl
Der reflektierte Strahl ist vollständig linear polarisiert, der transmittierte Anteil wird vorwiegend parallel polarisiert.