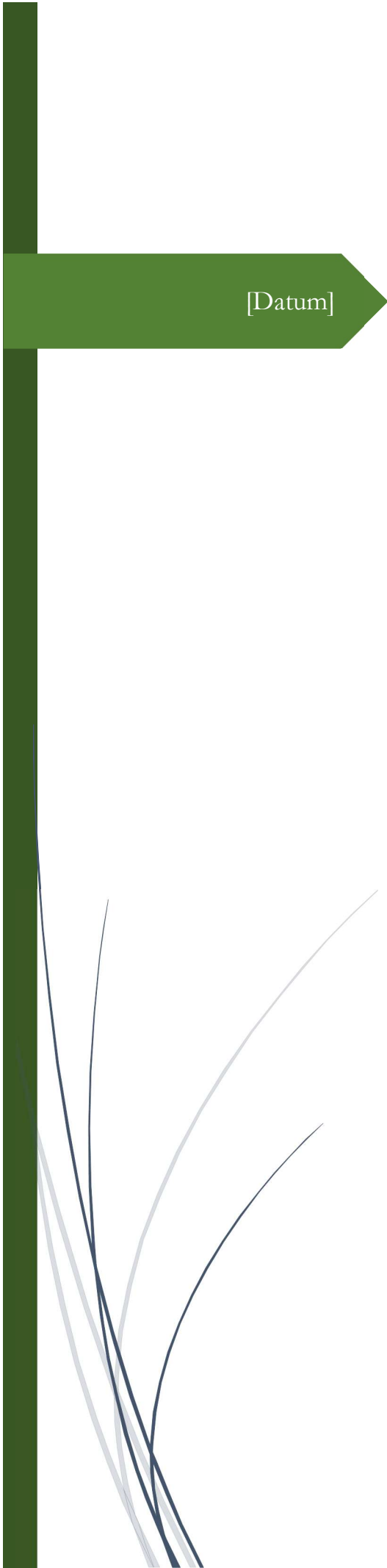




[Datum]

Physik 3

Formelsammlung

V1.0

Benjamin Bucheli
HSR
ELEKTROTECHNIK

Inhaltsverzeichnis

1	Optik	3
1.1	Konstanten & Farbenlehre (S.830) (S.386)	3
1.2	Grundlagen.....	3
1.3	Reflexion und Brechung	3
1.3.1	Spiegel (S.839) (S.362)	4
1.4	Linsen (S.369)	4
1.5	Dispersion des Lichtes (S.859)	4
1.6	Abbildung von Spiegel und Linsen.....	4
1.7	Spiegelgleichung (S.870) (S.363).....	4
1.8	Brechkraft (S.872) (S.370).....	5
1.9	Kamera & Abbildungssysteme	5
1.10	Beispiele Strahlengänge.....	5
2	Schwingungen.....	6
2.1	Ungedämpfte Eigenschwingungen	6
2.2	Gedämpfte Schwingungen	7
2.3	Fremderregte Schwingungen (S.213).....	7
2.4	Elektrische Schwingkreise (S.563) (S.530)	8
3	Wellen.....	9
3.1	Allgemein (S.611) (S.229).....	9
3.2	Wellengeschwindigkeit (S.615) (S.233).....	9
3.3	Wellengleichung & Elementarwellen (S.617)	9
3.4	Beziehungen harmonischer Wellen	9
3.5	Tabelle Wellengeschwindigkeit	9
3.6	Doppler-Effekt (S.633) (S.342).....	10
3.7	Schallwellen in Fluiden / Schallmessung (S.647) (S.348).....	10
3.8	Interferenz (S.689) (S.233/235)	11
3.9	Reflexion und Brechung (S.697).....	11
3.10	Beugung (S.731) (S.229)	11
3.11	Reflexion und Transmission	12
3.12	Eigenschwingung (S.719) (S.334)	12
4	Nice to know.....	13
4.1	Massenträgheitsmomente	13
4.2	Trigonometrie und Winkelargumente	13
4.3	Geometrie.....	13

Seitenreferenzen:

Physik II B.Bucher, A.Ruh

Kuchling Taschenbuch der Physik

1 Optik

1.1 Konstanten & Farbenlehre (S.830) (S.386)

Lichtgeschwindigkeit (Vakuum)	$c = 299'792'458 \frac{m}{s}$	Naturkonstante (Plank konstante)	$h = 6.6 \cdot 10^{-34} \frac{J}{Hz}$
Universelle Gaskonstante	$R = 8.3145 \frac{J}{mol \cdot K}$	Adiabatenexponent (Luft)	$\kappa = 1.4$
Molmasse Luft	$M_{Luft} = 0.02883 \frac{kg}{mol}$	Temperatur Umrechnung	$C^{\circ} + 273.15K^{\circ}$

Formelsammlung	
W W + B = Y ausblenden W W + R = C ausblenden W W + G = M ausblenden Y Y + B = W C C + R = W M M + G = W	R Y G C B M W Drei Filter hintereinander
Farbe	Wellenlänge (nm)
violett	380 . . . 435
blau	435 . . . 465
blaugrün	465 . . . 485
grün	485 . . . 565
gelb	565 . . . 590
orange	590 . . . 630
rot	630 . . . 780

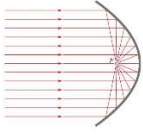
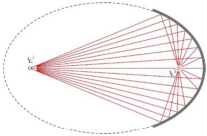
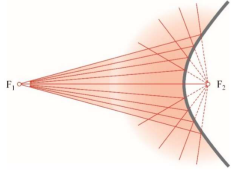
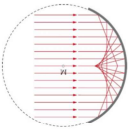
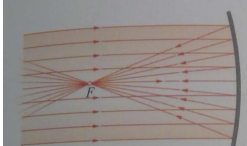
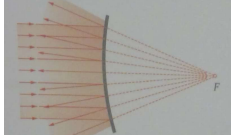
1.2 Grundlagen

