Formelsammlung Physik

Unterstützen Sie meine Arbeit durch eine Spende.
http://www.fersch.de
Jeder Spender erhält eine verbesserte und erweiterte Formelsammlung.

©Klemens Fersch

6. Oktober 2026

Inhaltsverzeichnis

1 Mechanik **2**
1.1 Grundlagen Mechanik . . . 2
1.1.1 Masse . . . 2
1.1.2 Kräfte . . . 2
1.1.3 Gewichtskraft . . . 3
1.1.4 Dichte . . . 3
1.1.5 Wichte . . . 4
1.1.6 Reibung . . . 4
1.1.7 Schiefe Ebene . . . 4
1.1.8 Hookesches Gesetz . . . 5
1.1.9 Drehmoment . . . 6
1.1.10 Hebelgesetz . . . 6
1.1.11 Druck . . . 6
1.1.12 Schweredruck . . . 6
1.1.13 Auftrieb in Flüssigkeiten . . . 7
1.1.14 Körper in Flüssigkeiten . . . 7
1.2 Kinematik . . . 9
1.2.1 Geradlinige Bewegung v=konst. . . . 9
1.2.2 Beschleunigte Bewegung . . . 9
1.2.3 Beschleunigte Bewegung mit Anfangsgeschwindigkeit . . . 9
1.2.4 Durchschnittsgeschwindigkeit . . . 10
1.2.5 Durchschnittsbeschleunigung . . . 10
1.2.6 Freier Fall . . . 11
1.2.7 Senkrechter Wurf nach oben . . . 11
1.2.8 Waagrechter Wurf . . . 12
1.2.9 Schiefer Wurf . . . 12
1.3 Kreisbewegung . . . 14
1.3.1 Frequenz-Periodendauer . . . 14
1.3.2 Winkelgeschwindigkeit . . . 14
1.3.3 Bahngeschwindigkeit . . . 14
1.3.4 Zentralbeschleunigung . . . 14
1.3.5 Zentralkraft . . . 14
1.4 Dynamik . . . 15
1.4.1 Newtons Axiome . . . 15
1.4.2 Gravitationsgesetz . . . 16
1.4.3 Impuls . . . 16
1.4.4 Kraftstoß . . . 16
1.4.5 Elastischer Stoß . . . 16
1.4.6 Unelastischer Stoß . . . 17

1.5 Energie - Arbeit - Leistung . . . 18
1.5.1 Mechanische Arbeit . . . 18
1.5.2 Arbeit - Energieänderung . . . 18
1.5.3 Hubarbeit - Potentielle Energie . . . 18
1.5.4 Spannarbeit-Spannenergie . . . 18
1.5.5 Beschleunigungsarbeit - kinetische Energie . . . 19
1.5.6 Energieerhaltungssatz . . . 19
1.5.7 Mechanische Leistung . . . 20
1.5.8 Wirkungsgrad . . . 20
1.6 Schwingungen/Wellen . . . 21
1.6.1 Lineares Kraftgesetz . . . 21
1.6.2 Periodendauer (harmonische Schwingung) . . . 21
1.6.3 Bewegungsgleichung (harmonische Schwingung) . . . 21

2 Elektrizitätslehre 22
2.1 Grundlagen . . . 22
2.1.1 Ladung . . . 22
2.1.2 Stromstärke . . . 22
2.1.3 Ohmsches Gesetz . . . 22
2.1.4 Spannung und Strom . . . 22
2.1.5 Reihenschaltung von 2 Widerständen . . . 23
2.1.6 Parallelschaltung von 2 Widerständen . . . 24
2.1.7 Reihenschaltung von n Widerständen . . . 24
2.1.8 Parallelschaltung von n Widerständen . . . 24
2.1.9 Widerstandsänderung - Temperatur . . . 25
2.1.10 Spezifischer Widerstand . . . 25
2.1.11 Spezifischer Leitwert . . . 25
2.1.12 Messbereichserweiterung . . . 25
2.1.13 Kirchhoffsche Gesetze . . . 26
2.1.14 Spannungsteiler . . . 26
2.2 Energie - Arbeit - Leistung . . . 28
2.2.1 Elektrische Arbeit . . . 28
2.2.2 Elektrische Leistung . . . 28
2.3 Elektrisches Feld . . . 29
2.3.1 Elektrische Feldstärke . . . 29
2.3.2 Gesetz von Coulomb . . . 29
2.3.3 Kapazität eines Kondensators . . . 29
2.3.4 Reihenschaltung von Kondensatoren . . . 29
2.3.5 Parallelschaltung von Kondensatoren . . . 30
2.3.6 Elektrische Energie des Kondensators . . . 30
2.4 Magnetisches Feld . . . 31
2.4.1 Flußdichte . . . 31
2.4.2 Feldstärke einer langgestreckten Spule . . . 31
2.4.3 Flußdichte - Feldstärke . . . 31
2.4.4 Magnetischer Fluß . . . 31
2.4.5 Induktivität einer langgestreckten Spule . . . 31
2.4.6 Reihenschaltung (Induktivität) . . . 31
2.4.7 Parallelschaltung (Induktivität) . . . 32
2.5 Wechselstrom . . . 33
2.5.1 Wechselspannung - Wechselstrom . . . 33
2.5.2 Scheitel - Effektiv . . . 33
2.5.3 Induktiver Widerstand . . . 33
2.5.4 Kapazitiver Widerstand . . . 33
2.5.5 Wirkleistung . . . 33
2.5.6 Transformator . . . 33
2.6 Elektrischer Schwingkreis . . . 35
2.6.1 Eigenfrequenz (Ungedämpfte elektrische Schwingung) . . . 35

2.6.2 Eigenkreisfrequenz . . . 35

3 Wärmelehre 36
3.1 Temperatur . . . 36
3.1.1 Termperatur - Definition . . . 36
3.1.2 Termperatur - Umrechnungen . . . 36
3.1.3 Temperaturdifferenz . . . 36
3.2 Ausdehnung der Körper . . . 37
3.2.1 Längenausdehnung . . . 37
3.2.2 Flächenausdehnung . . . 37
3.2.3 Volumenausdehnung . . . 37
3.3 Energie . . . 38
3.3.1 Wärmeenergie . . . 38
3.3.2 Schmelzen und Erstarren . . . 38
3.3.3 Verdampfen und Kondensieren . . . 38
3.3.4 Verbrennungsenergie . . . 38
3.4 Aggregatzustände . . . 39
3.4.1 Aggregatzustände . . . 39
3.5 Thermodynamik . . . 40
3.5.1 Stoffmenge und Anzahl der Teilchen . . . 40
3.5.2 Molare Masse . . . 40
3.5.3 Allgemeine Gaskonstante . . . 40
3.5.4 1. Hauptsatz der Wärmelehre . . . 40
3.5.5 Molare Wärmekapazität . . . 40
3.5.6 Zustandsänderung idealer Gase (1) . . . 41
3.5.7 Isotherme Zustandsänderung(Boyle-Mariotte) . . . 41
3.5.8 Isobare Zustandsänderung(Gay-Lussac) . . . 41
3.5.9 Adiabatische Zustandsänderung . . . 41
3.5.10 Zustandsgleichung idealer Gase (2) . . . 42

4 Optik 43
4.1 Reflexion und Brechung . . . 43
4.1.1 Reflexion . . . 43
4.1.2 Brechung . . . 43
4.1.3 Strahlengang durch die planparallele Platte . . . 43
4.2 Linsen . . . 45
4.2.1 Optische Linsen . . . 45
4.3 Interferenz . . . 47
4.3.1 Interferenz zweier Wellen . . . 47

5 Astronomie 49
5.1 Gravitation . . . 49
5.1.1 Gravitationsgesetz . . . 49
5.1.2 Gravitationsfeldstärke . . . 49
5.1.3 Keplersche Gesetze . . . 49

6 Atomphysik 51
6.1 Atombau . . . 51
6.1.1 Bohrsches Atommodell . . . 51
6.1.2 Kernbausteine(Protonen,Neutronen,Massenzahl) . . . 51
6.1.3 Isotope . . . 51
6.1.4 Atomare Masseneinheit . . . 52
6.1.5 Atommasse . . . 52
6.1.6 Masse des Atomkerns . . . 52
6.1.7 Elektrische Ladung . . . 52
6.1.8 Masse - Energie . . . 52
6.2 Kernumwandlungen . . . 53

6.2.1 Radioaktiver Zerfall . . . 53
6.2.2 Zerfallsgesetz . . . 53
6.2.3 Halbwertszeit . . . 53
6.2.4 Aktivität . . . 53
6.2.5 Energiedosis . . . 53
6.2.6 Aquivalentdosis . . . 53
6.2.7 Photon . . . 54

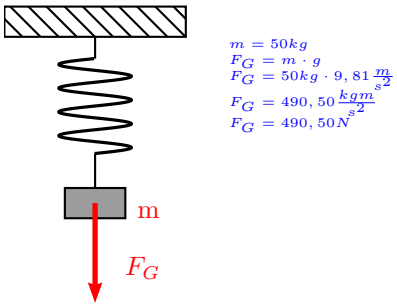
7 Physik Grundlagen **55**
7.1 Größen und Einheiten . . . 55
7.1.1 Größengleichungen . . . 55

8 Tabellen **56**
8.1 Physikalische Konstanten . . . 56
8.2 Griechisches Alphabet . . . 56
8.3 Dichte . . . 57
8.4 Brechzahlen . . . 58
8.5 Spezifischer Widerstand . . . 58
8.6 Spezifische Wärmekapazität . . . 59
8.7 Umrechnungen . . . 59
8.7.1 Zehnerpotenz - Exponent positiv . . . 60
8.7.2 Zehnerpotenz - Exponent negativ . . . 60
8.7.3 Längen . . . 61
8.7.4 Flächen . . . 61
8.7.5 Volumen . . . 61
8.7.6 Zeit . . . 62
8.7.7 Winkel . . . 62
8.7.8 Dezimale Einheiten . . . 62
8.7.9 Masse . . . 63
8.7.10 Kraft . . . 63
8.7.11 Energie-Arbeit . . . 63
8.7.12 Leistung . . . 64
8.7.13 Geschwindigkeit . . . 64
8.7.14 Druck . . . 64
8.7.15 Frequenz . . . 64
8.7.16 Spannung . . . 65
8.7.17 Strom . . . 65
8.7.18 Widerstand . . . 65
8.7.19 Induktivität . . . 65
8.7.20 Kapazität . . . 65

1 Mechanik

1.1 Grundlagen Mechanik

1.1.1 Masse

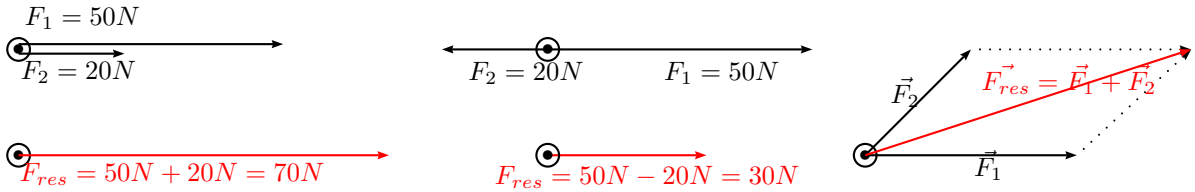


Masse

• Die Masse eines Körpers gibt an, wie viel Materie in ihm enthalten ist.
• Die Masse eines Körpers ist überall gleich. (ortsunabhängig)
• Trägheit
Die Masse eines Körpers setzt einer Kraft, die versucht die Geschwindigkeit oder Richtung des Körpers zu ändern, einen Widerstand entgegen.
• Gravitationskraft
Alle Körper mit der Masse m ziehen sich gegenseitig an.

m	Masse	kg

1.1.2 Kräfte



Kraft

• Kräfte kann man an ihren Wirkungen erkennen.
Kräfte können Körper:
- beschleunigen oder abbremsen
- verformen
- die Bewegungsrichtung ändern
• Die Kraft ist eine vektorielle Größe. Die Kraft $\vec{F}$ ist bestimmt durch:
- den Betrag $F = \left|\vec{F}\right|$
- die Richtung

$\vec{F}$	Kraftvektor	N	$\frac{kgm}{s^2}$
F	Betrag der Kraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$

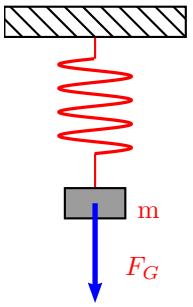
Kräfte addieren

•gleiche Richtung
$F_{res} = F_1 + F_2$
•entgegengesetzte Richtung - gleicher Anfgriffspunkt
$F_{res} = F_1 - F_2$
•Addition von Kräften mit unterschiedlicher Richtung
Kräfteparallelogramm
$\vec{F}_{res} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

$\vec{F}_1$	Kraft 1	N	$\frac{kgm}{s^2}$
F_1	Betrag der Kraft 1	N	$\frac{kgm}{s^2}$
$\vec{F}_2$	Kraft 2	N	$\frac{kgm}{s^2}$
F_2	Betrag der Kraft 2	N	$\frac{kgm}{s^2}$
$\vec{F}_{res}$	Resultierende Kraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$
F_{res}	Betrag Resultierende Kraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$

[$\vec{F}_{res} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$]

1.1.3 Gewichtskraft



$m = 50kg$
$F_G = m \cdot g$
$F_G = 50kg \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}$
$F_G = 490,50 \frac{kgm}{s^2}$
$F_G = 490,50N$

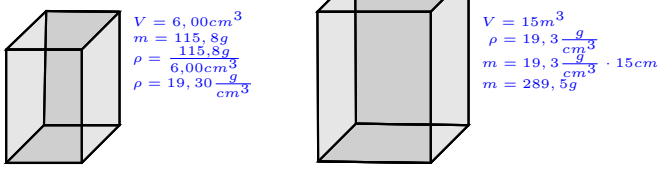
$F_G = m \cdot g$
Alle Körper der Masse m ziehen sich gegenseitig an. Diese Kraft nennt man Gravitationskraft.
Ein Körper der Masse m_1 wird von der Erde der Masse m_2 angezogen. Die schiefehtskraft hängt von der Fallbeschleunigung(Ortsfaktor) g und der Masse m ab. Die Fallbeschleunigung ist ortsabhängig.

Erde (Europa)	$9,81 \frac{m}{s^2}$	Erde (Pol)	$9,83 \frac{m}{s^2}$
Erde (Äquator)	$9,78 \frac{m}{s^2}$	Mond	$1,62 \frac{m}{s^2}$
Merkur	$3,7 \frac{m}{s^2}$	Venus	$8,87 \frac{m}{s^2}$

m	Masse	kg	
$\vec{F}$	Kraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$
F	Betrag der Kraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$
m	Masse	kg	
g	Fallbeschleunigung	$\frac{m}{s^2}$	$9,81 \frac{m}{s^2}$
F_G	schiefe ebenehtskraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$

[$F_G = m \cdot g$][$m = \frac{F_G}{g}$][$g = \frac{F_G}{m}$]

1.1.4 Dichte



$$\rho = \frac{m}{V}$$

V	Volumen	m^3
m	Masse	kg
ρ	Dichte	$\frac{kg}{m^3}$

[$\rho = \frac{m}{V}$][$m = \rho \cdot V$][$V = \frac{m}{\rho}$]

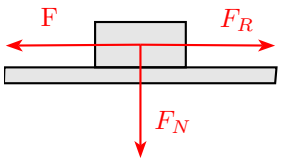
1.1.5 Wichte

$$\gamma = \frac{F_G}{V}$$

V	Volumen	m^3	
F_G	Gewichtskraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$
γ	Wichte	$\frac{N}{m^3}$	

[$\gamma = \frac{F_G}{V}$][$F_G = V \cdot \gamma$][$V = \frac{F_G}{\gamma}$]

1.1.6 Reibung



$F_R = \mu \cdot F_N$

Haftreibung

$F_{RH} = \mu_H \cdot F_N (v = 0)$

Gleitreibung

$F_{RG} = \mu_G \cdot F_N \quad (v \neq 0)$

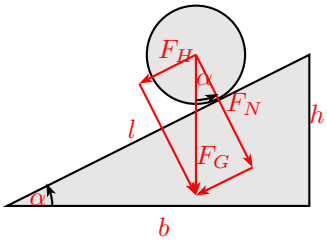
Rollreibung

$F_{RR} = \mu_R \cdot F_N \quad (v \neq 0)$

μ_H	Haftreibungszahl		
μ_G	Gleitreibungszahl		
μ_R	Rollreibungszahl		
F_N	Normalkraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$
F_R	Reibungkraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$

[$F_R = \mu \cdot F_N$][$F_N = \frac{F_R}{\mu}$][$\mu = \frac{F_R}{F_N}$]

1.1.7 Schiefe Ebene



$F_H = \frac{F_G \cdot h}{l}$
$h = 4m$
$l = 5m$
$F_G = 100N$
$F_H = \frac{100N \cdot 4m}{5m}$
$F_H = 80N$

$F_H = \frac{F_G \cdot h}{l}$
$F_N = \frac{F_G \cdot b}{l}$

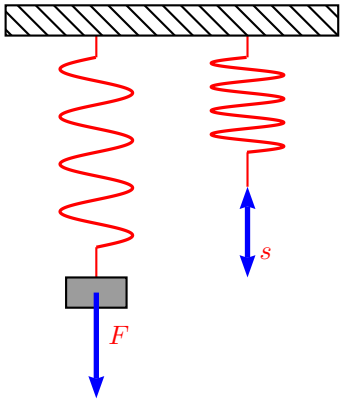
l	Länge	m	
b	Breite	m	
F_G	Gewichtskraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$
F_N	Normalkraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$

$F_H = F_G \cdot sin\alpha$
$F_N = F_G \cdot cos\alpha$

α	Neigungswinkel	°	
F_G	Gewichtskraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$
F_H	Hangabtriebskraft	N	
F_N	Normalkraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$

[$F_H = \frac{F_G \cdot h}{l}$][$F_G = \frac{F_H \cdot l}{h}$][$h = \frac{F_H \cdot l}{F_G}$][$l = \frac{F_G \cdot h}{F_H}$][$F_N = \frac{F_G \cdot b}{l}$][$F_G = \frac{F_N \cdot l}{b}$][$b = \frac{F_N \cdot l}{F_G}$][$l = \frac{F_G \cdot b}{F_N}$][$F_H = F_G \cdot sin\alpha$][$F_G = \frac{F_H}{sin\alpha}$][$sin\alpha = \frac{F_H}{F_G}$][$F_N = F_G \cdot cos\alpha$][$F_G = \frac{F_N}{cos\alpha}$][$cos\alpha = \frac{F_N}{F_G}$]