Teilchenbild (S.832)	$E = h \cdot f$ $p_{Photon} = \frac{h \cdot f}{c}$	[c] = Vakuumlichtgeschwindigkeit [E] = Energie eines Photons [f] = Frequenz [h] = Naturkonstante [p] = Impuls eines Photons
----------------------	--	---

1.3 Reflexion und Brechung

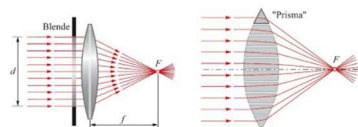
Brechungsgesetz (S.850) (S.365)	$\frac{\sin \varepsilon_1}{\sin \varepsilon_2} = \frac{n_2}{n_1}$ $n_2 = \frac{\sin \varepsilon_v}{\sin \varepsilon_2}$ $\varepsilon_1 = \varepsilon'_1$ [n] = Brechungsindex													
Brechungsindex (S.851) (S.320)	$n = \frac{c}{u}$ [u] = Lichtgeschwindigkeit im Medium	<table> <tr> <th>Medium</th> <th>n</th> </tr> <tr> <td>Luft bei 0°C und 1013 hPa</td> <td>1.000292</td> </tr> <tr> <td>Wasser</td> <td>1.333</td> </tr> <tr> <td>Kronglas (K13)</td> <td>1.522</td> </tr> <tr> <td>Flintglas (F2)</td> <td>1.620</td> </tr> <tr> <td>Diamant</td> <td>2.417</td> </tr> </table>	Medium	n	Luft bei 0°C und 1013 hPa	1.000292	Wasser	1.333	Kronglas (K13)	1.522	Flintglas (F2)	1.620	Diamant	2.417
Medium	n													
Luft bei 0°C und 1013 hPa	1.000292													
Wasser	1.333													
Kronglas (K13)	1.522													
Flintglas (F2)	1.620													
Diamant	2.417													
Totalreflexion (S.852) (S.322)	Für $n_1 > n_2$ $\varepsilon_g = \sin^{-1} \frac{n_1}{n_2}$													

1.3.1 Spiegel (S.839) (S.362)

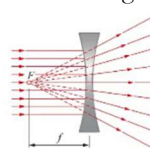
Parabolspiegel  Einfallende Strahlen schneiden sich im Punkt F. $f = \frac{r}{2}$	Elliptischer Spiegel  Strahlen gehen von F ₁ zu F ₂ bzw. umgekehrt.	Hyperbolischer Spiegel 
Sphärischer Spiegel 	Konkavspiegel 	Konvexspiegel 

1.4 Linsen (S.369)

Sammellinsen:



Zerstreuungslinsen:



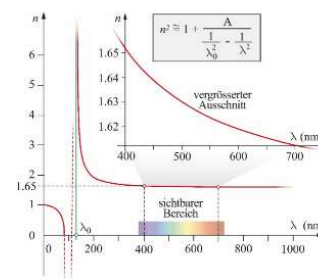
1.5 Dispersion des Lichtes (S.859)

$$n = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}}$$

$$n^2(\lambda) = 1 + \frac{A}{\lambda_0^2 - \frac{1}{\lambda^2}}$$

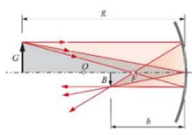
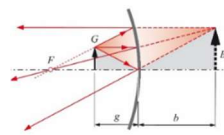
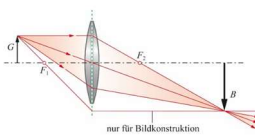
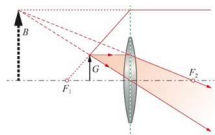
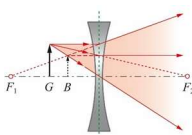
[λ] = Wellenlänge

[A] = Materialkonstante



1.6 Abbildung von Spiegel und Linsen

Parallelstrahl	➔	Brennpunktstrahl
Brennpunktstrahl	➔	Parallelstrahl
Mittelpunktstrahl	➔	Mittelpunktstrahl

				
Sphär. Spiegel (S.868) MS-Strahl mit gleichem Winkel zurück	Sphärischer Spiegel (S.868) MS-Strahl mit gleichem Winkel zurück	Sammellinse (S.871) MS-Strahl geht hindurch	Sammellinse (S.871) MS-Strahl geht hindurch	Zerstreuungslinse (S.872) Brennweite ist negativ

1.7 Spiegelgleichung (S.870) (S.363)

$$\beta = \frac{B}{G} = \frac{b}{g} = \frac{b-f}{f}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{g}$$

$[\beta]$ = Abbildungsverhältnis
 $[B]$ = Bildgrösse
 $[G]$ = Gegenstandsgrösse
 $[b]$ = Bildweite
 $[g]$ = Gegenstandsweite
 $[F]$ = Brennpunkt
 $[f]$ = Brennweite

Vorzeichenkonventionen für Linsenabbildung

g	+	Falls sich der Gegenstand vor der Linse befindet.
g	-	Falls sich der Gegenstand hinter der Linse befindet.
G	+	reeller Gegenstand
G	-	virtueller Gegenstand, seitenverkehrt.
f	+	für Sammellinsen.
f	-	für Zerstreuungslinsen
b	+	reelles Bild hinter der Linse.
b	-	Virtuelles Bild vor der Linse.
B	+	reelles Bild, seitenverkehrt
B	-	virtuelles Bild, aufrecht und seitenrichtig.

1.8 Brechkraft (S.872) (S.370)

$$D = \frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$$

[D]=Dioptrie dpt

$$D_{tot} = D_1 + D_2 \text{ (Abstand von Linsen } \ll f)$$

1.9 Kamera & Abbildungssysteme

$$\frac{1}{g} = \frac{1}{g_0} \pm \frac{u}{qf^2}$$

Vergrößerung des Schwinkels:

$$V = \frac{\tan \varepsilon}{\tan \varepsilon_0}$$

$$\tan \varepsilon_0 = \frac{G}{s}$$

Neuer Schwinkel:

$$\tan \varepsilon = \frac{G}{F}$$

Vergrößerung:

$$V = \frac{s}{f}$$

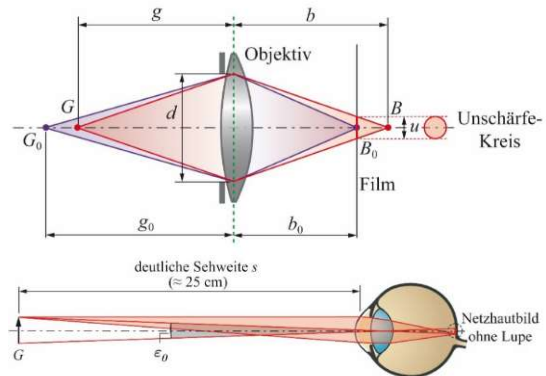
Belichtung:

$$E \sim q^2$$

[E] = Belichtung

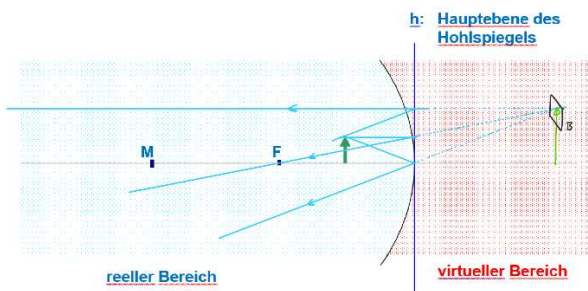
[u] = Unschärfekreisdurchmesser

[g] = Schärfentiefe

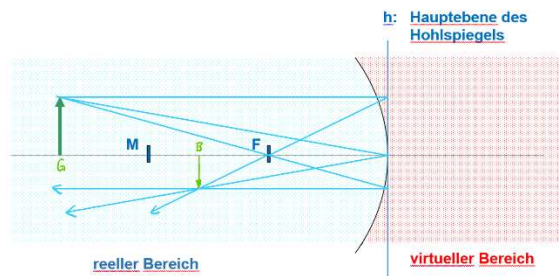


1.10 Beispiele Strahlengänge

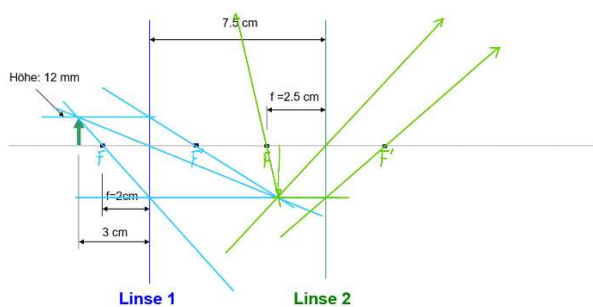
Beispiel: Abbildung von Spiegel



Beispiel: Abbildung von Spiegel

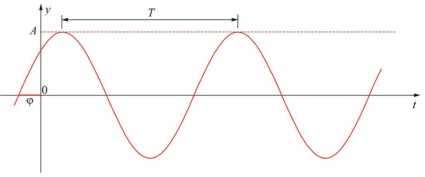
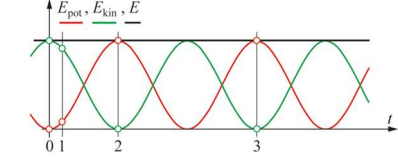
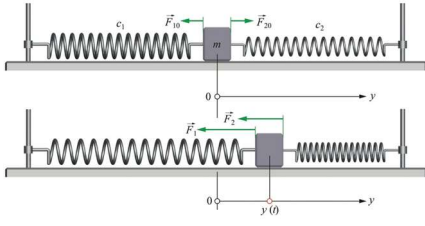
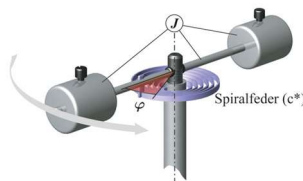
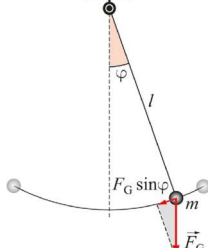
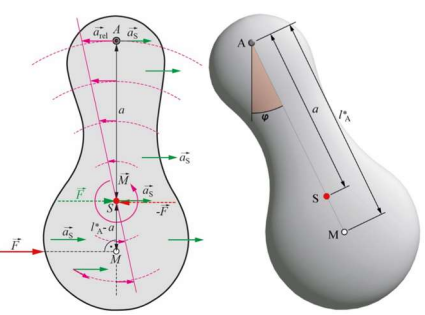