1.1.8 Hookesches Gesetz



$F = D \cdot s$

s	Weg,Auslenkung	m	
D	Federkonstante,Richtgröße	$\frac{N}{m}$	$\frac{kg}{s^2}$
F	Kraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$

[$F = D \cdot s$][$D = \frac{F}{s}$][$s = \frac{F}{D}$]

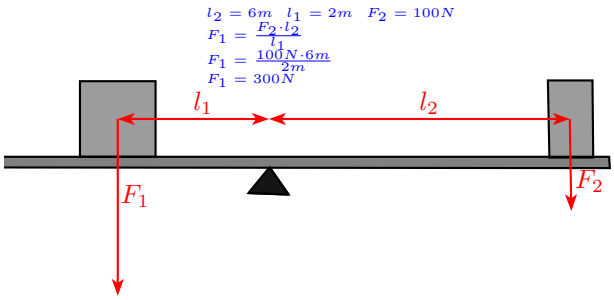
1.1.9 Drehmoment

$$M = F \cdot l$$

l	Hebelarm	m	
F	Kraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$
M	Drehmoment	Nm	$\frac{kgm^2}{s^2}$

[$M = F \cdot l$][$F = \frac{M}{l}$][$l = \frac{M}{F}$]

1.1.10 Hebelgesetz



$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$

$l2$	Hebelarm	m	
$l1$	Hebelarm	m	
F_2	Einzelkraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$
F_1	Einzelkraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$

[$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$][$F_1 = \frac{F_2 \cdot l_2}{l_1}$][$l_1 = \frac{F_2 \cdot l_2}{F_1}$]

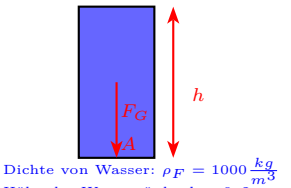
1.1.11 Druck

$$p = \frac{F}{A}$$

A	Fläche	m^2	
F	Kraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$
p	Druck	Pa	$\frac{N}{m^2}$

[$p = \frac{F}{A}$][$F = p \cdot A$][$A = \frac{F}{p}$]

1.1.12 Schweredruck



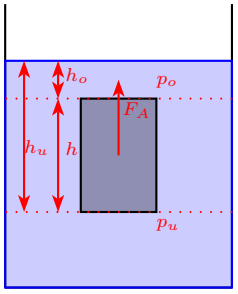
Dichte von Wasser: $\rho_F = 1000 \frac{kg}{m^3}$
Höhe der Wassersäule: $h = 0,2m$
Schweredruck: $p = \rho \cdot g \cdot h$
$p = 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 0,2m = 19$
$p = 1962 \frac{N}{m^2}$

Volumen der Wassersäule: $V = A \cdot h$
Masse der Wassersäule: $m = \rho \cdot V$
Gewicht der Wassersäule: $F = m \cdot g = \rho \cdot V \cdot g$
Druck: $p = \frac{F}{A} = \frac{\rho \cdot A \cdot h \cdot g}{A}$
Schweredruck $p = \rho \cdot g \cdot h$

A	Grundfläche des Körpers	m	
h	Höhe der Flüssigkeitssäule	m	
g	Fallbeschleunigung	$\frac{m}{s^2}$	$9,81 \frac{m}{s^2}$
ρ	Dichte der Flüssigkeit	$\frac{kg}{m^3}$	
p	Druck	Pa	$\frac{N}{m^2}$

[$p = \rho \cdot g \cdot h$][$\rho = \frac{p}{g \cdot h}$][$h = \frac{p}{g \rho}$]

1.1.13 Auftrieb in Flüssigkeiten



Dichte von Wasser: $\rho_F = 1000 \frac{kg}{m^3}$
Volumen des Körpers: $V = 0,2 m^3$
$F_A = \rho \cdot g \cdot V$
$F_A = 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 0,2 m^3$
$F_A = 1962 N$

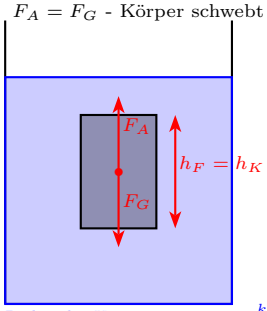
$\Delta p = p_u - p_o$
$\Delta p = \rho \cdot h_u \cdot g - \rho \cdot h_o \cdot g = \rho \cdot h \cdot g$
$F_A = \Delta p \cdot A = \rho \cdot h \cdot g \cdot A = \rho \cdot g \cdot V$
$F_A = \rho \cdot g \cdot V$

p_u	Druck in der Tiefe h_u	Pa	$\frac{N}{m^2}$
p_o	Druck in der Tiefe h_o	Pa	$\frac{N}{m^2}$
Δp	Druckunterschied	Pa	$\frac{N}{m^2}$
h_u	Höhe	m	
h_o	Höhe	m	
h	Höhe des Körpers	m	
g	Fallbeschleunigung	$\frac{m}{s^2}$	$9,81 \frac{m}{s^2}$
ρ	Dichte	$\frac{kg}{m^3}$	
F_A	Auftriebskraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$

[$F_A = \rho \cdot g \cdot V$][$\rho = \frac{F_A}{g \cdot V}$][$V = \frac{F_A}{g \rho}$]

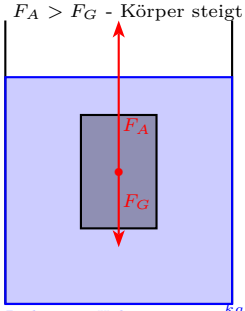
1.1.14 Körper in Flüssigkeiten

$F_A = F_G$ - Körper schwebt



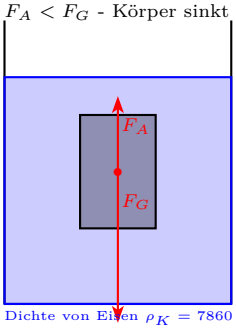
Dichte des Körpers $\rho_K = 1000 \frac{kg}{m^3}$
Dichte von Wasser $\rho_F = 1000 \frac{kg}{m^3}$
$1000 \frac{kg}{m^3} = 1000 \frac{kg}{m^3}$

$F_A > F_G$ - Körper steigt



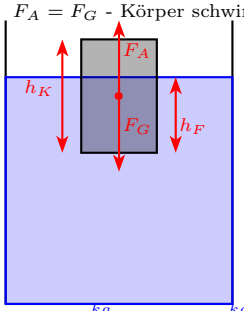
Dichte von Holz $\rho_K = 500 \frac{kg}{m^3}$
Dichte von Wasser $\rho_F = 1000 \frac{kg}{m^3}$
$1000 \frac{kg}{m^3} > 500 \frac{kg}{m^3}$

$F_A < F_G$ - Körper sinkt



Dichte von Eisen $\rho_K = 7860 \frac{kg}{m^3}$
Dichte von Wasser $\rho_F = 1000 \frac{kg}{m^3}$
$1000 \frac{kg}{m^3} < 7860 \frac{kg}{m^3}$

$F_A = F_G$ - Körper schwimmt



$\rho_K = 500 \frac{kg}{m^3}$ $\rho_F = 1000 \frac{kg}{m^3}$
$h_F = \frac{500 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,2 m}{1000 \frac{kg}{m^3}} = 0,1 m$

Auftrieb: $F_A = \rho_F \cdot g \cdot V_F$

Gewichtskraft: $F_G = m \cdot g = \rho_K \cdot V_K \cdot g$

• Körper schwebt

$F_A = F_G \quad V_F = V_K$

$\rho_F \cdot g \cdot V_F = \rho_K \cdot V_K \cdot g$

$\rho_F = \rho_K$

• Körper steigt

$F_A > F_G \quad V_F = V_K$

$\rho_F \cdot g \cdot V_F > \rho_K \cdot V_K \cdot g$

$\rho_F > \rho_K$

• Körper sinkt

$F_A < F_G \quad V_F = V_K$

$\rho_F \cdot g \cdot V_F < \rho_K \cdot V_K \cdot g$

$\rho_F < \rho_K$

• Körper schwimmt

$F_A = F_G \quad V_F \neq V_K \quad h_F \neq h_K$

$\rho_F \cdot g \cdot V_F = \rho_K \cdot V_K \cdot g$

$\rho_F \cdot V_F = \rho_K \cdot V_K$

$V_F = \frac{\rho_K \cdot V_K}{\rho_F}$

$A \cdot h_F = \frac{\rho_K \cdot A \cdot h_K}{\rho_F}$

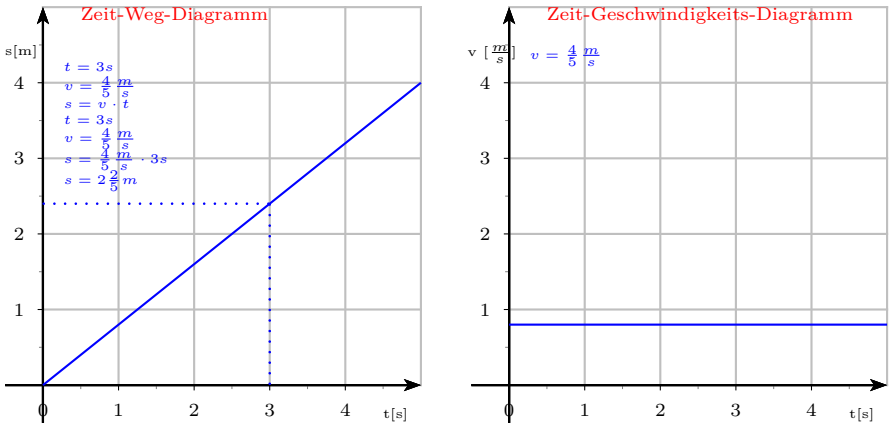
$h_F = \frac{\rho_K \cdot h_K}{\rho_F}$

V_F	Volumen der verdrängten Flüssigkeit	m^3	
V_K	Volumen des Körpers	m^3	
ρ_F	Dichte der Flüssigkeit	$\frac{kg}{m^3}$	
ρ_K	Dichte des Körpers	$\frac{kg}{m^3}$	
h_F	Höhe des Körpers in der Flüssigkeit	m	
h_K	Höhe des Körpers	m	
A	Grundfläche des Körpers	m^2	
g	Fallbeschleunigung	$\frac{m}{s^2}$	$9,81\frac{m}{s^2}$
F_A	Auftriebskraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$
F_G	Gewichtskraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$

[$F_A = \rho \cdot g \cdot V$][$\rho = \frac{F_A}{g \cdot V}$][$V = \frac{F_A}{g\rho}$]

1.2 Kinematik

1.2.1 Geradlinige Bewegung v=konst.

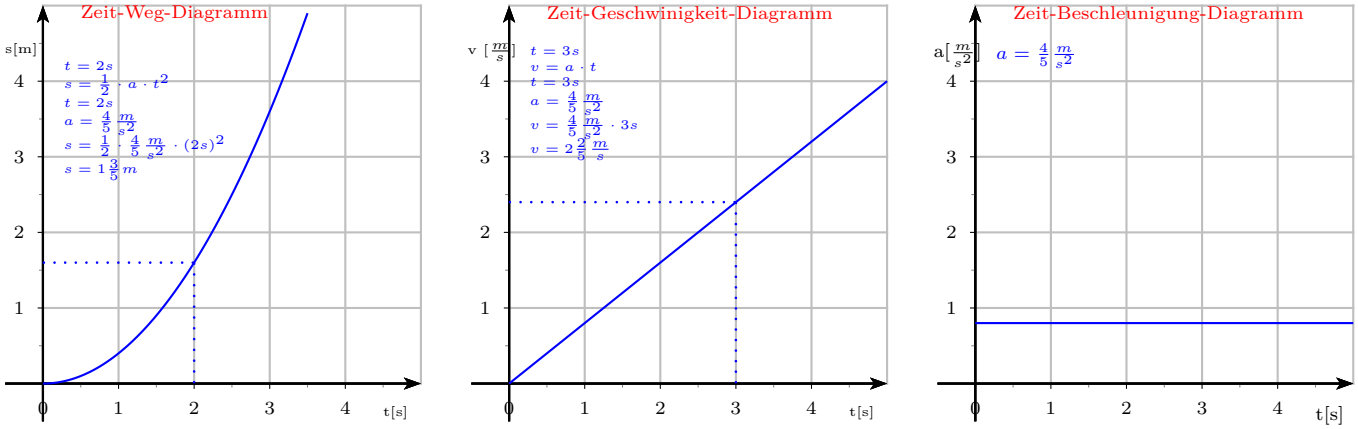


$s = v \cdot t$

t	Zeit	s
v	Geschwindigkeit	$\frac{m}{s}$
s	Weg,Auslenkung	m

[$s = v \cdot t$][$v = \frac{s}{t}$][$t = \frac{s}{v}$]

1.2.2 Beschleunigte Bewegung



$v = a \cdot t$

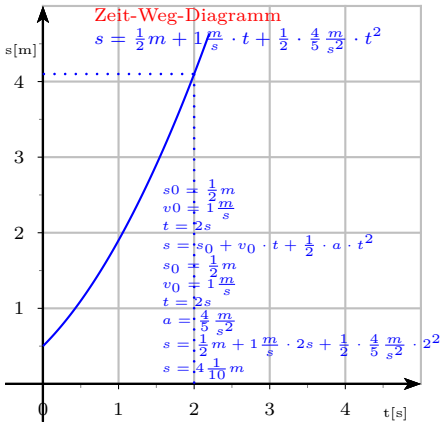
t	Zeit	s
a	Beschleunigung	$\frac{m}{s^2}$
v	Geschwindigkeit	$\frac{m}{s}$

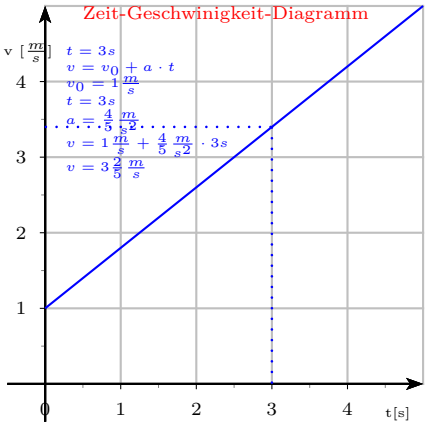
$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$

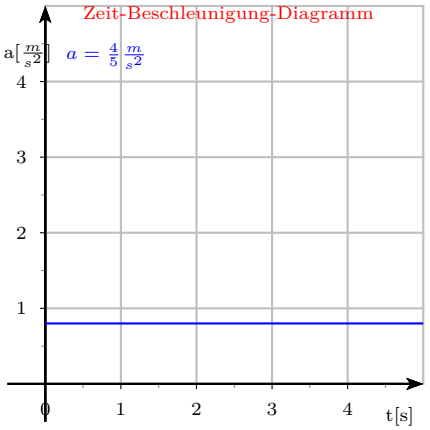
t	Zeit	s
a	Beschleunigung	$\frac{m}{s^2}$
s	Weg,Auslenkung	m

[$v = a \cdot t$][$a = \frac{v}{t}$][$t = \frac{v}{a}$][$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$][$a = \frac{2 \cdot s}{t^2}$][$t = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{a}}$]

1.2.3 Beschleunigte Bewegung mit Anfangsgeschwindigkeit







$v = v_0 + a \cdot t$		
v_0	Anfangsgeschwindigkeit	$\frac{m}{s}$
t	Zeit	s
a	Beschleunigung	$\frac{m}{s^2}$
v	Geschwindigkeit	$\frac{m}{s}$

$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$		
s_0	Anfangsweg	m
v_0	Anfangsgeschwindigkeit	$\frac{m}{s}$
t	Zeit	s
a	Beschleunigung	$\frac{m}{s^2}$
s	Weg,Auslenkung	m

$v^2 - v_0^2 = 2 \cdot a \cdot s$		
v	Geschwindigkeit	$\frac{m}{s}$
v_0	Anfangsgeschwindigkeit	$\frac{m}{s}$
a	Beschleunigung	$\frac{m}{s^2}$
s	Weg,Auslenkung	m

[$v = v_0 + a \cdot t$][$v_0 = v - a \cdot t$][$t = \frac{v - v_0}{a}$][$a = \frac{v - v_0}{t}$][$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$][$a = \frac{2 \cdot (s - s_0 - v_0 \cdot t)}{t^2}$][$t = \frac{-v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 4 \cdot 0{,}5 \cdot a \cdot (s_0 - s)}}{a}$][$s_0 = s - v_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$][$v_0 = \frac{s - s_0 - 0{,}5 \cdot a \cdot t^2}{t}$][$v^2 - v_0^2 = 2 \cdot a \cdot s$][$v = \sqrt{2 \cdot a \cdot s + v_0^2}$][$v_0 = \sqrt{v^2 - 2 \cdot a \cdot s}$]

1.2.4 Durchschnittsgeschwindigkeit

$v = \frac{x_1 - x_2}{t_1 - t_2}$		
t_2	aufeinanderfolgende Zeitpunkte	s
t_1	aufeinanderfolgende Zeitpunkte	s
x_2	zurückgelegter Weg	m
x_1	zurückgelegter Weg	m
v	Bahngeschwindigkeit	$\frac{m}{s}$

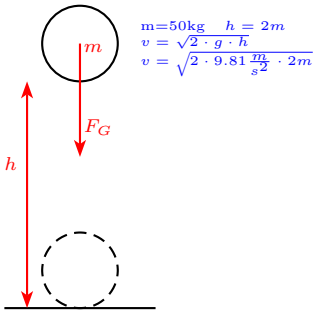
[$v = \frac{x_1 - x_2}{t_1 - t_2}$]

1.2.5 Durchschnittsbeschleunigung

$a = \frac{v_1 - v_2}{t_1 - t_2}$		
t_2	aufeinanderfolgende Zeitpunkte	s
t_1	aufeinanderfolgende Zeitpunkte	s
v_2	Geschwindigkeit	$\frac{m}{s}$
v_1	Geschwindigkeit	$\frac{m}{s}$
a	Durchschnittsbeschleunigung	$\frac{m}{s^2}$

[$a = \frac{v_1 - v_2}{t_1 - t_2}$]

1.2.6 Freier Fall



$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$

t	Zeit	s	
g	Fallbeschleunigung	$\frac{m}{s^2}$	$9,81 \frac{m}{s^2}$
h	Fallhöhe	m	

$v = \sqrt{2 \cdot h \cdot g}$

h	Höhe	m	
g	Fallbeschleunigung	$\frac{m}{s^2}$	$9,81 \frac{m}{s^2}$
v	Geschwindigkeit	$\frac{m}{s}$	

[$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$][$g = \frac{2 \cdot h}{t^2}$][$t = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$][$v = \sqrt{2 \cdot h \cdot g}$][$h = \frac{v^2}{2 \cdot g}$]