Abbildungsgleichung bei zwei Linsen: Konstruieren Sie



2 Schwingungen

2.1 Ungedämpfte Eigenschwingungen

Harmonische Schwingung (S.511) (S.193)	$y(t) = A \cdot \sin(\omega t + \varphi)$ $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$ $\ddot{y} + \omega^2 y = 0 \quad v(t) = \dot{y} \quad a(t) = \ddot{y}$ $[A] = \text{Amplitude}$ $[\omega] = \text{Kreisfrequenz (1/s)}$ $[\varphi] = \text{Phasenverschiebung}$	
Schwingungsenergie (S.526) (S.203)	$E = E_{\text{pot}} + E_{\text{kin}} = \frac{cy^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$ Beispiel Federenergie: $E = \frac{m\omega_0^2 A^2}{2} [\sin^2(\omega_0 t + \varphi) + \cos^2(\omega_0 t + \varphi)]$ $= \frac{m\omega_0^2 A^2}{2}$ $[E] = \text{Energie (J)} \quad [c] = \text{Federkonstante}$	
Federpendel (S.516) (S.198)	$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{c}}$ $F = m\ddot{y} = -cy$ $\omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}} = \sqrt{\frac{c_1 + c_2}{m_1 + m_2}}$ Wenn <u>Federmasse berücksichtigt</u>, gilt: $m = \frac{m_F}{3} + m_1$	
Drehpendel (S.517) (S.199)	$M = J\ddot{\varphi} = -c^*\varphi, \text{ wobei: } J\ddot{\varphi} + c^*\varphi = 0$ $\omega_0 = \sqrt{\frac{c^*}{J}} \quad ; \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{c^*}}$ $\varphi = A \cdot \sin(\omega_0 t + \psi)$ $[c^*] = \text{Drehfederkonstante, Winkelrichtgrösse}$ $[\psi] = \text{Nullphasenwinkel}$ $[J] = \text{Massenträgheitsmoment (kg m}^2\text{)}$	
Schwerependel, Mathematisches Pendel (S.518) (S.200)	$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}$ $l\ddot{\varphi} + g \sin \varphi = 0$ $v = l\dot{\varphi} \quad a = l\ddot{\varphi}$	
Physikalisches Pendel (S.521) (S.201)	$J_A \ddot{\varphi} + mga \sin \varphi = 0$ Satz von Steiner: $J_A = J_S + ma^2$ Totale Massenträgheit ist Summe aus J_A $\omega_0 = \sqrt{\frac{mga}{J_A}} = \sqrt{\frac{g}{l^*}} \quad l^* = \frac{J_A}{ma} = \frac{J_M}{mx} = \frac{J_S}{ma} + a$ $T = 2\pi \sqrt{\frac{J_A}{mga}} = 2\pi \sqrt{\frac{l^*}{g}} \quad T_{\min} = \sqrt{\frac{8\pi}{g}} \sqrt{\frac{J_S}{m}}$ Das <u>Perkussionszentrum</u> befindet sich beim Schwingungsmittelpunkt M. Trifft ein Schlag orthogonal auf M entlang der Achse A, so wirkt die Beschleunigung a_s an jedem Punkt. $\vec{a}_s = \frac{\vec{F}}{m}$ $[l^*] = \text{reduzierte Pendellänge}$	

2.2 Gedämpfte Schwingungen

Konstante Reibungskraft (S.528) (S.205)	$F_R = \mu F_N \quad m\ddot{y} + cy + F_R = 0 \quad \Delta A = 4 \frac{F_R}{c}$ $E = \frac{cA^2}{2}$	[b] = Dämpfungskonstante [m] = mitschwingende Masse
Geschwindigkeitsproportionale Dämpfung (S.205)	$m\ddot{y} + b\dot{y} + cy = 0$ Für kleine Dämpfungen ($\delta < \omega_0$): $y = Ae^{-\delta t} \sin(\omega_d t + \varphi_0)$ $\delta = \frac{b}{2m} \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}} \quad D = \frac{\delta}{\omega_0}$ $\omega_d = \omega_0 \sqrt{1 - D^2} = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$ $\Lambda = \ln\left(\frac{A_n}{A_{n+1}}\right) = \delta T = \frac{2\pi D}{\sqrt{1 - D^2}}$ $\approx D2\pi$ (Für kleine D) $\frac{A_n}{A_{n+1}} = e^{\delta T} \quad \frac{A_t}{A_{t+\Delta t}} = e^{\delta \Delta t} \quad \frac{E_t}{E_{t+\Delta t}} = \frac{A_t^2}{A_{t+\Delta t}^2}$	$[\delta]$ = Abklingkonstante $[D]$ = Dämpfungsgrad $[\omega_d]$ = Kreisfrequenz der gedämpften Schwingung $[\omega_0]$ = Kreisfrequenz der ungedämpften Schwingung $[\Lambda]$ = Logarithmische Dekrement
Aperiodische Lösung & Grenzfall (S.533) (S.205)	Kriechfall $D > 1$: $y(t) = b_1 e^{\lambda_1 t} + b_2 e^{\lambda_2 t}$ $\lambda_1 = -\omega_0 (D + \sqrt{D^2 - 1}) \quad \lambda_2 = -\omega_0 (D - \sqrt{D^2 - 1})$ $D=1$: Grenzfall ($\delta = \omega_0$): $y = b_1 + b_2 t) e^{-\delta t} \quad \omega_0^2 = \frac{c}{m} = \delta$	Kriechbewegung

2.3 Fremderregte Schwingungen (S.213)

Fremderregte Schwingungen	$[\eta]$ = Dimensionslose Frequenz	
Kraft- & Federkraft-Erregung (S.543)	$m\ddot{y} + b\dot{y} + cy = c * u_0 \sin \omega t = F_0 \sin \omega t$ $A = \frac{cu_0}{m\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2) + (2D\omega_0\omega)^2}}$ $\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{2D\omega_0\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}\right)$ Resonanzfrequenz: $\omega_r = \sqrt{\omega_0^2 + 2\delta^2} = \omega_0^2 \sqrt{1 - 2D^2}$ Resonanz ($A(\omega)$ bei best. ω_r maximal): $A_r = \frac{u_0}{2D\sqrt{1 - D^2}}$ Vergrößerungsfunktion $V = A/u_0$: $V = \frac{1}{\sqrt{(1 - \eta^2)^2 + (2D\eta)^2}}$ $V_r = \frac{1}{2D\sqrt{1 - D^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \eta_r^4}}$ $\eta_r = \sqrt{1 - D^2}$	
Indirekte Federkrafterregung (S.549)	$m\ddot{y} + b\dot{y} + cy = c_2 * u_0 \sin \omega t$ $A = \frac{c_2}{c} \frac{cu_0}{m\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2) + (2D\omega_0\omega)^2}}$ $\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{2D\omega_0\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}\right)$ $\omega_r = \omega_0^2 \sqrt{1 - 2D^2} \quad A_r = \frac{u_0}{2D\sqrt{1 - D^2}}$ $V = \frac{c_2}{c} \frac{1}{\sqrt{(1 - \eta^2)^2 + (2D\eta)^2}}$	

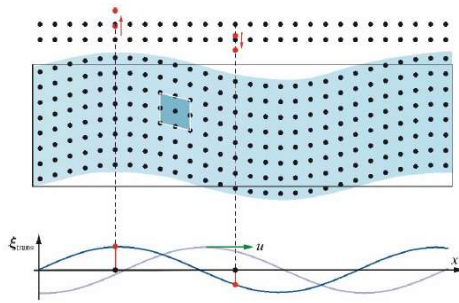
Dämpfererregung (S.550)	$m\ddot{y} = F_{F0} - cy - F_G - b\dot{y} + b\dot{u}$ $A = \frac{b\omega u_0}{m\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + (2D\omega_0\omega)^2}}$ $\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{2D\omega_0\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}\right) - \frac{\pi}{2}$ $\omega_r = \omega_0 \quad A_r = u_0$ $V = \frac{2D\eta}{\sqrt{(1 - \eta^2)^2 + (2D\eta)^2}}$	
Stützererregung (S.554)	$m\ddot{y} + b\dot{y} + cy = c * u_0 \sin \omega t + b\omega u_0 \cos \omega t$ $m\ddot{q} + b\dot{q} + cq = m\omega^2 u_0 \sin \omega t$ $A = \frac{\omega^2 u_0}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + (2D\omega_0\omega)^2}}$ $\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{2D\omega_0\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}\right) - \pi$ $\omega_r = \frac{\omega_0}{\sqrt{1 - D^2}} \quad A_r = \frac{u_0}{2D\sqrt{1 - D^2}}$ $V = \frac{\eta^2}{\sqrt{(1 - \eta^2)^2 + (2D\eta)^2}}$	
Unwuchterregung (S.559)	$m\ddot{y} + b\dot{y} + cy = m_R e \omega^2 \sin \omega t$ $A = \frac{m_R e \omega^2}{m\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + (2D\omega_0\omega)^2}}$ $\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{2D\omega_0\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}\right)$ $\omega_r = \frac{\omega_0}{\sqrt{1 - D^2}} \quad A_r = \frac{m_R}{m} \frac{e}{2D\sqrt{1 - D^2}}$ $\frac{F_{B0}}{F_0} = \sqrt{\frac{1 + 4D^2\eta^2}{(1 - \eta^2)^2 + 4D^2\eta^2}}$	

2.4 Elektrische Schwingkreise (S.563) (S.530)

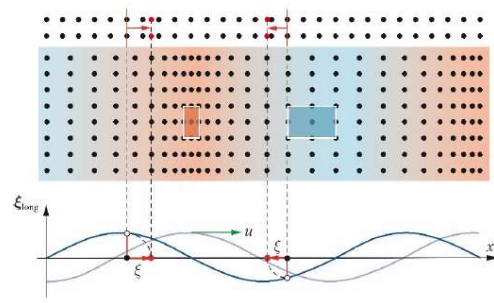
	Serienschwingkreis	Parallelschwingkreis
Differentialgleichung	$L\ddot{I} + R_s\dot{I} + \frac{1}{C}I = \omega U_0 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$	$C\ddot{U} + \frac{1}{R_p}\dot{U} + \frac{1}{L}U = \omega I_0 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$
Amplitude	$I_0 = \frac{\omega U_0}{L\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + (2D\omega_0\omega)^2}}$	$U_0 = \frac{\omega I_0}{C\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + (2D\omega_0\omega)^2}}$
Phase	$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{2D\omega_0\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}\right) - \frac{\pi}{2}$	
Resonanzkreisfrequenz	$\omega_r = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$	
Resonanzamplitude	$I_{0r} = \frac{U_0}{R_s}$	$U_{0r} = R_p I_0$
Vergrößerungsfunktion	$V = \frac{\eta^2}{\sqrt{(1 - \eta^2)^2 + (2D\eta)^2}}$	
Phasenverschiebung	$\varphi_U = \tan^{-1}\left(\frac{2D\eta}{1 - \eta^2}\right) - \pi$	$\varphi_I = \tan^{-1}\left(\frac{2D\eta}{1 - \eta^2}\right)$
Dämpfungsgrad	$D = \frac{R_s}{2} \sqrt{\frac{C}{L}}$	$D = \frac{1}{2R_p} \sqrt{\frac{L}{C}}$
Güte	$Q = 2\pi \frac{E(t)}{E(t) - E(t+T)} = \frac{1}{2D} = V_m = \frac{\omega_0}{\Delta\omega}$ $\text{Es gilt: } E = \frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{L\omega_0^2 C^2 U_0^2}{2} = \frac{CU_0^2}{2}$ $\text{Für kleine Dämpfungen gilt: } D = \frac{\Lambda}{2\pi}$ $\text{Maximalwert der Vergrößerungsfunktion: } V_m = \frac{1}{2D\sqrt{1 - D^2}}$	

3 Wellen

3.1 Allgemein (S.611) (S.229)



Transversalwellen oder Querwellen
Bewegung der Moleküle
Sekundärwelle → langsam



Longitudinalwellen oder Längswellen
Kompression der Moleküle
Primärwelle → schnell

Eine Welle transportiert stets Energie, keine Materie!