1.2.7 Senkrechter Wurf nach oben

$h = h_0 + v_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$

h_0	Abwurfhöhe	m	
v_0	Anfangsgeschwindigkeit	$\frac{m}{s}$	
t	Zeit	s	
g	Fallbeschleunigung	$\frac{m}{s^2}$	$9,81 \frac{m}{s^2}$
h	Höhe	m	

$v = v_0 - g \cdot t$

v_0	Anfangsgeschwindigkeit	$\frac{m}{s}$	
t	Zeit	s	
g	Fallbeschleunigung	$\frac{m}{s^2}$	$9,81 \frac{m}{s^2}$
v	Geschwindigkeit	$\frac{m}{s}$	

[$h = h_0 + v_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$][$g = -\frac{2 \cdot (h - h_0 - v_0 \cdot t)}{t^2}$][$t = \frac{-v_0 \pm \sqrt{v_0^2 + 4 \cdot 0,5 \cdot g \cdot (h_0 - h)}}{-g}$][$h_0 = h - v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$][$v = v_0 - g \cdot t$][$v_0 = v + g \cdot t$][$t = \frac{v_0 - v}{g}$][$g = \frac{v_0 - v}{t}$]

1.2.8 Waagrechter Wurf

Bewegung in x-Richtung:

$x = v_x \cdot t$

Bewegung in y-Richtung:

$y = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$

$v_y = g \cdot t$

Zeitfreie Darstellung:

$y = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot (\frac{x}{v_x})^2 = -\frac{g}{2 \cdot v_x^2} \cdot x^2$

Gesamtgeschwindigkeit:

$v_{ges} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$

Wurfzeit:

$t = \sqrt{\frac{2 \cdot h_0}{g}}$

Wurfweite:

$x = v_x \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot h_0}{g}}$

Auftreffwinkel:

$\tan \alpha = \frac{v_y}{v_x}$

x	x-Richtung	m	Meter
y	y-Richtung	m	Meter
h_0	Anfangshöhe	m	Meter
$v_0 = v_x$	Anfangsgeschwindigkeit	$\frac{m}{s}$	
v_y	Geschwindigkeit in y-Richtung	$\frac{m}{s}$	
x_w	Wurfweite	m	Meter
v_{ges}	Gesamtgeschwindigkeit	$\frac{m}{s}$	
g	Fallbeschleunigung	$9,81 \frac{m}{s^2}$	

[$y = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$][$t = \sqrt{\frac{2 \cdot y}{g}}$][$s = v \cdot t$][$v = \frac{s}{t}$]

1.2.9 Schiefer Wurf

$x_w = \frac{v_0^2 \cdot sin(2 \cdot \alpha)}{g}$

g	Fallbeschleunigung	$\frac{m}{s^2}$	$9,81 \frac{m}{s^2}$
α	Abwurfwinkel	$^\circ$	
v_0	Anfangsgeschwindigkeit	$\frac{m}{s}$	
x_w	Wurfweite	m	

$v_y = v \cdot sin\alpha - g \cdot t$

g	Fallbeschleunigung	$\frac{m}{s^2}$	$9,81 \frac{m}{s^2}$
t	Zeit	s	
α	Winkel Geschwindigkeitsvektor v - x-Achse	$^\circ$	
v	Betrag der Geschwindigkeit	$\frac{m}{s}$	
v_y	Geschwindigkeit in y-Richtung	$\frac{m}{s}$	

$v_x = v \cdot cos\alpha$

α	Winkel Geschwindigkeitsvektor v - x-Achse	$^\circ$	
v	Betrag der Geschwindigkeit	$\frac{m}{s}$	
v_x	Geschwindigkeit in x-Richtung	$\frac{m}{s}$	

$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$

v_x	Geschwindigkeit in x-Richtung	$\frac{m}{s}$
v_y	Geschwindigkeit in y-Richtung	$\frac{m}{s}$
v	Betrag der Geschwindigkeit	$\frac{m}{s}$

$v_y = \sqrt{v^2 - v_x^2}$

v	Betrag der Geschwindigkeit	$\frac{m}{s}$
v_x	Geschwindigkeit in x-Richtung	$\frac{m}{s}$
v_y	Geschwindigkeit in y-Richtung	$\frac{m}{s}$

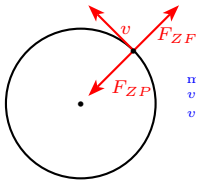
$$y = x \cdot tan\alpha - \frac{g \cdot x^2}{2 \cdot v_0^2 \cdot cos^2\alpha}$$

v_0	Anfangsgeschwindigkeit	$\frac{m}{s}$	
g	Fallbeschleunigung	$\frac{m}{s^2}$	$9,81 \frac{m}{s^2}$
α	Abwurfwinkel	$^\circ$	
x	in x-Richtung (Bahnkurve)	m	
y	in y-Richtung (Bahnkurve)	m	

[$x_w = \frac{v_0^2 \cdot sin(2 \cdot \alpha)}{g}$][$t = \frac{v_0 \cdot sin\alpha}{g}$][$v_y = v \cdot sin\alpha - g \cdot t$][$v = \frac{v_y + g \cdot t}{sin\alpha}$][$v_x = v \cdot cos\alpha$][$v = \frac{v_x}{cos\alpha}$][$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$][$v_x = \sqrt{v^2 - v_y^2}$][$v_y = \sqrt{v^2 - v_x^2}$][$v_y = tan\alpha \cdot v_x$][$tan\alpha = \frac{v_y}{v_x}$][$v_x = \frac{v_y}{tan\alpha}$][$y = x \cdot tan\alpha - \frac{g \cdot x^2}{2 \cdot v_0^2 \cdot cos^2\alpha}$][$t = \frac{2 \cdot v_0 \cdot sin\alpha}{g}$]

1.3 Kreisbewegung

1.3.1 Frequenz-Periodendauer



$f = \frac{1}{T}$

T	Periodendauer	s
f	Frequenz	$hz = \frac{1}{s}$

$f = \frac{n}{t}$

t	Zeit	s
n	Perioden-Umdrehungen	
f	Frequenz	$hz = \frac{1}{s}$

[$f = \frac{1}{T}$][$T = \frac{1}{f}$][$f = \frac{n}{t}$][$t = \frac{n}{f}$][$n = f \cdot t$]

1.3.2 Winkelgeschwindigkeit

$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$

π	Kreiszahl	$3,1415927$
f	Frequenz	$hz = \frac{1}{s}$
ω	Winkelgeschwindigkeit	$\frac{1}{s}$

[$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$][$f = \frac{\omega}{2 \cdot \pi}$][$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T}$][$T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega}$]

1.3.3 Bahngeschwindigkeit

$v = \omega \cdot r$

r	Radius	m
ω	Winkelgeschwindigkeit	$\frac{1}{s}$
v	Bahngeschwindigkeit	$\frac{m}{s}$

[$v = \omega \cdot r$][$\omega = \frac{v}{r}$][$r = \frac{v}{\omega}$]

1.3.4 Zentralbeschleunigung

$a_z = \omega^2 \cdot r$

r	Radius	m
ω	Winkelgeschwindigkeit	$\frac{1}{s}$
a_z	Zentralbeschleunigung	$\frac{m}{s^2}$

[$a_z = \omega^2 \cdot r$][$\omega = \sqrt{\frac{a_z}{r}}$][$r = \frac{a_z}{\omega}$]

1.3.5 Zentralkraft

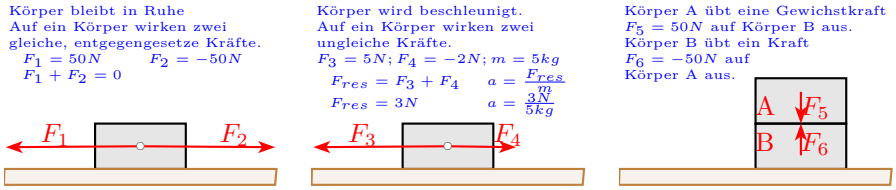
$F_z = m \cdot \omega^2 \cdot r$

r	Radius	m
ω	Winkelgeschwindigkeit	$\frac{1}{s}$
m	Masse	kg
F_z	Zentralkraft	N $\frac{kgm}{s^2}$

[$F_z = m \cdot \omega^2 \cdot r$][$m = \frac{F_z}{\omega^2 \cdot r}$][$\omega = \sqrt{\frac{F_z}{m \cdot r}}$][$r = \frac{F_z}{m \cdot \omega^2}$]

1.4 Dynamik

1.4.1 Newtons Axiome



Trägheitsprinzip (1. Newton-Axiom)

Wirkt auf einen Körper keine Kraft oder ist die Summe der einwirkenden Krafte ist gleich Null, so bleibt er in Ruhe oder bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit weiter.

$$\sum_{k=1}^{n} F_k = 0$$

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \cdots + \vec{F}_n = 0$$

Aktionsprinzip (2. Newton-Axiom)

Wirkt auf einen Körper eine Kraft, so wird er in Richtung der Kraft beschleunigt.

•Die Beschleunigung ist direkt proportional zur Kraft.

$a \sim F$

•Die Beschleunigung ist indirekt proportional zur Masse.

$a \sim \frac{1}{m}$

• Kraft

$F = m \cdot a$

F_1	Kraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$
F_2	Kraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$

Reaktionsprinzip (3. Newton-Axiom)

Übt ein Körper A auf einen Körper B eine Kraft aus, so übt Körper B auf Körper A eine gleich große, aber entgegengesetzte Kraft aus.(actio = reactio)

$F_2 = -F_1$

[$F = m \cdot a$][$m = \frac{F}{a}$][$a = \frac{F}{m}$]

1.4.2 Gravitationsgesetz

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

G	Gravitationskonstante	$\frac{Nm^2}{kg^2}$	$6,67430E-11$
r	Abstand der Massen	m	
m_2	Massen	kg	
m_1	Massen	kg	
F	Kraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$

[$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$][$r = \sqrt{\frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{F}}$][$m_1 = \frac{F \cdot r^2}{G \cdot m_2}$][$m_2 = \frac{F \cdot r^2}{G \cdot m_1}$]

1.4.3 Impuls

$$p = m \cdot v$$

v	Geschwindigkeit	$\frac{m}{s}$	
m	Masse	kg	
p	Impuls	Ns	$kg\frac{m}{s}$

[$p = m \cdot v$][$m = \frac{p}{v}$][$v = \frac{p}{m}$]

1.4.4 Kraftstoß

$$F \cdot \Delta t = \Delta p$$

F	Kraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$
Δt	Zeit	s	
Δp	Impulsänderung	Ns	$kg\frac{m}{s}$

[$p = m \cdot v$][$m = \frac{p}{v}$][$v = \frac{p}{m}$]

1.4.5 Elastischer Stoß

Elastischer Stoß

Geschwindigkeit nach dem Stoß:

$$v_1' = \frac{v_1(m_1 - m_2) + 2m_2v_2}{m_1 + m_2}$$

$$v_2' = \frac{v_2(m_2 - m_1) + 2m_1v_1}{m_1 + m_2}$$

Impulserhaltungssatz:

$$p_1 + p_2 = p_1' + p_2'$$

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$$

Energieerhaltungssatz:

$$E_{kin} = E_{kin}'$$

$$E_1 + E_2 = E_1' + E_2'$$

$$\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}m_1v_1'^2 + \frac{1}{2}m_2v_2'^2$$

m_1	Masse 1	kg
m_2	Masse 2	kg
v_1	Geschwindigkeit von m_1 vorher	$\frac{m}{s}$
v_2	Geschwindigkeit von m_2 vorher	$\frac{m}{s}$
E_1	Kinetische Energie von m_1 vorher	J
E_2	Kinetische Energie von m_2 vorher	J
v_1'	Geschwindigkeit von m_1 nachher	$\frac{m}{s}$
v_2'	Geschwindigkeit von m_2 nachher	$\frac{m}{s}$
E_1'	Kinetische Energie von m_1 nachher	J
E_2'	Kinetische Energie von m_2 nachher	J

1.4.6 Unelastischer Stoß

Unelastischer Stoß

Geschwindigkeit nach dem Stoß:

$$v_1' = v_2' = v' = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$

Impulserhaltungssatz:

$$p_1 + p_2 = p_1' + p_2'$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

Energie:

$$E_{kin} > E_{kin}'$$

$$\Delta E = E_1 + E_2 - (E_1' + E_2')$$

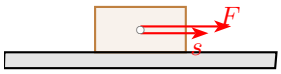
$$\Delta E = \tfrac{1}{2} m_1 v_1^2 + \tfrac{1}{2} m_2 v_2^2 - (\tfrac{1}{2} m_1 v'^2 + \tfrac{1}{2} m_2 v'^2)$$

m_1	Masse 1	kg
m_2	Masse 2	kg
v_1	Geschwindigkeit von m_1 vorher	$\frac{m}{s}$
v_2	Geschwindigkeit von m_2 vorher	$\frac{m}{s}$
E_1	Kinetische Energie von m_1 vorher	J
E_2	Kinetische Energie von m_2 vorher	J
v_1'	Geschwindigkeit von m_1 nachher	$\frac{m}{s}$
v_2'	Geschwindigkeit von m_2 nachher	$\frac{m}{s}$
E_1'	Kinetische Energie von m_1 nachher	J
E_2'	Kinetische Energie von m_2 nachher	J

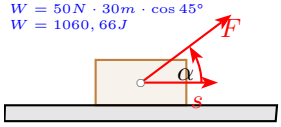
1.5 Energie - Arbeit - Leistung

1.5.1 Mechanische Arbeit

Kraft und Weg zeigen in die gleiche Richtung.
$F = 50N \quad s = 30m$
$W = 50N \cdot 30m = 1500Nm$
$W = 1500J$



Kraft und Weg zeigen in unterschiedliche Richtungen.
$F = 50N \quad s = 30m \quad \alpha = 45°$
$W = 50N \cdot 30m \cdot \cos 45°$
$W = 1060,66J$



Kraft und Weg zeigen in die gleiche Richtung

$$W = F \cdot s$$

s	Weg,Auslenkung	m	
F	Kraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$
W	Arbeit	J	$Nm = Ws$

Kraft und Weg zeigen in unterschiedliche Richtungen

$$W = F \cdot s \cdot \cos\alpha$$

α	Winkel zwischen Kraft und Weg	°	
s	Weg,Auslenkung	m	
F	Kraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$
W	Arbeit	J	$Nm = Ws$

[$W = F \cdot s$][$F = \frac{W}{s}$][$s = \frac{W}{F}$]

1.5.2 Arbeit - Energieänderung

$$W = \Delta E = E_2 - E_1$$

E_1	Energie	J	$Nm = Ws$
E_2	Energie	J	$Nm = Ws$
ΔE	Energieänderung	J	$Nm = Ws$

1.5.3 Hubarbeit - Potentielle Energie

$$\Delta E = W = F_G \cdot h$$
$$\Delta E = W = m \cdot g \cdot h$$

h	Hubhöhe	m	
F_G	Gewichtskraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$
m	Masse	kg	
g	Fallbeschleunigung	$\frac{m}{s^2}$	$9,81\frac{m}{s^2}$
W	Arbeit	J	$Nm = Ws$

[$W = F_G \cdot h$][$F_G = \frac{W}{h}$][$h = \frac{W}{F_G}$]

1.5.4 Spannarbeit-Spannenergie

$$W = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2$$

s	Weg,Auslenkung	m	
D	Federkonstante,Richtgröße	$\frac{N}{m}$	$\frac{kg}{s^2}$
W	Arbeit	J	$Nm = Ws$

[$W = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2$][$s = \sqrt{\frac{2 \cdot W}{D}}$][$D = \frac{2 \cdot W}{s^2}$]

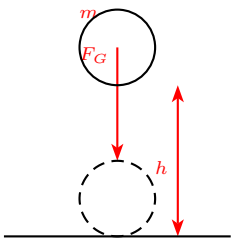
1.5.5 Beschleunigungsarbeit - kinetische Energie

$W = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

v	Geschwindigkeit	$\frac{m}{s}$	
m	Masse	kg	
W	Arbeit	J	$Nm = Ws$

[$W = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$][$m = \frac{2 \cdot W}{v^2}$][$v = \sqrt{\frac{2 \cdot W}{m}}$]

1.5.6 Energieerhaltungssatz



Potentielle Energie
$m = 50kg \quad h = 2m$
$\Delta E = W = m \cdot g \cdot h$
$E_{pot} = 50kg \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 2m$
$E_{pot} = 981J$
Potentielle Energie in Kinetische Energie
m=50kg $\quad h = 2m$
$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$
$v = \sqrt{2 \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 2m}$
$v = \sqrt{2 \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 2m} = 6,26 \frac{m}{s}$
$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot 50kg \cdot (6,26 \frac{m}{s})^2$
$E_{kin} = 981J$

Die Gesamtenergie in einem abgeschlossenen System bleibt konstant. Die verschiedenen Energieformen können sich ineinander umwandeln.