3.2 Wellengeschwindigkeit (S.615) (S.233)

Formeln für die Wellengeschwindigkeit $u =$

Elastische Longitudinalwellen in einem schlanken Stab $\sqrt{\frac{E}{\rho}}$	Elastische Transversalwellen $\sqrt{\frac{G}{\rho}}$	Transversalwellen auf einem Seil $\sqrt{\frac{F}{\rho A}}$
Schwerewellen in tiefem Wasser $\sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}$	Schwerewellen in flachem Wasser $\sqrt{gh}$	Kapillarwellen $\sqrt{\frac{2\pi\sigma}{\rho\lambda}}$
Schallwellen in Fluiden $\sqrt{\frac{1}{\rho\kappa}}$	Schallwellen in Gasen $\sqrt{\frac{\kappa p}{\rho}} = \sqrt{\frac{\kappa RT}{M}}$	Elektromagnetische Wellen $\frac{c}{n}$
$[A]$ = Querschnitt $[E]$ = Elastizitätsmodul $[F]$ = Spannkraft des Seils $[G]$ = Schubmodul	$[g]$ = Erdbeschleunigung $[h]$ = Wassertiefe $[M]$ = Molmasse $[p]$ = Druck	$[R]$ = Universelle Gaskonstante $[T]$ = absolute Temperatur $[\kappa]$ = Kompressibilität $[\kappa]$ = Adiabatenkonstante
		$[\lambda]$ = Wellenlänge $[\rho]$ = Dichte $[\sigma]$ = Oberflächenspannung $[n]$ = Brechungsindex

3.3 Wellengleichung & Elementarwellen (S.617)

Eindimensional $\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} = \frac{1}{u^2} \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}$	Zweidimensional $\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial y^2} = \frac{1}{u^2} \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}$	Dreidimensional $\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial z^2} = \frac{1}{u^2} \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}$
Harmonische Welle $\xi(x, t) = \xi_0 \sin(\omega t + \varphi)$ $\dot{\xi}(x, t) = \xi_0 \omega \cos(\omega t + \varphi)$ $\ddot{\xi}(x, t) = -\xi_0 \omega^2 \sin(\omega t + \varphi)$		Harmonische Kugelwelle $\xi(r, t) = \frac{\xi_0}{r} \sin(\omega t - kr + \varphi)$ $[k]$ = Wellenzahl 1/m $[\xi_0]$ = Amplitude $[\xi]$ = Auslenkung

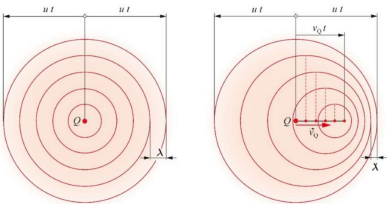
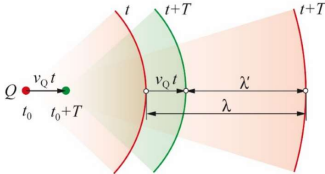
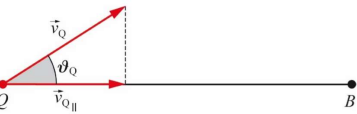
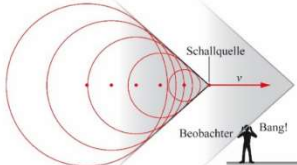
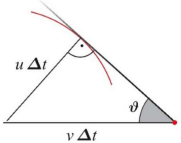
3.4 Beziehungen harmonischer Wellen

$k = \frac{\omega}{u} = \frac{2\pi}{\lambda}$	$u = \frac{\omega}{k} = \lambda \cdot f$	$\lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{u}{f}$	$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$	$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{T} = \frac{u}{\lambda}$	$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}$
---	--	--	------------------------------------	---	---

3.5 Tabelle Wellengeschwindigkeit

Schallwellen	m/s		m/s
Wasserstoff	1300	Tannenholz	3320
Luft	344	Beton	3100
Kohlendioxid	258	Polystyrol	1800
Aluminium	5200	Kork	500
Elektromagnetische Wellen			
Vakuum	299'792'458	Glas	195'000'000

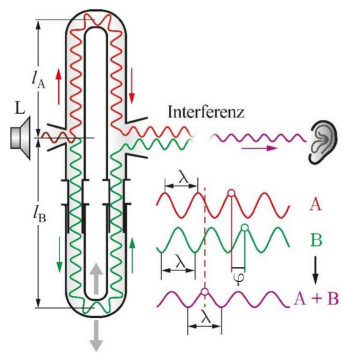
3.6 Doppler-Effekt (S.633) (S.342)

 Ruhende / bewegte Punktquelle  Verkleinerung der Wellenlänge  Bewegte Quelle unter Winkel	Bewegte Quelle, ruhender Beobachter B: $f_B = \left(\frac{1}{1 \mp \frac{v_Q}{u}} \right) f_Q \quad \text{- auf B zu / + von B weg}$ Unter Winkel: $f_B = \left(\frac{1}{1 - \frac{v_Q}{u} \cos \vartheta_Q} \right) f_Q$ $\lambda_1 = \lambda + v_Q T$ Ruhende Quelle, bewegter Beobachter: $f_B = \left(1 \pm \frac{v_B}{u} \right) f_Q \quad \text{+ auf Quelle zu}$ Unter Winkel: $f_B = \left(1 + \frac{v_B}{u} \cos \vartheta_B \right) f_Q$ Optischer Doppler-Effekt: $f_B = \frac{\sqrt{1 - \beta^2}}{1 - \beta \cos \vartheta} f_Q \quad \beta = \frac{v_{rel}}{c}$ Allgemein Schwebungsfrequenz: $\Delta f = f_{Empfangen} - f_{Gesendet}$	$[f_B]$ = Frequenz Beobachter $[f_Q]$ = Frequenz Quelle $[v_B]$ = Geschwindigkeit Beobachter $[v_Q]$ = Geschwindigkeit Quelle $[u]$ = Wellengeschwindigkeit $[f_Q]$ = Frequenz Quelle $[\vartheta]$ = Winkel $[c]$ = Lichtgeschwindigkeit
	Bewegte Quelle, bewegter Beobachter: $f_B = \frac{u + v_B \cos \vartheta_B}{u - v_Q \cos \vartheta_Q} f_Q$	
	Machscher Kegel: $\sin \vartheta = \frac{u}{v} = \frac{1}{M}$	$[M]$ = Machzahl 

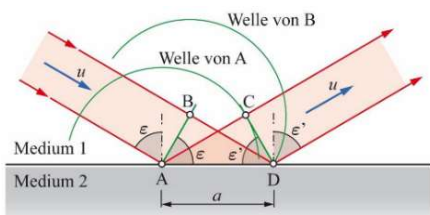
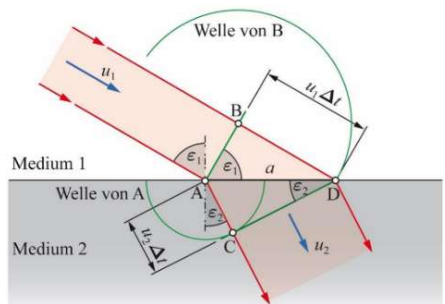
3.7 Schallwellen in Fluiden / Schallmessung (S.647) (S.348)

Welle	$\xi = \xi_0 \sin(\omega t - kx)$	Schalldruck	$\tilde{p}(x, t) = \Delta p_0 \cos(\omega t - kx)$
Schallschnelle	$v = v_0 \cos(\omega t - kx)$	Druckamplitude	$\Delta p_0 = \rho u \omega \xi_0$
Schnelleamplitude	$v_0 = \omega \xi_0$	Schallkennimpedanz	$Z = \rho u = \frac{\Delta p_0}{v_0}$
Effektivwert	$p_{eff} = \frac{\Delta p_0}{\sqrt{2}}$	Schallpegel	$L_I = 10 \cdot \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}$
Schallintensität	$I = \frac{1}{2} \rho v_0^2 u = \frac{1}{2} \rho \omega^2 \xi_0^2 u = \frac{\Delta p_0^2}{2Z}$	Schalldruckpegel	$L_p = 20 \log \left(\frac{p_{eff}}{p_{eff0}} \right), p_{eff0} = 2 \cdot 10^{-5} Pa$
Überlagerung Wellen gleicher Frequenz		$\xi = \xi_0 \cdot \cos \left(k \frac{\Delta s}{2} \right) \cdot \sin \left(\omega t - \frac{k(s_A + s_B)}{2} \right)$	
Druck zweier Schallquellen in Phase		$p = 2p_0 \cdot \cos \left(\frac{1}{2} \delta \right) \cdot \sin \left(kx - \omega t + \frac{1}{2} \delta \right)$	
Schalldämpfung	$R = 10 \cdot \log \left(\frac{P_1}{P_2} \right)$	Nachhallzeit	$T_N = 0,16 \cdot \frac{V}{\sum_i \alpha_i A_i}$ $[\alpha]$ = Absorptionsgrad $[V]$ = Volumen, $[A]$ = Fläche
Schalldämpfung: Abschwächung der Schallwellen durch Absorption und Umwandlung in Wärmeenergie.			
Schalldämmung: Behinderung der Schallausbreitung durch reflektierende Hindernisse.			

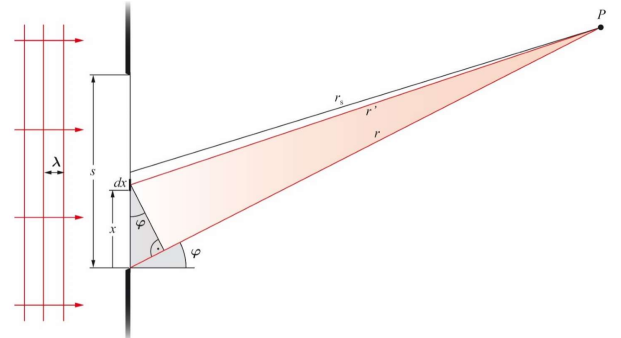
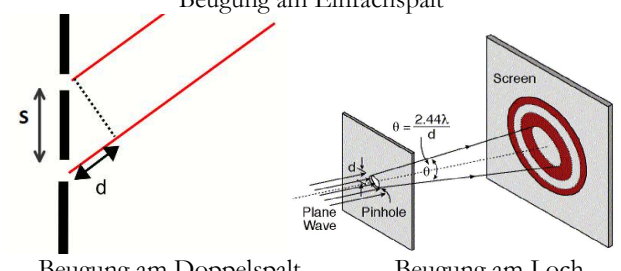
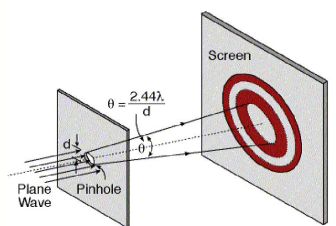
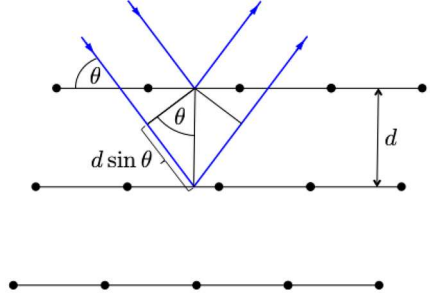
3.8 Interferenz (S.689) (S.233/235)

		Weg	Phase
	Konstruktiv (Amplitude maximal)	$\Delta s_{max} = n\lambda$	$k_0(n\Delta s) = n2\pi$
	Destruktiv (Amplitude minimal)	$\Delta s_{min} = \frac{2n + 1}{2} \lambda$	$k_0(n\Delta s) = (2n + 1)\pi$
	Grundgleichung	$\xi = \underbrace{\varphi \cos\left(k \frac{\Delta s}{2}\right)}_{\text{Amplitude}} \cdot \underbrace{\sin\left(\omega t - \frac{k(s_A + s_B)}{2}\right)}_{\text{Phase}}$	
	Allgemein	$\delta = \frac{\Delta s}{\lambda} \cdot 2\pi \quad k_0 = \frac{2\pi}{\lambda_0}$ Interferenz: Zwei oder mehr Wellen treffen sich an einem Punkt und eine Überlagerungserscheinung entsteht.	