Potentielle Energie - kinetische Energie

$\bullet E_{kin} = E_{pot}$
$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot h$
$\frac{1}{2} \cdot v^2 = g \cdot h$
$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad h = \frac{v^2}{2 \cdot g}$

v	Geschwindigkeit	$\frac{m}{s}$	
m	Masse	kg	
W	Arbeit	J	$Nm = Ws$

Kinetische Energie - Reibungsarbeit

$\bullet E_{kin} = E_{Rei}$
$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \mu \cdot m \cdot g \cdot s$
$\frac{1}{2} \cdot v^2 = \mu \cdot g \cdot s$
$v = \sqrt{2 \cdot \mu \cdot g \cdot s} \quad s = \frac{v^2}{2 \cdot \mu \cdot g}$

v	Geschwindigkeit	$\frac{m}{s}$	
m	Masse	kg	
W	Arbeit	J	$Nm = Ws$

Kinetische Energie - Spannenergie

$\bullet E_{kin} = E_{span}$
$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2$
$m \cdot v^2 = D \cdot s^2$
$v = \sqrt{\frac{D \cdot s^2}{m}} \quad s = \sqrt{\frac{m \cdot v^2}{D}}$

v	Geschwindigkeit	$\frac{m}{s}$	
m	Masse	kg	
W	Arbeit	J	$Nm = Ws$

1.5.7 Mechanische Leistung

$$P = \frac{W}{t}$$

W	Arbeit	J	$Nm = Ws$
t	Zeit	s	
P	Leistung	$\frac{J}{s}$	$\frac{Nm}{s} = W$

[$P = \frac{W}{t}$][$W = P \cdot t$][$t = \frac{W}{P}$]

1.5.8 Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

P_2	abgegebene Leistung	W	$VA = \frac{J}{s}$
P_1	zugeführte Leistung	W	$VA = \frac{J}{s}$
η	Wirkungsgrad		

[$\eta = \frac{P_2}{P_1}$][$P_1 = \frac{p_2}{\eta}$][$P_2 = \eta \cdot P_1$]

1.6 Schwingungen/Wellen

1.6.1 Lineares Kraftgesetz

$$F = -D \cdot y$$

y	Auslenkung,Elongation	m	
D	Federkonstante,Richtgröße	$\frac{N}{m}$	$\frac{kg}{s^2}$
F	Kraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$

[$F = -D \cdot y$][$D = \frac{-F}{y}$][$y = \frac{-F}{D}$]

1.6.2 Periodendauer (harmonische Schwingung)

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}}$$

π	Kreiszahl		3,1415927
D	Federkonstante,Richtgröße	$\frac{N}{m}$	$\frac{kg}{s^2}$
m	Masse	kg	
T	Periodendauer	s	

[$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}}$][$D = m \cdot \frac{(2 \cdot \pi)^2}{T^2}$][$m = D \cdot \frac{T^2}{(2 \cdot \pi)^2}$]

1.6.3 Bewegungsgleichung (harmonische Schwingung)

$$y = y_s \sin(\omega \cdot t + \phi_0)$$
$$v = y_s \omega \cos(\omega \cdot t + \phi_0)$$
$$a = -y_s \omega^2 \sin(\omega \cdot t + \phi_0)$$

t	Zeit	s
ϕ_0	Phase für t=0	rad
ω	Winkelgeschwindigkeit	$\frac{1}{s}$
y_s	max. Auslenkung,Scheitelwert	m
y	Auslenkung,Elongation	m

[$y = y_s \cdot sin(\omega \cdot t + \phi_0)$][$y_s = \frac{y}{sin(\omega \cdot t + \phi_0)}$][$t = \frac{arcsin(y/y_s) - \phi_0}{\omega}$]

2 Elektrizitätslehre

2.1 Grundlagen

2.1.1 Ladung

$$Q = n \cdot e$$

n	Anzahl der Elektronen			
e	Elektronenladung	C	As	$1,60217733 \cdot 10^{-19}$
Q	Ladung	C	As	

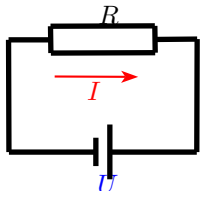
2.1.2 Stromstärke

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Δt	Zeitänderung	s	
ΔQ	Ladungsänderung	C	As
I	Stromstärke	A	

[$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$][$\Delta Q = I \cdot \Delta t$][$\Delta t = \frac{\Delta Q}{I}$]

2.1.3 Ohmsches Gesetz



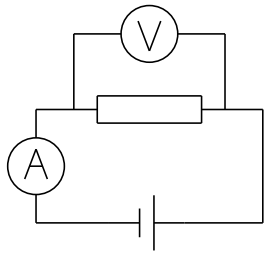
$$R = \frac{U}{I}$$

I	Stromstärke	A	
U	Spannung	V	
R	Widerstand	Ω	$\frac{V}{A}$

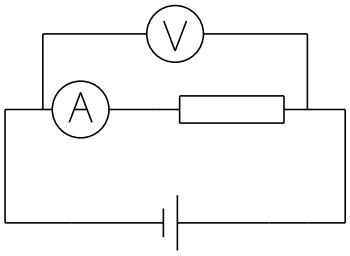
[$R = \frac{U}{I}$][$U = R \cdot I$][$I = \frac{U}{R}$]

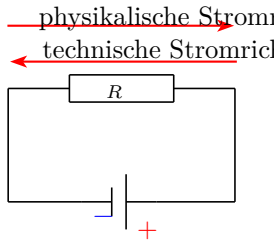
2.1.4 Spannung und Strom

Spannungsrichtige Messung



Stromrichtige Messung





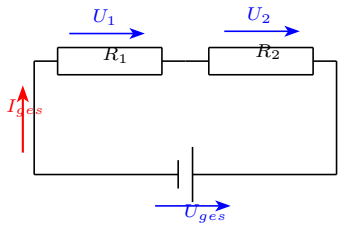
Stromrichtung

Technische Stromrichtung:
$+ \rightarrow -$
Physikalisch Stromrichtung (Bewegung der Elektronen):
$- \rightarrow +$

Strommessung- Spannungsmessung

Ein Spannungsmesser (Voltmeter) wird parallel an einem Widerstand geschaltet. Ein Strommesser (Amperemeter)wird in Reihe zum Widerstand geschaltet.
Stromrichtige Messung: Strommesser (Amperemeter) direkt in Reihe zum Widerstand.
Spannungsmesser ist parallel zum Strommesser und Widerstand geschaltet. (falsche Spannung)
Spannungsrichtige Messung: Spannungsmesser ist direkt parallel zum Widerstand geschaltet. Der Strommesser in Reihe zur Parallelschaltung. (falscher Strom)

2.1.5 Reihenschaltung von 2 Widerständen



Gesamtwiderstand

$R_g = R_1 + R_2$
$I =$ konstant

R_2	Einzelwiderstand	Ω	$\frac{V}{A}$
R_1	Einzelwiderstand	Ω	$\frac{V}{A}$
R_g	Gesamtwiderstand	Ω	$\frac{V}{A}$

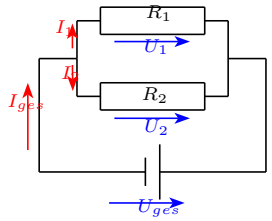
Teilspannungen

$U_g = U_1 + U_2$

U_2	Einzelspannung	V
U_1	Einzelspannung	V
U_g	Gesamtspannung	V

[$R_g = R_1 + R_2 .... + R_n$][$R_g = R_1 + R_2$][$R_1 = R_g - R_2$][$R_2 = R_g - R_1$][$U_g = U_1 + U_2 .. + U_n$][$U_g = U_1 + U_2$][$U_1 = U_g - U_2$][$U_2 = U_g - U_1$]

2.1.6 Parallelschaltung von 2 Widerständen



Gesamtwiderstand

$\frac{1}{R_g} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$
$U =$ konstant

R_2	Einzelwiderstand	Ω	$\frac{V}{A}$
R_1	Einzelwiderstand	Ω	$\frac{V}{A}$
R_g	Gesamtwiderstand	Ω	$\frac{V}{A}$

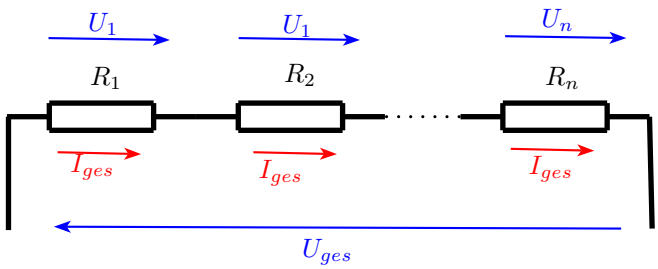
Teilströme

$I_g = I_1 + I_2$

I_2	Einzelstrom	A
I_1	Einzelstrom	A
I_g	Gesamtstrom	A

[$\frac{1}{R_g} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} .. + \frac{1}{R_n}$][$R_g = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$][$R_1 = \frac{R_2 \cdot R_g}{R_2 - R_g}$][$R_2 = \frac{R_1 \cdot R_g}{R_1 - R_g}$][$I_g = I_1 + I_2 .. + I_n$][$I_g = I_1 + I_2$][$I_1 = I_g - I_2$][$I_2 = I_g - I_1$]

2.1.7 Reihenschaltung von n Widerständen



$R_g = R_1 + R_2 .... + R_n$
$I =$ konstant

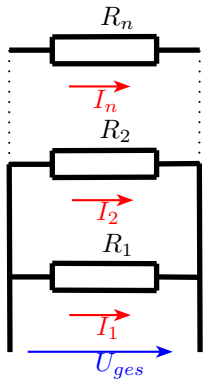
R_2	Einzelwiderstand	Ω	$\frac{V}{A}$
R_1	Einzelwiderstand	Ω	$\frac{V}{A}$
R_g	Gesamtwiderstand	Ω	$\frac{V}{A}$

$U_g = U_1 + U_2 .. + U_n$

U_2	Einzelspannung	V
U_1	Einzelspannung	V
U_g	Gesamtspannung	V

[$R_g = R_1 + R_2 .... + R_n$][$R_g = R_1 + R_2$][$R_1 = R_g - R_2$][$R_2 = R_g - R_1$][$U_g = U_1 + U_2 .. + U_n$][$U_g = U_1 + U_2$][$U_1 = U_g - U_2$][$U_2 = U_g - U_1$]

2.1.8 Parallelschaltung von n Widerständen



$\frac{1}{R_g} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} .. + \frac{1}{R_n}$
$U =$ konstant

R_2	Einzelwiderstand	Ω	$\frac{V}{A}$
R_1	Einzelwiderstand	Ω	$\frac{V}{A}$
R_g	Gesamtwiderstand	Ω	$\frac{V}{A}$

$I_g = I_1 + I_2 .. + I_n$

I_2	Einzelstrom	A
I_1	Einzelstrom	A
I_g	Gesamtstrom	A

[$\frac{1}{R_g} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} .. + \frac{1}{R_n}$][$R_g = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$][$R_1 = \frac{R_2 \cdot R_g}{R_2 - R_g}$][$R_2 = \frac{R_1 \cdot R_g}{R_1 - R_g}$][$I_g = I_1 + I_2 .. + I_n$][$I_g = I_1 + I_2$][$I_1 = I_g - I_2$][$I_2 = I_g - I_1$]

2.1.9 Widerstandsänderung - Temperatur

$\Delta R = R \cdot \alpha \cdot \Delta T$

α	Temperaturbeiwert	$\frac{1}{K}$	
ΔT	Temperaturänderung	K	
R	Widerstand	Ω	$\frac{V}{A}$
ΔR	Widerstandsänderung	Ω	$\frac{V}{A}$

[$\Delta R = R \cdot \alpha \cdot \Delta T$][$R = \frac{\Delta R}{\alpha \cdot \Delta T}$][$\alpha = \frac{\Delta R}{R \cdot \Delta T}$][$\Delta T = \frac{\Delta R}{R \cdot \alpha}$]

2.1.10 Spezifischer Widerstand

$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$

A	Fläche	mm^2	
l	Länge	m	
ρ	Spezifischer Widerstand	$\frac{\Omega mm^2}{m}$	
R	Widerstand	Ω	$\frac{V}{A}$

[$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$][$l = \frac{R \cdot A}{\rho}$][$\rho = \frac{R \cdot A}{l}$][$A = \frac{\rho \cdot l}{R}$]

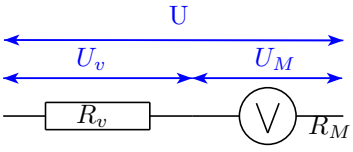
2.1.11 Spezifischer Leitwert

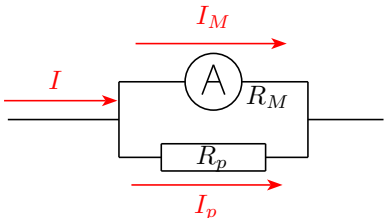
$R = \frac{l}{\kappa \cdot A}$

A	Fläche	mm^2	
l	Länge	m	
κ	Spezifischer Leitwert	$\frac{m}{\Omega mm^2}$	
R	Widerstand	Ω	$\frac{V}{A}$

[$R = \frac{l}{\kappa \cdot A}$][$l = R \cdot \kappa \cdot A$][$A = \frac{l}{\kappa \cdot R}$][$\kappa = \frac{l}{R \cdot A}$]

2.1.12 Messbereichserweiterung





Messbereich

- Spannungsmessgerät (Voltmeter)

R_v in Reihe zum Messgerät

$\frac{U_M}{R_M} = \frac{U_v}{R_v}$

$U = U_M \frac{R_m + R_v}{R_m}$

- Strommessgerät (Amperemeter)

R_p parallel zum Messgerät

$I_M \cdot R_M = I_p \cdot R_p$

$I = I_M \frac{R_m + R_p}{R_p}$

[$U_1 = U_g \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$]

2.1.13 Kirchhoffsche Gesetze

Knotengleichung(1. Kirchhoff):
Die Summe aller Ströme in einem Knoten ist Null.
(zufließende Ströme mit positiven, abfließende mit negativen Vorzeichen)

$$\sum_{k=1}^{n} I_k = 0$$

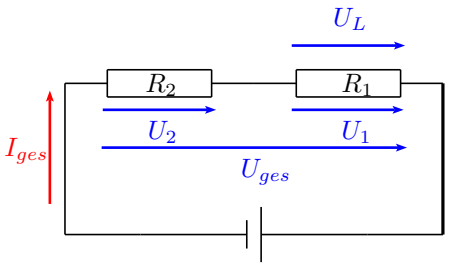
Maschengleichung(2. Kirchhoff): In einem geschlossenen Maschenumlauf ist die Summe aller Spannungen gleich Null.

$$\sum_{k=1}^{n} U_k = 0$$

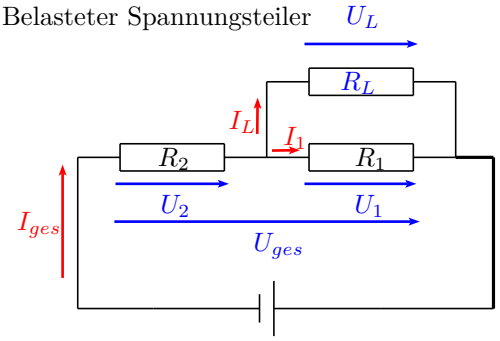
(Umlauf in Pfeilrichtung positiv, entgegengesetzt negativ)

2.1.14 Spannungsteiler

Unbelasteter Spannungsteiler



Belasteter Spannungsteiler



Unbelasteter Spannungsteiler

R_2	Teilwiderstand	Ω	$\frac{V}{A}$
R_1	Teilwiderstand	Ω	$\frac{V}{A}$
U_g	Gesamtspannung	V	
U_1	Teilspannung	V	
U_2	Teilspannung	V	

Belasteter Spannungsteiler

$$U_L = U_1$$
$$\frac{1}{R*} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_L}$$
$$R^* = \frac{R_2 \cdot R_L}{R_2 + R_L}$$
$$U_L = \frac{R^*}{R_1 + R^*} \cdot U_{\text{ges}}$$

R_L	Lastwiderstand	Ω	$\frac{V}{A}$
R_2	Teilwiderstand	Ω	$\frac{V}{A}$
R_1	Teilwiderstand	Ω	$\frac{V}{A}$
U_g	Gesamtspannung	V	
U_1	Teilspannung	V	
U_2	Teilspannung	V	

[$U_1 = U_g \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$]

2.2 Energie - Arbeit - Leistung

2.2.1 Elektrische Arbeit

$$W = U \cdot I \cdot t$$

t	Zeit	s	
I	Stromstärke	A	
U	Spannung	V	
W	Arbeit	Ws	$VAs = J$

[$W = U \cdot I \cdot t$][$U = \frac{W}{I \cdot t}$][$I = \frac{W}{U \cdot t}$][$t = \frac{P}{U \cdot I}$]

2.2.2 Elektrische Leistung

$$P = U \cdot I$$

I	Stromstärke	A	
U	Spannung	V	
P	Leistung	W	$VA = \frac{J}{s}$

[$P = U \cdot I$][$U = \frac{P}{I}$][$I = \frac{P}{U}$]

2.3 Elektrisches Feld

2.3.1 Elektrische Feldstärke

$$E = \frac{F}{Q}$$

F	Kraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$
Q	Ladung	C	As
E	Elektrische Feldstärke	$\frac{N}{C}$	$\frac{V}{m}$

$$E = \frac{U}{d}$$

U	Spannung	V	
d	Plattenabstand	m	
E	Elektrische Feldstärke	$\frac{N}{C}$	$\frac{V}{m}$

[$E = \frac{F}{Q}$][$F = E \cdot Q$][$Q = \frac{F}{E}$][$E = \frac{U}{d}$][$U = E \cdot d$][$d = \frac{U}{E}$]

2.3.2 Gesetz von Coulomb

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

Q_2	Ladung 2	C	As
Q_1	Ladung 1	C	As
r	Entfernung	m	
π	Kreiszahl		$3,1415927$
ϵ_0	Elekt. Feldkonstante	$\frac{As}{Vm}$	
F	Kraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$

[$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$][$r = \sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{F}}$][$Q_1 = 4\pi\epsilon_0 \cdot \frac{F \cdot r^2}{Q_2}$]

2.3.3 Kapazität eines Kondensators

$$C = \frac{Q}{U}$$

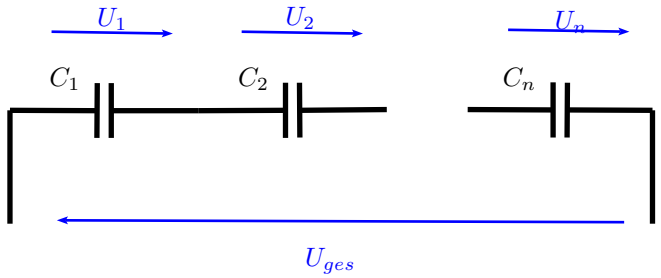
U	Spannung	V	
Q	Ladung	C	As
C	Kapazität	F	$\frac{As}{V}$

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$$

d	Plattenabstand	m	
A	Fläche	m^2	
ϵ_0	Elekt. Feldkonstante	$\frac{As}{Vm}$	
ϵ_r	Dielektrizitätszahl		
C	Kapazität	F	$\frac{As}{V}$

[$C = \frac{Q}{U}$][$Q = C \cdot U$][$U = \frac{Q}{C}$][$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$][$A = \frac{C \cdot d}{\epsilon_0 \epsilon_r}$][$d = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{C}$]

2.3.4 Reihenschaltung von Kondensatoren



$\frac{1}{C_g} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} .. + \frac{1}{C_n}$

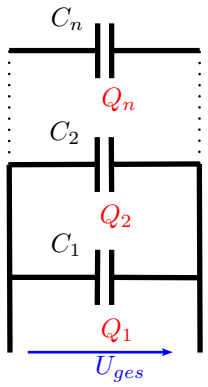
C_2	Kapazität 1	F	$\frac{As}{V}$
C_1	Kapazität 1	F	$\frac{As}{V}$
C_g	Gesamtkapazität	F	$\frac{As}{V}$

$U_g = U_1 + U_2 .. + U_n$

U_2	Einzelspannung	V	
U_1	Einzelspannung	V	
U_g	Gesamtspannung	V	

[$\frac{1}{C_g} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} .. + \frac{1}{C_n}$][$C_g = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$][$C_1 = \frac{C_2 \cdot C_g}{C_2 - C_g}$][$C_2 = \frac{C_1 \cdot C_g}{C_1 - C_g}$][$U_g = U_1 + U_2 .. + U_n$][$U_g = U_1 + U_2$][$U_1 = U_g - U_2$][$U_2 = U_g - U_1$]