3.9 Reflexion und Brechung (S.697)

	$\varepsilon' = \varepsilon_1 \quad u = \frac{c}{n}$ $\frac{\sin \varepsilon_1}{\sin \varepsilon_2} = \frac{u_1}{u_2} = \frac{n_2}{n_1}$ $\overline{BD} = u_1 \Delta t \quad \overline{AC} = u_2 \Delta t$ $\sin \varepsilon = \frac{\overline{BD}}{a} \quad \sin \varepsilon' = \frac{\overline{AC}}{a}$	
---	---	--

3.10 Beugung (S.731) (S.229)

 Beugung am Einfachspalt  Beugung am Doppelspalt  Beugung am Loch  Beugung Gitter	Einfachspalt: Minimum n-ter Ordnung: $\sin(\varphi_n) \cdot s = n \cdot \lambda$ Maximum n-ter Ordnung: $\sin(\varphi_n) \cdot s = (2n+1) \cdot \frac{\lambda}{2}$ Doppelspalt: Minimum n-ter Ordnung: $\sin(\varphi_n) \cdot s = (2n+1) \cdot \frac{\lambda}{2}$ Maximum n-ter Ordnung: $\sin(\varphi_n) \cdot s = n \cdot \lambda$ Beugung kreisförmige Öffnung: $\sin(\varphi_1) = 1.22 \cdot \frac{\lambda}{d}$ d=Durchmesser Gitter: $\sin(\varphi_n) = n \cdot \frac{\lambda}{d}$ wobei d=spaltenabstand Hauptmaximum n-ter Ordnung: $\sin(\varphi_n) = n \cdot \frac{\lambda}{d}$
---	--

3.11 Reflexion und Transmission

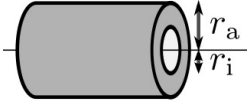
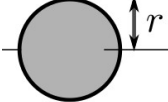
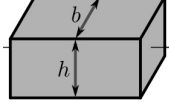
Reflexion Geschwindigkeit: $v_{r0} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \cdot v_{h0} \quad v_{t0} = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2} \cdot v_{h0}$ $Z = \rho \cdot u$ Reflexion Wellenamplitude: $\xi_{r0} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \cdot \xi_{h0} \quad \xi_{t0} = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2} \cdot \xi_{h0}$ $v_0 = \xi_0 \cdot \omega$ Reflexion Druckamplitude: $\Delta p_{r0} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \cdot \Delta p_{h0} \quad \Delta p_{t0} = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2} \cdot \Delta p_{h0}$	Reflexionskoeffizient R, Transmissionskoeffizient T: $R = \left(\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right)^2 \quad T = \frac{4Z_1 \cdot Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}$ Für den Phasensprung für R & T wird folgendes eingesetzt: $Z_1 = n_1 \quad Z_2 = n_2$ Reflexion an dichtem Material → Phasensprung Reflexion an dünnem Material → Kein Phasensprung

3.12 Eigenschwingung (S.719) (S.334)

	Allgemein: Wellenlänge: $\lambda_n = \frac{u}{f_n} = \frac{2l}{n} = \frac{u}{n \cdot f_1}$ Wellenzahl: $k_n = \frac{2\pi}{l} \cdot n$ Wellenlänge gilt nicht für Gedackte Pfeife! Niedrigste Wellenlänge: $\lambda_1 = 2l$
Saiten	Grundfrequenz: $f_1 = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{F}{\rho A}}$ Vielfache Grundfrequenz: $f_n = n \cdot f_1$
Pfeife 	Offene: Grundfrequenz: $f_1 = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{\kappa RT}{M}}$ Vielfache Grundfrequenz: $f_n = n \cdot f_1$ Gedackte: Grundfrequenz: $f_1 = \frac{1}{4l} \sqrt{\frac{\kappa RT}{M}}$ Wellenlänge: $\lambda_n = \frac{u}{f_n} = \frac{4l}{n}$ Vielfache Grundfrequenz: $f_n = (2n + 1) \cdot f_1$
Membran	Diffgleichung: $-\omega^2 f = \frac{F}{\mu} \left(\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \right)$ Eigenfrequenz: $f_{mn} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \sqrt{\frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2}}$ Eigenkreisfrequenz: $\omega_{mn} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \sqrt{\frac{m^2 \pi^2}{a^2} + \frac{n^2 \pi^2}{b^2}}$

4 Nice to know

4.1 Massenträgheitsmomente

			
$J = \frac{1}{2}mr^2$	$J = \frac{1}{2}m(r_a^2 + r_i^2)$	$J = \frac{2}{5}mr^2$	$\frac{1}{12}m(b^2 + h^2)$

4.2 Trigonometrie und Winkelargumente

Winkel	Bogen	sin	cos	tan	cot	sec	csc
0°	0	0	1	0	$\mp\infty$	1	$\mp\infty$
30°	$\frac{1}{6}\pi$	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	$\sqrt{3}$	$\frac{2\sqrt{3}}{3}$	2
45°	$\frac{1}{4}\pi$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	1	1	$\sqrt{2}$	$\sqrt{2}$
60°	$\frac{1}{3}\pi$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\sqrt{3}$	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	2	$\frac{2\sqrt{3}}{3}$
90°	$\frac{1}{2}\pi$	1	0	$\pm\infty$	0	$\pm\infty$	1

4.3 Geometrie

Körper	Formeln
Kugel	$V = \frac{4}{3}\pi r^3 \quad O = 4\pi r^2$
Zylinder	$V = \pi r^2 \cdot h \quad O = 2\pi r^2 + rh$