2.3.5 Parallelschaltung von Kondensatoren



$C_g = C_1 + C_2 .... + C_n$

C_2	Kapazität 1	F	$\frac{As}{V}$
C_1	Kapazität 1	F	$\frac{As}{V}$
C_g	Gesamtkapazität	F	$\frac{As}{V}$

$Q_g = Q_1 + Q_2 .. + Q_n$

Q_2	Ladung 2	C	As
Q_1	Ladung 1	C	As
Q_g	Gesamtladung	C	As

[$C_g = C_1 + C_2 .... + C_n$][$C_g = C_1 + C_2$][$C_1 = C_g - C_2$][$C_2 = C_g - C_1$][$Q_g = Q_1 + Q_2 .. + Q_n$][$Q_g = Q_1 + Q_2$][$Q_1 = Q_g - Q_2$][$Q_2 = Q_g - Q_1$]

2.3.6 Elektrische Energie des Kondensators

$W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$

C	Kapazität	F	$\frac{As}{V}$
U	Spannung	V	
W	Arbeit	Ws	$VAs = J$

[$W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$][$U = \sqrt{\frac{2 \cdot W}{C}}$][$C = \frac{2 \cdot W}{U^2}$]

2.4 Magnetisches Feld

2.4.1 Flußdichte

$$B = \frac{F}{I \cdot l}$$

I	Stromstärke	A	
l	Länge	m	
F	Kraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$
B	Magnetische Flußdichte	T	$\frac{N}{Am}$

[$B = \frac{F}{I \cdot l}$][$F = B \cdot I \cdot l$][$I = \frac{F}{B \cdot l}$][$l = \frac{F}{I \cdot B}$]

2.4.2 Feldstärke einer langgestreckten Spule

$$H = \frac{I \cdot N}{l}$$

l	Länge der Spule	m	
N	Anzahl der Windungen		
I	Stromstärke	A	
H	Magnetische Feldstärke	$\frac{A}{m}$	

[$H = \frac{I \cdot N}{l}$][$I = \frac{H \cdot l}{N}$][$N = \frac{H \cdot l}{I}$][$l = \frac{I \cdot N}{H}$]

2.4.3 Flußdichte - Feldstärke

$$B = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot H$$

μ_r	Permeabilitätszahl		
μ_0	Magn. Feldkonstante	$\frac{Vs}{Am}$	
H	Magnetische Feldstärke	$\frac{A}{m}$	
B	Magnetische Flußdichte	T	$\frac{N}{Am}$

[$B = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot H$][$H = \frac{B}{\mu_r \cdot \mu_0}$][$\mu_r = \frac{B}{\mu_0 \cdot H}$][$\mu_0 = \frac{B}{\mu_r \cdot H}$]

2.4.4 Magnetischer Fluß

$$\Phi = B \cdot A \cdot cos(\delta)$$

δ	Winkel Flächennormale-Flußdichte	rad	
A	Fläche	m^2	
B	Magnetische Flußdichte	T	$\frac{N}{Am}$
Φ	Magnetischer Fluß	Vs	Wb

[$\Phi = B \cdot A \cdot cos(\delta)$][$A = \frac{\Phi}{B \cdot cos(\delta)}$][$B = \frac{\Phi}{A \cdot cos(\delta)}$][$\delta = arccos(\frac{\Phi}{B \cdot A})$]

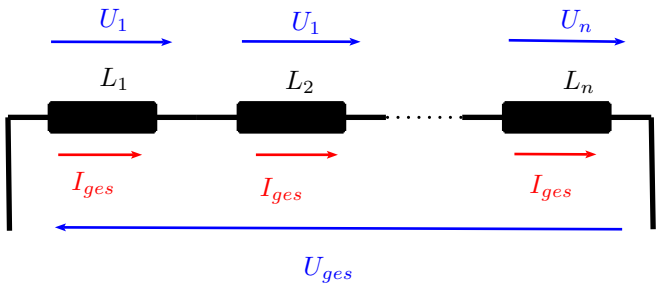
2.4.5 Induktivität einer langgestreckten Spule

$$L = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{A \cdot N^2}{lSP}$$

A	Fläche	m^2	
lSP	Länge der Spule	m	
N	Anzahl der Windungen		
μ_r	Permeabilitätszahl		
μ_0	Magn. Feldkonstante	$\frac{Vs}{Am}$	
L	Induktivität	H	$\frac{Vs}{A}$

[$L = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{A \cdot N^2}{lSP}$][$l_{SP} = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{A \cdot N^2}{L}$][$A = \frac{L \cdot l}{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot N^2}$][$N = \sqrt{\frac{L \cdot l}{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot A}}$]

2.4.6 Reihenschaltung (Induktivität)



$L_g = L_1 + L_2.... + L_n$

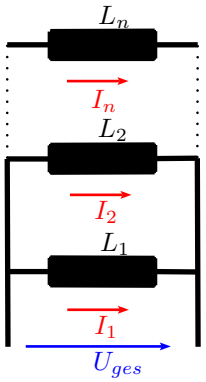
L_2	Induktivität 2	H	$\frac{V\,s}{A}$
L_1	Induktivität 1	H	$\frac{V\,s}{A}$
L_g	Gesamtinduktivität	H	$\frac{V\,s}{A}$

$U_g = U_1 + U_2.. + U_n$

U_2	Einzelspannung	V
U_1	Einzelspannung	V
U_g	Gesamtspannung	V

[$L_g = L_1 + L_2.... + L_n$][$L_g = L_1 + L_2$][$L_1 = L_g - L_2$][$L_2 = L_g - L_1$][$U_g = U_1 + U_2.. + U_n$][$U_g = U_1 + U_2$][$U_1 = U_g - U_2$][$U_2 = U_g - U_1$]

2.4.7 Parallelschaltung (Induktivität)



$\frac{1}{L_g} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}.. + \frac{1}{L_n}$

L_2	Induktivität 2	H	$\frac{V\,s}{A}$
L_1	Induktivität 1	H	$\frac{V\,s}{A}$
L_g	Gesamtinduktivität	H	$\frac{V\,s}{A}$

$I_g = I_1 + I_2.. + I_n$

I_2	Einzelstrom	A
I_1	Einzelstrom	A
I_g	Gesamtstrom	A

[$\frac{1}{L_g} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}.. + \frac{1}{L_n}$][hier klicken][$L_1 = \frac{L_2 \cdot L_g}{L_2 - L_g}$][$L_2 = \frac{L_1 \cdot L_g}{L_1 - L_g}$][$I_g = I_1 + I_2.. + I_n$][$I_g = I_1 + I_2$][$I_1 = I_g - I_2$][$I_2 = I_g - I_1$]

2.5 Wechselstrom

2.5.1 Wechselspannung - Wechselstrom

$$U_t = U_{max} \cdot sin(\omega \cdot t)$$

t	Zeit	s
U_{max}	Scheitel-, Spitzenspannung	V
ω	Kreisfrequenz	$\frac{1}{s}$
U_t	Momentanspannung zum Zeitpunkt t	V

[$U_t = U_{max} \cdot sin(\omega \cdot t)$][$I_t = I_{max} \cdot sin(\omega \cdot t)$]

2.5.2 Scheitel - Effektiv

$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$$

U_{max}	Scheitel-, Spitzenspannung	V
U_{eff}	Effektivspannung	V

[hier klicken][$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$][$I_{max} = \sqrt{2} \cdot I_{eff}$][$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$]

2.5.3 Induktiver Widerstand

$$X_L = \omega \cdot L$$

L	Induktivität	H	$\frac{Vs}{A}$
ω	Eigenkreisfrequenz	$\frac{1}{s}$	
X_L	Induktiver Widerstand	Ω	$\frac{V}{A}$

[$X_L = \omega \cdot L$][$L = \frac{X_L}{\omega}$][$\omega = \frac{X_L}{L}$]

2.5.4 Kapazitiver Widerstand

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

C	Kapazität	F	$\frac{As}{V}$
ω	Eigenkreisfrequenz	$\frac{1}{s}$	
X_C	Kapazitiver Widerstand	Ω	$\frac{V}{A}$

[$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$][$C = \frac{1}{X_C \cdot \omega}$][$\omega = \frac{1}{X_C \cdot C}$]

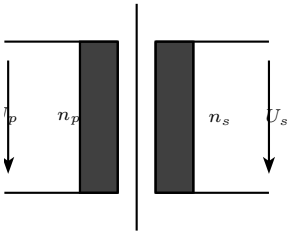
2.5.5 Wirkleistung

$$P = U_{eff} \cdot I_{eff} \cdot cos(\phi)$$

ϕ	Winkel phi	rad	
I_{eff}	Effektivstromstärke	A	
U_{eff}	Effektivspannung	V	
P	Wirkleistung	W	$VA = \frac{J}{s}$

[$P = U_{eff} \cdot I_{eff} \cdot cos(\phi)$]

2.5.6 Transformator



Unbelasteter Transformator

$$\frac{U_s}{U_p} = \frac{n_2}{n_1} = \ddot{u}$$

ü	Übersetzungverhältnis	
U_p	Primärspannung	V
U_s	Sekundärspannung	V

Idealer, belasteter Transformator

$$P_p = P_s$$
$$U_p \cdot I_p = U_s \cdot I_s$$
$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{I_p}{I_s}$$

U_p	Primärspannung	V	
U_s	Sekundärspannung	V	
I_p	Primärstromstärke	A	
I_s	Sekundärstromstärke	A	
P_p	Primärleistung	W	$VA = \frac{J}{s}$
P_s	Sekundärleistung	W	$VA = \frac{J}{s}$

Realer, belasteter Transformator

$$\eta = \frac{P_s}{P_p}$$
$$P_s = \eta \cdot P_p$$

η	Wirkungsgrad		
P_p	Primärleistung	W	$VA = \frac{J}{s}$
P_s	Sekundärleistung	W	$VA = \frac{J}{s}$

2.6 Elektrischer Schwingkreis

2.6.1 Eigenfrequenz (Ungedämpfte elektrische Schwingung)

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

C	Kapazität	F	$\frac{As}{V}$
L	Induktivität	H	$\frac{Vs}{A}$
f	Eigenfrequenz	$hz = \frac{1}{s}$	

[$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$][$L = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot f)^2 \cdot C}$][$C = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot f)^2 \cdot L}$]

2.6.2 Eigenkreisfrequenz

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

C	Kapazität	F	$\frac{As}{V}$
L	Induktivität	H	$\frac{Vs}{A}$
ω	Eigenkreisfrequenz	$\frac{1}{s}$	

[$\omega = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$][$L = \frac{1}{\omega^2 \cdot C}$][$C = \frac{1}{\omega^2 \cdot L}$]

3 Wärmelehre

3.1 Temperatur

3.1.1 Termperatur - Definition

Temperatur T ist die mittlere kinetische Energie der Teilchen.

T	absolute Temperatur	K	Grad Kelvin

3.1.2 Termperatur - Umrechnungen

$T = 273,15 + \tau$

τ	Temperatur	$°C$	*GradCelsius*
T	absolute Temperatur	K	

$T_F = \frac{9}{5} \cdot \tau + 32$

τ	Temperatur	$°C$	*GradCelsius*

$T_R = \frac{9}{5} \cdot \tau + 491,67$

τ	Temperatur	$°C$	*GradCelsius*
T_R	Temperatur	$°R$	*Rankine*

[$T = 273,15 + \tau$][$\tau = T - 273,15$][$T_F = \frac{9}{5} \cdot \tau + 32$][$\tau = \frac{5}{9} \cdot (T_F - 32)$][$T_R = \frac{9}{5} \cdot \tau + 491,67$][$\tau = \frac{5}{9} \cdot (T_R - 491,67)$]

3.1.3 Temperaturdifferenz

$\Delta T = T_2 - T_1$

T_2	absolute Temperatur	K
T_1	absolute Temperatur	K
ΔT	Temperaturdifferenz	K

[$\Delta T = T_2 - T_1$][$T_1 = T_2 - \Delta T$][$T_2 = \Delta T + T_1$]

3.2 Ausdehnung der Körper

3.2.1 Längenausdehnung

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

α	Längenausdehnungskoeffizient	$\frac{1}{K}$
ΔT	Temperaturdifferenz	K
l_0	Anfangslänge	m
Δl	Längenänderung	m

[$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$][$l_0 = \frac{\Delta l}{\alpha \cdot \Delta T}$][$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \cdot \Delta T}$][$\Delta T = \frac{\Delta l}{l_0 \cdot \alpha}$]

3.2.2 Flächenausdehnung

$$\Delta A = A_0 \cdot 2 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

α	Längenausdehnungskoeffizient	$\frac{1}{K}$
ΔT	Temperaturdifferenz	K
A_0	Anfangsfläche	m^2
ΔA	Flächenänderung	m^2

[$\Delta A = A_0 \cdot 2 \cdot \alpha \cdot \Delta T$][$A_0 = \frac{\Delta A}{2 \cdot \alpha \cdot \Delta T}$][$\alpha = \frac{\Delta A}{A_0 \cdot \Delta T \cdot 2}$][$\Delta T = \frac{\Delta A}{A_0 \cdot 2 \cdot \alpha}$]

3.2.3 Volumenausdehnung

$$\Delta V = V_0 \cdot 3 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

α	Längenausdehnungskoeffizient	$\frac{1}{K}$
ΔT	Temperaturdifferenz	K
V_0	Anfangsvolumen	m^3
ΔV	Volumenänderung	m^3

[$\Delta V = V_0 \cdot 3 \cdot \alpha \cdot \Delta T$][$V_0 = \frac{\Delta V}{3 \cdot \alpha \cdot \Delta T}$][$\alpha = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \Delta T \cdot 3}$][$\Delta T = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot 3 \cdot \alpha}$]

3.3 Energie

3.3.1 Wärmeenergie

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

ΔT	Temperaturdifferenz	K	
c	Spezifische Wärmekapazität	$\frac{J}{kgK}$	
m	Masse	kg	
Q	Wärmeenergie	J	$Nm = Ws$

[$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$][$m = \frac{Q}{c \cdot \Delta T}$][$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$][$\Delta T = \frac{Q}{c \cdot m}$]

3.3.2 Schmelzen und Erstarren

$$Q = q_s \cdot m$$

m	Masse	kg	
q_s	Spezifische Schmelz-/Erstarrungswärme	$\frac{J}{kg}$	
Q	Energie zum Schmelzen/Erstarren	J	$Nm = Ws$

[$Q = q_s \cdot m$][$m = \frac{Q}{q_s}$][$q_s = \frac{Q}{m}$]

3.3.3 Verdampfen und Kondensieren

$$Q = q_v \cdot m$$

m	Masse	kg	
q_v	Spezifische Verdampfungs-/Kondensationswärme	$\frac{J}{kg}$	
Q	Energie zum Verdampfen/Kondensieren	J	$Nm = Ws$

[$Q = q_v \cdot m$][$m = \frac{Q}{q_v}$][$q_v = \frac{Q}{m}$]

3.3.4 Verbrennungsenergie

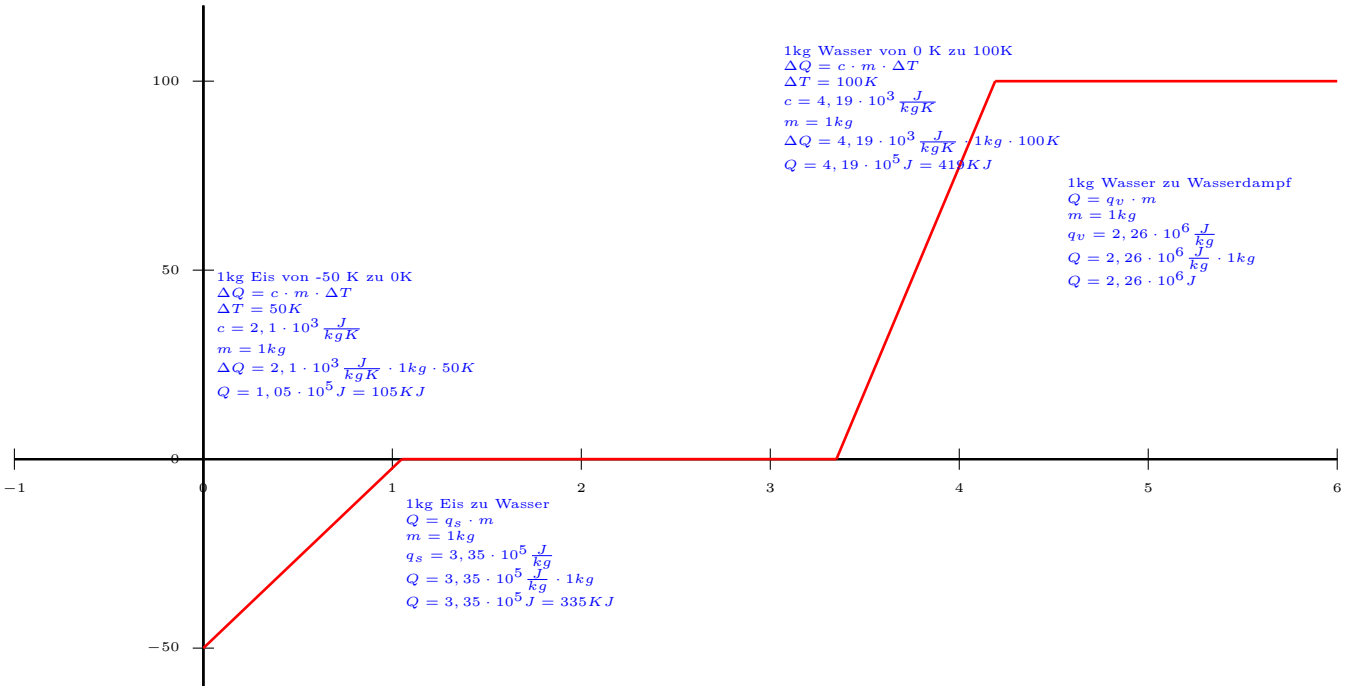
$$Q = H_u \cdot m$$

m	Masse	kg	
H_u	Heizwert	$\frac{J}{kg}$	
Q	Verbrennungsenergie	J	$Nm = Ws$

[$Q = H_u \cdot m$][$H_u = \frac{Q}{m}$][$m = \frac{Q}{H_u}$]

3.4 Aggregatzustände

3.4.1 Aggregatzustände



Eigenschaften

Aggregatzustand	fest	flüssig	gasförmig
Volumen	bestimmt	bestimmt	unbestimmt
Form	bestimmt	unbestimmt	unbestimmt
Abstand zwischen Teilchen	klein	klein	sehr groß
Verschiebbarkeit der Teilchen	klein	groß	sehr groß
Kompressibilität	sehr gering	sehr gering	sehr groß

Aggregatzustandsänderungen

- Schmelzen: von fest nach flüssig
- Erstarren: von flüssig nach fest
- Verdampfen : von flüssig nach gasförmig
- Kondensieren: von gasförmig nach flüssig
- Resublimieren: von gasförmig nach fest
- Sublimieren: von fest nach gasförmig

3.5 Thermodynamik

3.5.1 Stoffmenge und Anzahl der Teilchen

$$n = \frac{N}{N_a}$$

NA	Avogadro-Konstante	$6,022045E23 \frac{1}{mol}$
N	Anzahl der Teilchen	
n	Stoffmenge	mol

[$n = \frac{N}{N_a}$][$N = N_a \cdot n$]

3.5.2 Molare Masse

$$M = \frac{m}{n}$$

n	Stoffmenge	mol
m	Masse	kg
M	Molare Masse	$\frac{kg}{mol}$

[$M = \frac{m}{n}$][$n = \frac{m}{M}$][$m = M \cdot n$]

3.5.3 Allgemeine Gaskonstante

$$R = N_\mathrm{A} \cdot k_\mathrm{B}$$

R	Allgemeine Gaskonstante	$8,314462 \frac{J}{mol \cdot K}$
k_B	Boltzmannkonstante	$1,380649 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$
N_A	Avogadro-Konstante	$6,022140 \cdot 10^{23} \frac{1}{mol}$

3.5.4 1. Hauptsatz der Wärmelehre

$$\Delta U = Q + W$$

$Q > 0$ Zugeführte Wärme

$Q < 0$ Abgegebene Wärme

$W > 0$ Arbeit wird am System verrichtet

$W < 0$ Arbeit wird vom System verrichtet

ΔU	Änderung der Innere Energie	J	$Nm = Ws$
Q	Wärmeenergie	J	$Nm = Ws$
W	Arbeit	J	$Nm = Ws$

[$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$][$p = \frac{n \cdot R \cdot T}{V}$][$V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p}$][$T = \frac{p \cdot V}{n \cdot R}$]

3.5.5 Molare Wärmekapazität

ideale Gase	Freiheitsgrade	c_V	c_p	κ
einatomige	3	$\frac{3}{2}R$	$\frac{5}{2}R$	$\frac{5}{3}$
zweiatomige	5	$\frac{5}{2}R$	$\frac{7}{2}R$	$\frac{7}{5}$
dreiatomige	7	$\frac{6}{2}R$	$\frac{8}{2}R$	$\frac{4}{3}$

$$\kappa = \frac{C_P}{C_V}$$

c	Molare Wärmekapazität	$\frac{J}{K}$
c_V	Molare Wärmekapazität(Volumen konstant)	$\frac{J}{K}$
c_P	Molare Wärmekapazität (Druck konstant)	$\frac{J}{K}$
n	Stoffmenge	mol
κ	Adiabatenkonstante	
R	Allgemeine Gaskonstante	$8,314462$

3.5.6 Zustandsänderung idealer Gase (1)

$$\frac{V_1 \cdot p_1}{T_1} = \frac{V_2 \cdot p_2}{T_2}$$

p_1	Druck 1	Pa	$\frac{N}{m^2}$
T_1	absolute Temperatur	K	
T_2	absolute Temperatur	K	
p_2	Druck 2	Pa	$\frac{N}{m^2}$
V_2	Volumen 2	m^3	
V_1	Volumen 1	m^3	

[$\frac{V_1 \cdot p_1}{T_1} = \frac{V_2 \cdot p_2}{T_2}$][$V_1 = \frac{V_2 \cdot p \cdot T_1}{T_2 \cdot p_1}$][$p_1 = \frac{V_2 \cdot p_2 \cdot T_1}{T_2 \cdot V_1}$][$T_1 = \frac{V_1 \cdot p_1 \cdot T_2}{V_2 \cdot p_2}$]

3.5.7 Isotherme Zustandsänderung(Boyle-Mariotte)

$$V_1 \cdot p_1 = V_2 \cdot p_2 \quad T = \text{konstant}$$

V_1	Volumen 1	m^3	
p_1	Druck 1	Pa	$\frac{N}{m^2}$
T_1	absolute Temperatur	K	
V_2	Volumen 2	m^3	
p_2	Druck 2	Pa	$\frac{N}{m^2}$
T_2	absolute Temperatur	K	

3.5.8 Isobare Zustandsänderung(Gay-Lussac)

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_1}{T_2} \quad p = \text{konstant}$$

V_1	Volumen 1	m^3	
p_1	Druck 1	Pa	$\frac{N}{m^2}$
T_1	absolute Temperatur	K	
V_2	Volumen 2	m^3	
p_2	Druck 2	Pa	$\frac{N}{m^2}$
T_2	absolute Temperatur	K	

3.5.9 Adiabatische Zustandsänderung

$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\kappa}$$
$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\kappa-1}$$
$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}$$
$$p \cdot V^{\kappa} = \text{konstant}$$
$$T \cdot V^{\kappa-1} = \text{konstant}$$
$$Q = 0$$

V_1	Volumen 1	m^3	
p_1	Druck 1	Pa	$\frac{N}{m^2}$
T_1	absolute Temperatur	K	
V_2	Volumen 2	m^3	
p_2	Druck 2	Pa	$\frac{N}{m^2}$
T_2	absolute Temperatur	K	

3.5.10 Zustandsgleichung idealer Gase (2)

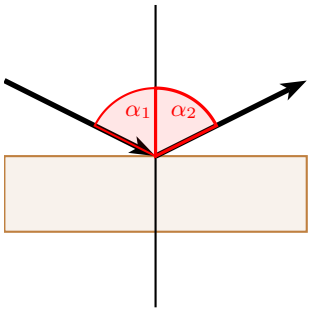
$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$
$$R = N_\mathrm{A} \cdot k_\mathrm{B} \quad n = \frac{N}{N_A}$$
$$p \cdot V = \frac{N}{N_A} \cdot N_\mathrm{A} \cdot k_\mathrm{B} \cdot T$$
$$p \cdot V = N \cdot k_B \cdot T$$

n	Stoffmenge	mol	
p	Druck	Pa	$\frac{N}{m^2}$
T	Temperatur	K	
V	Volumen	m^3	
T	Temperatur	K	
R	Allgemeine Gaskonstante	$8,314462 \frac{J}{mol \cdot K}$	
k_B	Boltzmannkonstante	$1,380649 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$	
N	Teilchenzahl		

4 Optik

4.1 Reflexion und Brechung

4.1.1 Reflexion

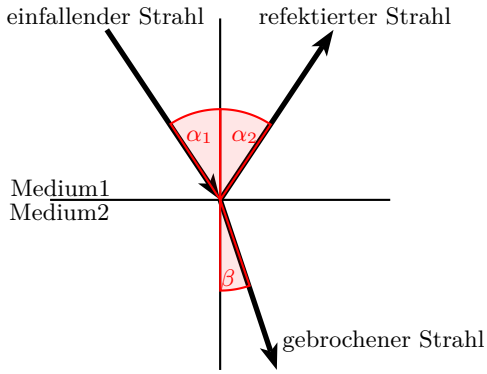


$$\alpha_1 = \alpha_2$$

α_2	Reflexionswinkel	°
α_1	Einfallswinkel	°

[$\alpha_1 = \alpha_2$]

4.1.2 Brechung



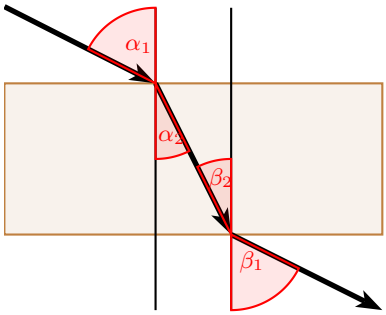
$$n = \frac{sin\alpha_1}{sin\alpha_2}$$

α_2	Brechungswinkel	°
α_1	Einfallswinkel	°
n	Brechzahlen	

[$n = \frac{sin\alpha_1}{sin\alpha_2}$][$sin\alpha_1 = n \cdot sin\alpha_2$][$sin\alpha_2 = \frac{sin\alpha_1}{n}$]

4.1.3 Strahlengang durch die planparallele Platte

einfallender Strahl



gebrochener Strahl

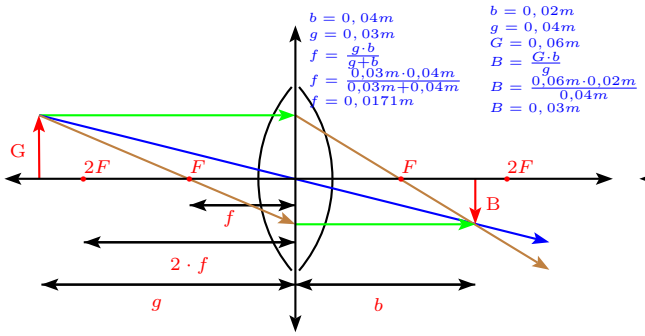
- Einfallender und ausfallender Strahl sind parallel. $\alpha_1 = \beta_1$
  $\alpha_2 = \beta_2$

[$n = \frac{sin\alpha_1}{sin\alpha_2}$][$sin\alpha_1 = n \cdot sin\alpha_2$][$sin\alpha_2 = \frac{sin\alpha_1}{n}$]

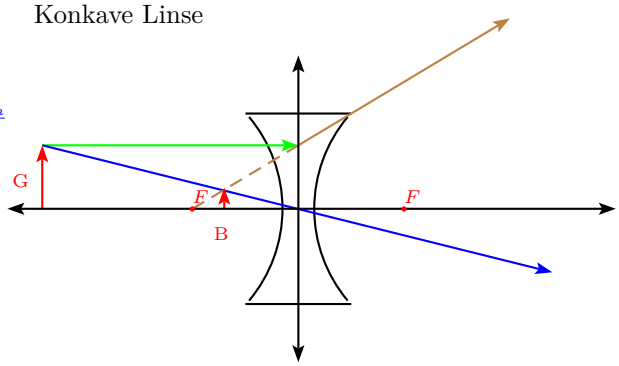
4.2 Linsen

4.2.1 Optische Linsen

Konvexe Linse



Konkave Linse



Strahl parallel zur optischen Achse Parallelstrahl - Mittelpunktstrahl - Strahl durch den Mittelpunkt einer Linse Brennpunktstrahl - Strahl durch den Brennpunkt Linse

Strahlengang

- Parallelstrahl wird zum Brennstrahl
- Brennstrahl wird zum Parallelstrahl
- Mittelpunktstrahl bleibt Mittelpunktstrahl
- Schnittpunkt des Brennstrahls mit dem Parallelstrahl und dem Mittelpunktsstrahl ergibt die Position des Bildes .

Konvexe Linse (Sammellinse)

Gegenstandweite	Bildweite	Bild
$g > 2f$	$f < b < 2f$	reell umgekehrt verkleinert
$g = 2f$	$b = 2f$	reell umgekehrt gleich groß
$f < g < 2f$	$b > 2f$	reell umgekehrt vergrößert
$g < f$	$b > g$	virtuell aufrecht vergrößert

Konkave Linse (Zerstreuungslinse)

Das Bild ist stets virtuell,aufrecht und verkleinert.

b	Bildweite	m
g	Gegenstandsweite	m
f	Brennweite	m

Brennweite

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

b	Bildweite	m
g	Gegenstandsweite	m
f	Brennweite	m

Bildgröße - Gegenstandsgröße

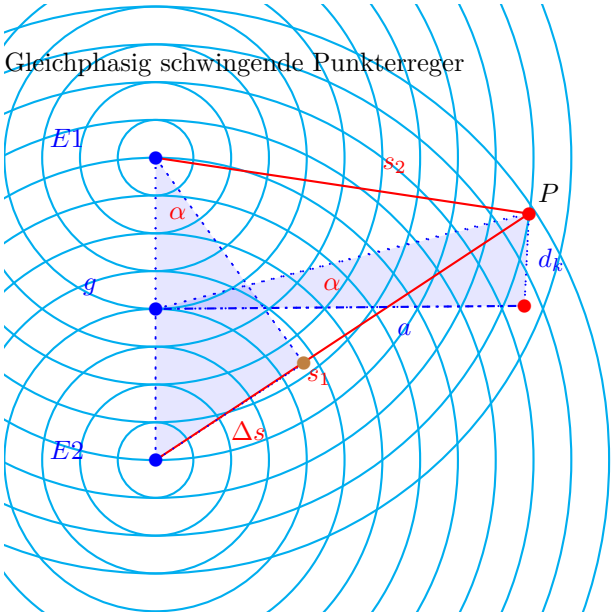
$$\frac{G}{B} = \frac{g}{b}$$

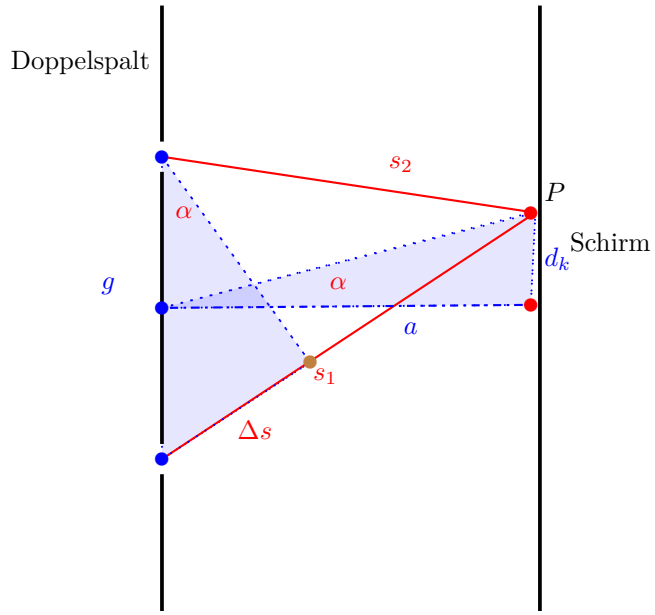
B	Bildgröße	m
G	Gegenstandsgröße	m
b	Bildweite	m
g	Gegenstandsweite	m

[$f = \frac{g \cdot b}{g+b}$][$b = \frac{f \cdot g}{g-f}$][$g = \frac{f \cdot b}{b-f}$][$\frac{G}{B} = \frac{g}{b}$][$G = \frac{g \cdot B}{b}$][$B = \frac{G \cdot b}{g}$][$g = \frac{G \cdot b}{B}$][$b = \frac{B \cdot g}{G}$]

4.3 Interferenz

4.3.1 Interferenz zweier Wellen





Gleichphasig schwingende Punkterreger - Doppelspalt

- Gangunterschied
  $\Delta s = s_1 - s_2$
- Maximum im Punkt P (konstruktive Interferenz)
  $|\Delta s_k| = k\lambda \qquad k = 0, 1, 2, \ldots, n$
- Minimum in p (destruktive Interferenz)
  $|\Delta s_k| = (2k-1)\frac{\lambda}{2} \qquad k = 1, 2, \ldots, n$
- $\sin \alpha_k = \frac{\Delta s_k}{g}$
- $\tan \alpha_k = \frac{d_k}{a}$

λ	Wellenlänge	m
Δs_k	Gangunterschied	m
α_k	Beugungswinkel	
g	Abstand zwischen den Spalten/Erreger	m
a	Abstand zum Schirm	m
d_k	Abstand zum Maximum 0. Ordnung	m

Einfachspalt

- Gangunterschied
  $\Delta s = s_1 - s_2$
- Maximum im Punkt P (konstruktive Interferenz)
  $|\Delta s_k| = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \qquad k = 1, 2, \ldots, n$
- Minimum in p (destruktive Interferenz)
  $|\Delta s_k| = k\lambda \qquad k = 1, 2, \ldots, n$
- $\sin \alpha_k = \frac{\Delta s_k}{g}$
- $\tan \alpha_k = \frac{d_k}{a}$

λ	Wellenlänge	m
Δs_k	Gangunterschied	m
α_k	Beugungswinkel	
g	Abstand zwischen den Spalten/Erreger	m
a	Abstand zum Schirm	m
d_k	Abstand zum Maximum 0. Ordnung	m

5 Astronomie

5.1 Gravitation

5.1.1 Gravitationsgesetz

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

G	Gravitationskonstante	$\frac{Nm^2}{kg^2}$	$6,67430E-11$
r	Abstand der Massen	m	
m_2	Massen	kg	
m_1	Massen	kg	
F	Kraft	N	$\frac{kgm}{s^2}$

[$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$][$r = \sqrt{\frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{F}}$][$m_1 = \frac{F \cdot r^2}{G \cdot m_2}$][$m_2 = \frac{F \cdot r^2}{G \cdot m_1}$]

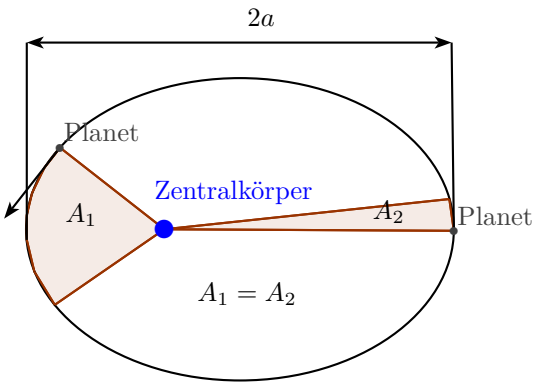
5.1.2 Gravitationsfeldstärke

$$gr = \frac{G \cdot m}{r^2}$$

G	Gravitationskonstante	$\frac{Nm^2}{kg^2}$	$6,67430E-11$
r	Abstand der Massen	m	
m	Masse	kg	
gr	Gravitationsfeldstärke	$\frac{N}{kg}$	

[$gr = \frac{G \cdot m}{r^2}$][$m = \frac{gr \cdot r^2}{G}$][$r = \sqrt{\frac{G \cdot m}{gr}}$]

5.1.3 Keplersche Gesetze



Planet Merkur
$a = 0,387AE = 0,387 * 149\ 597\ 870\ 700m$
$T_1 = 88d$
Zentralkörper Sonne
$C_S = \frac{T^2}{a^3}$
$C_S = \frac{(88*24*60*60s)^2}{(0,387*149\ 597\ 870\ 700m)^3}$
$C_S = 2,97 \cdot 10^{-19}\ \frac{s^2}{m^3}$

Erde $a = 1AE = 149.600.000.000m$
$T = \sqrt[2]{C \cdot a^3}$
$T = \sqrt[2]{2,97 \cdot 10^{-19}\ \frac{s^2}{m^3} \cdot (149.600.000.000m)^3}$
$T = 315337489s$
$T = 365d$

1) Planeten(z.B. Erde) bewegen sich auf Ellipsen, in deren Brennpunkt der Zentralkörper (z.B. Sonne) steht.
2) Ein gedachter Strahl von der Zentralkörper zum Planeten überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächen.
$A_1 = A_2$
3) Für die großen Halbachsen a und Umlaufzeiten T gilt:
$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \Rightarrow \frac{T_i^2}{a_i^3} = \text{konstant}$
KEPLER-Konstante C des Zentralkörpers
$C = \frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3} = ...$
$C = \frac{T^2}{a^3} \quad a = \sqrt[3]{\frac{T^2}{C}} \quad T = \sqrt[2]{C \cdot a^3}$
$C_{\text{Sonne}} = 2{,}97 \cdot 10^{-19} \frac{\text{s}^2}{\text{m}^3}$
$C_{\text{Erde}} = 9{,}91 \cdot 10^{-14} \frac{\text{s}^2}{\text{m}^3}$

T_1	Umlaufzeit des Planeten 1	s
T_2	Umlaufzeit des Planeten 2	s
a_1	Halbachse des Planeten 1	m
a_2	Halbachse des Planeten 2	m

[$gr = \frac{G \cdot m}{r^2}$][$m = \frac{gr \cdot r^2}{G}$][$r = \sqrt{\frac{G \cdot m}{gr}}$]

6 Atomphysik

6.1 Atombau

6.1.1 Bohrsches Atommodell

- Alle Elemente bestehen aus Atomen und Molekülen.
- Atome bestehen aus einen Atomkern und der Atomhülle.
- Die Kernbausteine (Nukleonen) sind die Protonen ($^1_1$p) und die Neutronen.
- Die Anzahl der Protonen bestimmen die Art des Elements.
- Der Atomhülle besteht aus Elektronen, die in bestimmten Bahnen (Schalen) um den Atomkern kreisen.
- Elektronen können zwischen einzelnen Bahnen wechseln.
- Beim Wechsel der Elektronenbahnen können elektromagnetische Wellen emittiert oder absorbiert werden.

6.1.2 Kernbausteine(Protonen,Neutronen,Massenzahl)

^A_ZX
$A = Z + N$

N Neutronenzahl
A Nukleonen-,Massenzahl
Z Ordnung-,Protonenzahl
Sauerstoff: $^{16}_{8}$O

Z=8 Kernladungszahl (Zahl der Protonen, entspricht Zahl der Elektronen)
A=16 Massenzahl (Summe der Zahl der Protonen und der Zahl der Neutronen)

[$Z = A - N$][$A = Z + N$][$N = A - Z$]

6.1.3 Isotope

Isotope sind Atome vom gleichen Element aber unterschiedlicher Neutronenanzahl.

Zum Beispiel die Isotope von Wasserstoff:
$^1_1$H Wasserstoff
$^1_2$H Deuterium
$^1_3$H Tritium

6.1.4 Atomare Masseneinheit

- Die Masse von Atomen wird in Einheiten der atomaren Masseneinheit u angegeben.
- 1 u ist $\frac{1}{12}$ der Masse Kohlenstoffatoms (^{12}C)
- $1u = 1.66053906892 \cdot 10^{-27} kg$

6.1.5 Atommasse

$m_a = A_r \cdot u$

u	atomare Masseneinheit	kg
A_r	relative Atommasse	
m_a	Atommasse	kg

[$m_a = A_r \cdot u$][$m_a = A_r \cdot u$][$m_a = A_r \cdot u$]

6.1.6 Masse des Atomkerns

$m_k = m_a - Z \cdot m_e$

m_e	Masse des Elektrons	kg
Z	Ordnung-,Protonenzahl	
m_a	Atommasse	kg
m_k	Masse des Atomkerns	kg

[$m_k = m_a - Z \cdot m_e$][$m_a = m_k + Z \cdot m_e$][$Z = \frac{m_a - m_k}{m_e}$][$m_e = \frac{m_a - m_k}{Z}$]

6.1.7 Elektrische Ladung

- Elektronen (e^-) sind negativ geladen.
- Protonen (p^+) sind positiv geladen.
- Im Atom ist die Anzahl der Protonen ist gleich der Anzahl der Elektronen.
- Atome sind elektrisch neutral.
- Das Neutron hat keine Ladung.
- Die Elementarladung beträgt $1,60217634 \cdot 10^{-19}$C.

Element	Ladung
Elektron($^{0}_{-1}$e)	$-1,602176 \cdot 10^{-19} C$
Proton ($^{1}_{1}$p)	$+1,602176 \cdot 10^{-19} C$
Neutron($^{1}_{0}$n)	0

6.1.8 Masse - Energie

$E = m \cdot c^2$

c	Lichtgeschwindigkeit	$\frac{m}{s}$	
m	Masse	kg	
E	Energie	J	$Nm = Ws$

[$E = m \cdot c^2$][$m = \frac{E}{c^2}$]

6.2 Kernumwandlungen

6.2.1 Radioaktiver Zerfall

•α-Zerfall ($^4_2$He-Kerne):
$^A_Z\mathrm{X} \longrightarrow {}^{A-4}_{Z-2}\mathrm{Y} + {}^4_2\mathrm{He}$
•β-Zerfall(Elektronen)
$^A_Z\mathrm{X} \longrightarrow {}_{Z+1}{}^A\mathrm{Y} + e^- + \bar{\nu}_e$
•γ-Zerfall(elektromagnetische Strahlung)
$^A_Z\mathrm{X}^* \longrightarrow {}^A_Z\mathrm{X} + \gamma.$

6.2.2 Zerfallsgesetz

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

t	Zeit	s
λ	Zerfallskonstante	$\frac{1}{s}$
N_0	zerfallfähige Atome vor der Zeit t	
$N(t)$	zerfallfähige Atome nach der Zeit t	

[$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$][$N_0 = \frac{N(t)}{e^{-\lambda t}}$][$\lambda = -ln\frac{Nt}{N_0} \cdot \frac{1}{t}$][$t = -ln\frac{Nt}{N_0} \cdot \frac{1}{\lambda}$]

6.2.3 Halbwertszeit

$$T = \frac{ln2}{\lambda}$$

λ	Zerfallskonstante	$\frac{1}{s}$
T	Halbwertszeit	s

[$T = \frac{ln2}{\lambda}$][$\lambda = \frac{ln2}{T}$]

6.2.4 Aktivität

$$A = \lambda \cdot N(t)$$

$N(t)$	zerfallfähige Atome nach der Zeit t		
λ	Zerfallskonstante	$\frac{1}{s}$	
A	Aktivität	Bq	$Bq = \frac{1}{s}$

[$A = \lambda \cdot N(t)$][$N(t) = \frac{A}{\lambda}$][hier klicken]

6.2.5 Energiedosis

$$D = \frac{E}{m}$$

D	Energiedosis	Gy
E	absorbierte Strahlungsenergie	J
m	Masse des durchstrahiten Stoffes	kg

6.2.6 Aquivalentdosis

$$H = q \cdot D$$

H	Äquivalentdosis	Sv
q	Qualitätsfaktor, Bewertungsfaktor	$\frac{\mathrm{Sv}}{\mathrm{Gy}} = 1$
	Energiedosis	Gy
	Äquivalentdosisrate -leistung	$\frac{\mathrm{Sv}}{\mathrm{s}}$

6.2.7 Photon

$$E = f \cdot h$$

h	Plancksches Wirkungsquantum	Js	
f	Eigenfrequenz	$hz = \frac{1}{s}$	
E	Energie	J	$Nm = Ws$

[$E = f \cdot h$][$f = \frac{E}{h}$]

7 Physik Grundlagen

7.1 Größen und Einheiten

7.1.1 Größengleichungen

Formelzeichen(Symbol) = Zahl · Einheit
Ein physikalischer Wert ist bestimmt durch den Zahlenwert und Einheit.

$m = 50kg$
Formelzeichen(Symbol) = m
Zahl = 50
Einheit = kg

8 Tabellen

8.1 Physikalische Konstanten

Name	Symbol	Zahlenwert	Einheit
Kreiszahl	π	3,14159265358979323846	
Eulersche zahl	e	2,71828182845904523536	
Lichtgeschwindigkeit	c	$2,99792458 \cdot 10^{8}$	m/s
Dielektrizitätskonstante	ε_0	$8,854187 \cdot 10^{-12}$	F/m
Permeabilitätskonstante	μ_0	$1,256637$	H/m
Universelle Gaskonstante	R	8,314462	$\mathrm{J{\cdot}mol^{-1}{\cdot}K^{-1}}$
Avogadro-Konstante	N_A	$6,022140 \cdot 10^{23}$	$\mathrm{mol^{-1}}$
Boltzmann-Konstante	$k = R/N_\mathrm{A}$	$1,380649 \cdot 10^{-23}$	J/K
Elektronenladung	e	$1,60217634 \cdot 10^{-19}$	C
Ruhemasse des Elektrons	m_e	$9,10938 \cdot 10^{-31}$	kg
Ruhemasse des Protons	m_p	$1,67262 \cdot 10^{-27}$	kg
Ruhemasse des Neutrons	m_n	$1,674927 \cdot 10^{-27}$	kg
Ruhemasse α-Teilchens	m_n	$6,6447 \cdot 10^{-27}$	kg
Atomare Masseneinheit	$m_\mathrm{u} = \frac{1}{12} m({}^{12}_{6}\mathrm{C})$	$1,660539 \cdot 10^{-27}$	kg
Plancksches Wirkungsquantum	h	$6,6260715 \cdot 10^{-34}$	Js
Gravitationskonstante	G	$6,67430 \cdot 10^{-11}$	$\mathrm{m^3kg^{-1}s^{-2}}$
Masse der Sonne	$M_\odot$	$1,989 \cdot 10^{30}$	kg
Radius der Erde	R_A	$6,378 \cdot 10^{6}$	m
Masse der Erde	M_A	$5,9722 \cdot 10^{24}$	kg
Umlaufdauer Erde-Sonne		365,256	Tage
Astronomische Einheit	AU	$1,49597870 \cdot 10^{11}$	m
Lichtjahr	lj	$9,46 \cdot 10^{15}$	m

8.2 Griechisches Alphabet

A	α	Alpha	N	ν	Nü
B	β	Beta	Ξ	ξ	Xi
Γ	γ	Gamma	O	o	Omikron
Δ	δ	Delta	Π	π ϖ	Pi
E	ϵ ε	Epsilon	P	ρ ϱ	Rho
Z	ζ	Zeta	Σ	σ ς	Sigma
H	η	Eta	T	τ	Tau
T	θ ϑ	Theta	Y	υ	Ypsilon
I	ι	Iota	Φ	ϕ φ	Phi
K	κ $\varkappa$	Kappa	X	χ	Chi
Λ	λ	Lambda	Ψ	ψ	Psi
M	μ	Mü	Ω	ω	Omega

8.3 Dichte

Feste Stoffe		
Dichte ρ	$\frac{kg}{dm^3} = \frac{g}{cm^3} = \frac{t}{m^3}$	$\frac{kg}{m^3} = \frac{g}{dm^3}$
Aluminium	2,7	2700
Blei	11,3	11300
Bronze	8,6	8600
Chrom	7,2	7200
Eis	0,92	920
Eisen	7,86	7860
Gold	19,3	19300
Gußeisen	7,4	7400
Konstantan	8,8	8800
Kupfer	8,9	8900
Magnesium	1,7	1700
Messing	8,3	8300
Natrium	0,97	970
Nickel	8,8	8800
Silber	10,4	10400
Titan	4,5	4500
Uran	18,9	18900
Wolfram	19,3	19300
Zink	7,1	7100
Zinn	7,3	7300

Flüssige Stoffe		
Dichte ρ	$\frac{kg}{dm^3} = \frac{g}{cm^3} = \frac{t}{m^3}$	$\frac{kg}{m^3} = \frac{g}{dm^3}$
Aceton	0,791	791
Äther	0,71	710
Alkohol	0,79	790
Benzin	0,72	720
Benzol	0,88	880
Dieselöl	0,86	860
Glycerin	1,26	1260
Pentan	0,62	620
Petrolium	0,81	810
Quecksilber	13,55	13550
Salpetersäuere(50%)	1,3	1300
Salzsäuere (50%)	1,2	1200
Schwefelsäuere(50%)	1,4	1400
Spiritus	0,83	830
Meerwasser	1,02	1020
Wasser ($4°C$)	1,0	1000
Wasser ($0°C$)	0,998	998

Gasförmige Stoffe		
Dichte ρ	$\frac{kg}{dm^3} = \frac{g}{cm^3} = \frac{t}{m^3}$	$\frac{kg}{m^3} = \frac{g}{dm^3}$
Ammoniak	0,77	770
Argon	1,780	1780
Chlor	3,23	3230
Erdgas	0,65	650
Helium	0,178	1780
Kohlendioxid	1,98	1980
Kohlenmonoxid	1,25	1250
Luft	1,29	1290
Methan	0,71	710
Ozon	2,22	2220
Propan	2,01	2010
Sauerstoff	1,42	1420
Stickstoff	1,25	1250
Wasserstoff	0,09	90

8.4 Brechzahlen

STOFF	n
Luft	1,00
Alkohol	1,36
Benzol	1,5
Diamant	2,42
Fensterglas	1,54
Flintglas	1,7
Kronglas	1,55
Plexiglas	1,44
Quarz	1,45
Schwefelkohlenstoff	1,63
Wasser	1,33

8.5 Spezifischer Widerstand

Einheit: $[\rho] = \frac{\Omega mm^2}{m}$

STOFF	ρ
Aluminium	0,0278
Blei	0,208
Chromnickelstahl	1,0
Eisen	0,11
Graphit	8,0
Gold	0,022
Kohle	0,015
Konstantan	0,5
Kupfer	0,0178
Manganin	0,43
Nickelin	0,4
Platin	0,107
Quecksilber	0,9406
Silber	0,0167
Wolfram	0,055
Zinn	8,7

8.6 Spezifische Wärmekapazität

Einheit: $c = \frac{kJ}{kg \cdot K}$

STOFF	$c = \frac{kJ}{kg \cdot K}$	$c = \frac{J}{kg \cdot K}$
Aluminium	0,896	896
Blei	0,129	129
Cadmium	0,231	231
Eisen	0,45	450
Gold	0,129	129
Gußeisen	0,54	540
Kupfer	0,383	383
Messing	0,381	381
Natrium	1,22	1220
Platin	0,133	133
Silber	0,235	235
Uran	0,115	115
Wolfram	0,134	134
Zinn	0,227	227
Eis	2,09	2090
Benzol	1,73	1730
Wasser	4,18	4180
Wasserdampf	1,84	1840
Ammoniak	2,16	2160
Helium	5,29	5290
Kohlendioxid	0,837	837
Luft	1,005	1005

8.7 Umrechnungen

Interaktive Umrechnungen
hier klicken

8.7.1 Zehnerpotenz - Exponent positiv

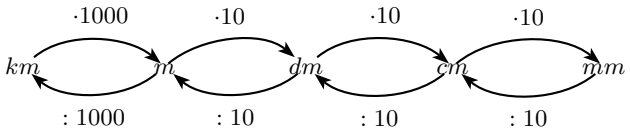
Eins	10^{0}	1
Zehn	10^{1}	10
Hundert	10^{2}	100
Tausend	10^{3}	1000
Zehntausend	10^{4}	10000
Hunderttausend	10^{5}	100000
Million	10^{6}	1000000
	10^{7}	10000000
	10^{8}	100000000
Milliarde	10^{9}	1000000000
	10^{10}	10000000000
	10^{11}	100000000000
Billion	10^{12}	1000000000000
	10^{13}	10000000000000
	10^{14}	100000000000000
Billiarde	10^{15}	1000000000000000
	10^{16}	10000000000000000
	10^{17}	100000000000000000
Trillion	10^{18}	1000000000000000000
	10^{19}	10000000000000000000
	10^{20}	100000000000000000000
Trilliarde	10^{21}	1000000000000000000000
	10^{22}	10000000000000000000000
	10^{23}	100000000000000000000000
Quadrillion	10^{24}	1000000000000000000000000

8.7.2 Zehnerpotenz - Exponent negativ

Eins	10^{0}	1
Zehntel	10^{-1}	$0,1$
Hundertstel	10^{-2}	$0,01$
Tausendstel	10^{-3}	$0,001$
Zehntausendstel	10^{-4}	$0,0001$
Hunderttausendstel	10^{-5}	$0,00001$
Millionstel	10^{-6}	$0,000001$
	10^{-7}	$0,0000001$
	10^{-8}	$0,00000001$
	10^{-9}	$0,000000001$
	10^{-10}	$0,0000000001$
	10^{-11}	$0,00000000001$
	10^{-12}	$0,000000000001$
	10^{-13}	$0,0000000000001$
	10^{-14}	$0,00000000000001$
	10^{-15}	$0,000000000000001$
	10^{-16}	$0,0000000000000001$
	10^{-17}	$0,00000000000000001$
	10^{-18}	$0,000000000000000001$
	10^{-19}	$0,0000000000000000001$
	10^{-20}	$0,00000000000000000001$
	10^{-21}	$0,000000000000000000001$
	10^{-22}	$0,0000000000000000000001$
	10^{-23}	$0,00000000000000000000001$
	10^{-24}	$0,000000000000000000000001$

8.7.3 Längen

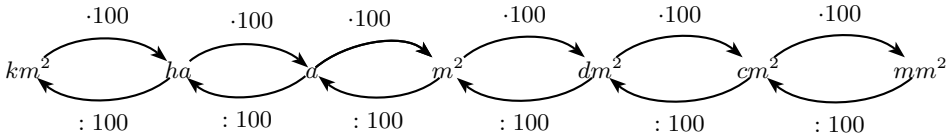
m - Meter dm - Dezimeter cm - Zentimeter mm - Millimeter μm - Mikrometer nm - Nanometer pm - Pikometer km - Kilometer



	m	dm	cm	mm	μm	nm	pm	km
m	1	10	100	1000	10^6	10^9	10^{12}	$0,001$
dm	$0,1$	1	10	100	10^5	10^8	10^{11}	$0,0001$
cm	$0,01$	$0,1$	1	10	10^4	10^7	10^{10}	10^{-5}
mm	$0,001$	$0,01$	$0,1$	1	1000	10^6	10^9	10^{-6}
μm	10^{-6}	10^{-5}	$0,0001$	$0,001$	1	1000	10^6	10^{-9}
nm	10^{-9}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	$0,001$	1	1000	10^{-12}
pm	10^{-12}	10^{-11}	10^{-10}	10^{-9}	10^{-6}	$0,001$	1	10^{-15}
km	1000	10^4	10^5	10^6	10^9	10^{12}	10^{15}	1

8.7.4 Flächen

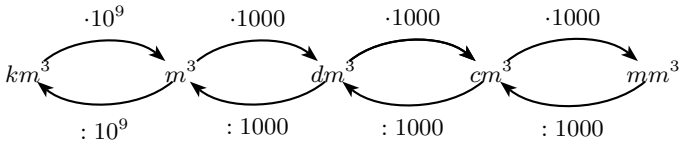
m^2 - Quadratmeter dm^2 - Quadratdezimeter cm^2 - Quadratzentimeter mm^2 - Quadratmillimeter a - Ar ha - Hektar km^2 - Quadratkilometer



	m^2	dm^2	cm^2	mm^2	a	ha	km^2
m^2	1	100	10^4	10^6	$0,01$	$0,0001$	10^{-6}
dm^2	$0,01$	1	100	10^4	$0,0001$	10^{-6}	10^{-8}
cm^2	$0,0001$	$0,01$	1	100	10^{-6}	10^{-8}	10^{-10}
mm^2	10^{-6}	$0,0001$	$0,01$	1	10^{-8}	10^{-10}	10^{-12}
a	100	10^4	10^6	10^8	1	$0,01$	$0,0001$
ha	10^4	10^6	10^8	10^{10}	100	1	$0,01$
km^2	10^6	10^8	10^{10}	10^{12}	10^4	100	1

8.7.5 Volumen

m^3 - Kubikmeter dm^3 - Kubikdezimeter cm^3 - Kubikzentimeter mm^3 - Kubikmillimeter l - Liter hl - Hektoliter ml - Milliliter



	m^3	dm^3	cm^3	mm^3	l	hl	ml
m^3	1	1000	10^6	10^9	1000	10	10^6
dm^3	$0,001$	1	1000	10^6	1	$0,01$	1000
cm^3	10^{-6}	$0,001$	1	1000	$0,001$	10^{-5}	1
mm^3	10^{-9}	10^{-6}	$0,001$	1	10^{-6}	10^{-8}	$0,001$
l	$0,001$	1	1000	10^6	1	$0,01$	1000
hl	$0,1$	100	10^5	10^8	100	1	10^5
ml	10^{-6}	$0,001$	1	1000	$0,001$	10^{-5}	1

8.7.6 Zeit

s - Sekunden min - Minuten h - Stunden ms - Millisekunden μs - Mikrosekunden ns - Nanosekunden ps - Pikosekunden

	s	min	h	ms	μs	ns	ps
s	1	$0,01667$	$0,0002778$	1000	10^6	10^9	10^{12}
min	60	1	$0,01667$	$6 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^7$	$6 \cdot 10^{10}$	$6 \cdot 10^{13}$
h	3600	60	1	$3,6 \cdot 10^6$	$3,6 \cdot 10^9$	$3,6 \cdot 10^{12}$	$3,6 \cdot 10^{15}$
ms	$0,001$	$1,667 \cdot 10^{-5}$	$2,778 \cdot 10^{-7}$	1	1000	10^6	10^9
μs	10^{-6}	$1,667 \cdot 10^{-8}$	$2,778 \cdot 10^{-10}$	$0,001$	1	1000	10^6
ns	10^{-9}	$1,667 \cdot 10^{-11}$	$2,778 \cdot 10^{-13}$	10^{-6}	$0,001$	1	1000
ps	10^{-12}	$1,667 \cdot 10^{-14}$	$2,778 \cdot 10^{-16}$	10^{-9}	10^{-6}	$0,001$	1

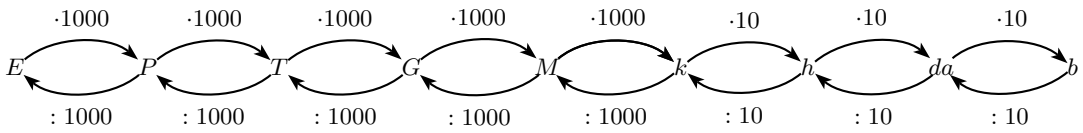
8.7.7 Winkel

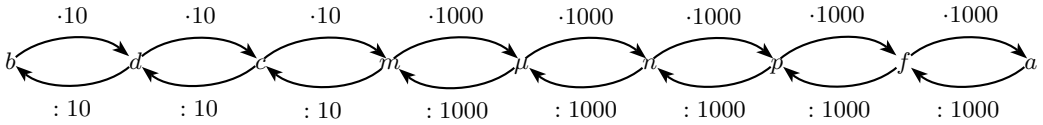
° - Grad (360°) rad - Radiant (Bogenmaß) $mrad$ - Milliradiant $'$ - Winkelminute $''$ - Winkelsekunde gon - Neugrad

	°	$'$	$''$	gon	rad	$mrad$
°	1	60	3600	$1,111$	$0,01745$	$1,745 \cdot 10^{-5}$
$'$	$0,01667$	1	60	$0,01852$	$0,0002909$	$2,909 \cdot 10^{-7}$
$''$	$0,0002778$	$0,01667$	1	$0,0003086$	$4,848 \cdot 10^{-6}$	$4,848 \cdot 10^{-9}$
gon	$0,9$	54	3240	1	$0,01571$	$1,571 \cdot 10^{-5}$
rad	$57,3$	3438	$2,063 \cdot 10^5$	$63,66$	1	$0,001$
$mrad$	$5,73 \cdot 10^4$	$3,438 \cdot 10^6$	$2,063 \cdot 10^8$	$6,366 \cdot 10^4$	1000	1

8.7.8 Dezimale Einheiten

B - Bezugsgröße d - Dezi c - Zenti m - Milli μ - Mikro n - Nano p - Pico f - Femto a - Atto da - Deka h - Hekto k - Kilo M - Mega G - Giga T - Tera P - Peta E - Exa





B		d	c	m	μ	n	p	f	a	da	h	k	M	G	T	P	E
B	1	10	100	1000	10^6	10^9	10^{12}	10^{15}	10^{18}	0, 1	0, 01	0, 001	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}	10^{-18}
d	0, 1	1	10	100	10^5	10^8	10^{11}	10^{14}	10^{17}	0, 01	0, 001	0, 0001	10^{-7}	10^{-10}	10^{-13}	10^{-16}	10^{-19}
c	0, 01	0, 1	1	10	10^4	10^7	10^{10}	10^{13}	10^{16}	0, 001	0, 0001	10^{-5}	10^{-8}	10^{-11}	10^{-14}	10^{-17}	10^{-20}
m	0, 001	0, 01	0, 1	1	1000	10^6	10^9	10^{12}	10^{15}	0, 0001	10^{-5}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}	10^{-18}	10^{-21}
μ	10^{-6}	10^{-5}	0, 0001	0, 001	1	1000	10^6	10^9	10^{12}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}	10^{-18}	10^{-21}	10^{-24}
n	10^{-9}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	0, 001	1	1000	10^6	10^9	10^{-10}	10^{-11}	10^{-12}	10^{-15}	10^{-18}	10^{-21}	10^{-24}	10^{-27}
p	10^{-12}	10^{-11}	10^{-10}	10^{-9}	10^{-6}	0, 001	1	1000	10^6	10^{-13}	10^{-14}	10^{-15}	10^{-18}	10^{-21}	10^{-24}	10^{-27}	10^{-30}
f	10^{-15}	10^{-14}	10^{-13}	10^{-12}	10^{-9}	10^{-6}	0, 001	1	1000	10^{-16}	10^{-17}	10^{-18}	10^{-21}	10^{-24}	10^{-27}	10^{-30}	10^{-33}
a	10^{-18}	10^{-17}	10^{-16}	10^{-15}	10^{-12}	10^{-9}	10^{-6}	0, 001	1	10^{-19}	10^{-20}	10^{-21}	10^{-24}	10^{-27}	10^{-30}	10^{-33}	10^{-36}
da	10	100	1000	10^4	10^7	10^{10}	10^{13}	10^{16}	10^{19}	1	0, 1	0, 01	10^{-5}	10^{-8}	10^{-11}	10^{-14}	10^{-17}
h	100	1000	10^4	10^5	10^8	10^{11}	10^{14}	10^{17}	10^{20}	10	1	0, 1	0, 0001	10^{-7}	10^{-10}	10^{-13}	10^{-16}
k	1000	10^4	10^5	10^6	10^9	10^{12}	10^{15}	10^{18}	10^{21}	100	10	1	0, 001	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}
M	10^6	10^7	10^8	10^9	10^{12}	10^{15}	10^{18}	10^{21}	10^{24}	10^5	10^4	1000	1	0, 001	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}
G	10^9	10^{10}	10^{11}	10^{12}	10^{15}	10^{18}	10^{21}	10^{24}	10^{27}	10^8	10^7	10^6	1000	1	0, 001	10^{-6}	10^{-9}
T	10^{12}	10^{13}	10^{14}	10^{15}	10^{18}	10^{21}	10^{24}	10^{27}	10^{30}	10^{11}	10^{10}	10^9	10^6	1000	1	0, 001	10^{-6}
P	10^{15}	10^{16}	10^{17}	10^{18}	10^{21}	10^{24}	10^{27}	10^{30}	10^{33}	10^{14}	10^{13}	10^{12}	10^9	10^6	1000	1	0, 001
E	10^{18}	10^{19}	10^{20}	10^{21}	10^{24}	10^{27}	10^{30}	10^{33}	10^{36}	10^{17}	10^{16}	10^{15}	10^{12}	10^9	10^6	1000	1

8.7.9 Masse

kg -Kilogramm g -Gramm mg -Milligramm t -Tonne oz -ounce lb -pound t -ton(UK)

	kg	g	mg	t	oz	lb	t
kg	1	1000	10^6	0, 001	35, 28	2, 205	0, 0009843
g	0, 001	1	1000	10^{-6}	0, 03528	0, 002205	$9,843 \cdot 10^{-7}$
mg	10^{-6}	0, 001	1	10^{-9}	$3,528 \cdot 10^{-5}$	$2,205 \cdot 10^{-6}$	$9,843 \cdot 10^{-10}$
t	1000	10^6	10^9	1	$3,528 \cdot 10^4$	2205	0, 9843
oz	0, 02835	28, 35	$2,835 \cdot 10^4$	$2,835 \cdot 10^{-5}$	1	0, 06249	$2,79 \cdot 10^{-5}$
lb	0, 4536	453, 6	$4,536 \cdot 10^5$	0, 0004536	16	1	0, 0004464
t	1016	$1,016 \cdot 10^6$	$1,016 \cdot 10^9$	1, 016	$3,584 \cdot 10^4$	2240	1

8.7.10 Kraft

N -Newton cN -Zentinewton mN -Millinewton kN -Kilonewton MN -Meganewton kp -Kilopond p -Pond dyn -Dyn pdl -poundal lbf -pound-force

	N	cN	mN	kN	MN	kp	p	dyn	pdl	lbf
N	1	100	1000	0, 001	10^{-6}	0, 102	102	10^5	7, 231	0, 2248
cN	0, 01	1	10	10^{-5}	10^{-8}	0, 00102	1, 02	1000	0, 07231	0, 002248
mN	0, 001	0, 1	1	10^{-6}	10^{-9}	0, 000102	0, 102	100	0, 007231	0, 0002248
kN	1000	10^5	10^6	1	0, 001	102	$1,02 \cdot 10^5$	10^8	7231	224, 8
MN	10^6	10^8	10^9	1000	1	$1,02 \cdot 10^5$	$1,02 \cdot 10^8$	10^{11}	$7,231 \cdot 10^6$	$2,248 \cdot 10^5$
kp	9, 807	980, 7	9807	0, 009807	$9,807 \cdot 10^{-6}$	1	1000	$9,807 \cdot 10^5$	70, 91	2, 205
p	0, 009807	0, 9807	9, 807	$9,807 \cdot 10^{-6}$	$9,807 \cdot 10^{-9}$	0, 001	1	980, 7	0, 07091	0, 002205
dyn	10^{-5}	0, 001	0, 01	10^{-8}	10^{-11}	$1,02 \cdot 10^{-6}$	0, 00102	1	$7,231 \cdot 10^{-5}$	$2,248 \cdot 10^{-6}$
pdl	0, 1383	13, 83	138, 3	0, 0001383	$1,383 \cdot 10^{-7}$	0, 0141	14, 1	$1,383 \cdot 10^4$	1	0, 03109
lbf	4, 448	444, 8	4448	0, 004448	$4,448 \cdot 10^{-6}$	0, 4536	453, 6	$4,448 \cdot 10^5$	32, 16	1

8.7.11 Energie-Arbeit

J -Joule Nm -Newtonmeter Ws -Wattsekunde kWh -Kilowattstunde cal -Kalorie $Kcal$ -Kilokalorie eV -Elektronenvolt BTU -British thermal unit

	J	Nm	Ws	kWh	cal	$Kcal$	eV	BTU
J	1	1	1	$2,778 \cdot 10^{-7}$	0,2388	0,0002388	$6,242 \cdot 10^{18}$	0,0009478
Nm	1	1	1	$2,778 \cdot 10^{-7}$	0,2388	0,0002388	$6,242 \cdot 10^{18}$	0,0009478
Ws	1	1	1	$2,778 \cdot 10^{-7}$	0,2388	0,0002388	$6,242 \cdot 10^{18}$	0,0009478
kWh	$3,6 \cdot 10^{6}$	$3,6 \cdot 10^{6}$	$3,6 \cdot 10^{6}$	1	$8,598 \cdot 10^{5}$	859,8	$2,247 \cdot 10^{25}$	3412
cal	4,187	4,187	4,187	$1,163 \cdot 10^{-6}$	1	0,001	$2,613 \cdot 10^{19}$	0,003968
$Kcal$	4187	4187	4187	0,001163	1000	1	$2,613 \cdot 10^{22}$	3,968
eV	$1,602 \cdot 10^{-19}$	$1,602 \cdot 10^{-19}$	$1,602 \cdot 10^{-19}$	$4,45 \cdot 10^{-26}$	$3,827 \cdot 10^{-20}$	$3,827 \cdot 10^{-23}$	1	$1,518 \cdot 10^{-22}$
BTU	1055	1055	1055	0,0002931	252	0,252	$6,585 \cdot 10^{21}$	1

8.7.12 Leistung

W -Watt $\frac{J}{s}$ -Joule pro Sekunde $\frac{Nm}{s}$ -Newtonmeter/Sekunde PS -Pferdestärke KW -Kilowatt hp -horsepower BTU/s -BTU/Sekunde BTU/h -BTU/Stunde

	W	$\frac{J}{s}$	$\frac{Nm}{s}$	PS	KW	hp	BTU/s	BTU/h
W	1	1	1	0,00136	0,001	0,001341	0,0009478	3,412
$\frac{J}{s}$	1	1	1	0,00136	0,001	0,001341	0,0009478	3,412
$\frac{Nm}{s}$	1	1	1	0,00136	0,001	0,001341	0,0009478	3,412
PS	735,5	735,5	735,5	1	0,7355	0,9863	0,6971	2510
KW	1000	1000	1000	1,36	1	1,341	0,9478	3412
hp	745,7	745,7	745,7	1,014	0,7457	1	0,7068	2544
BTU/s	1055	1055	1055	1,434	1,055	1,415	1	3600
BTU/h	0,2931	0,2931	0,2931	0,0003985	0,0002931	0,000393	0,0002778	1

8.7.13 Geschwindigkeit

$\frac{m}{s}$ -Meter/Sekunde $\frac{km}{h}$ -Kilometer/Stunde $\frac{ft}{s}$ -Feet per sec $\frac{mi}{hr}$ -Miles per hour $kn = \frac{sm}{h}$ -Knoten

	$\frac{m}{s}$	$\frac{km}{h}$	$\frac{ft}{s}$	$\frac{mi}{hr}$	$kn = \frac{sm}{h}$
$\frac{m}{s}$	1	3,6	3,281	2,237	1,944
$\frac{km}{h}$	0,2778	1	0,9113	0,6214	0,54
$\frac{ft}{s}$	0,3048	1,097	1	0,6818	0,5925
$\frac{mi}{hr}$	0,447	1,609	1,467	1	0,869
$kn = \frac{sm}{h}$	0,5144	1,852	1,688	1,151	1

8.7.14 Druck

Pa -Pascal $\frac{N}{m^2}$ -Newton/Quadratmeter bar -Bar at -Tech. Atmosphäre atm -Physikalische. Atmosphäre $Torr$ -Torr $mmHg$ -Millimeter Quecksilber psf -pound per square foot psi -pound per square inch $mbar$ -Millibar

	Pa	$\frac{N}{m^2}$	bar	at	atm	$Torr$	$mmHg$	psf	psi	$mbar$
Pa	1	1	10^{-5}	$1,02 \cdot 10^{-5}$	$9,869 \cdot 10^{-6}$	0,007501	0,007501	0,02089	0,000145	0,01
$\frac{N}{m^2}$	1	1	10^{-5}	$1,02 \cdot 10^{-5}$	$9,869 \cdot 10^{-6}$	0,007501	0,007501	0,02089	0,000145	0,01
bar	10^{5}	10^{5}	1	1,02	0,9869	750,1	750,1	2089	14,5	1000
at	$9,807 \cdot 10^{4}$	$9,807 \cdot 10^{4}$	0,9807	1	0,9678	735,6	735,6	2048	14,22	980,7
atm	$1,013 \cdot 10^{5}$	$1,013 \cdot 10^{5}$	1,013	1,033	1	760	760	2116	14,7	1013
$Torr$	133,3	133,3	0,001333	0,00136	0,001316	1	1	2,785	0,01934	1,333
$mmHg$	133,3	133,3	0,001333	0,00136	0,001316	1	1	2,785	0,01934	1,333
psf	47,88	47,88	0,0004788	0,0004882	0,0004725	0,3591	0,3591	1	0,006944	0,4788
psi	6895	6895	0,06895	0,07031	0,06805	51,72	51,72	144	1	68,95
$mbar$	100	100	0,001	0,00102	0,0009869	0,7501	0,7501	2,089	0,0145	1

8.7.15 Frequenz

$Hz = \frac{1}{s}$ -Hertz kHz -Kilohertz MHz -Megahertz GHz -Gigahertz

	$Hz = \frac{1}{s}$	kHz	MHz	GHz
$Hz = \frac{1}{s}$	1	$0,001$	10^{-6}	10^{-12}
kHz	1000	1	$0,001$	10^{-9}
MHz	10^{6}	1000	1	10^{-6}
GHz	10^{12}	10^{9}	10^{6}	1

8.7.16 Spannung

V -Volt mV -Millivolt μV -Mikrovolt kV -Kilovolt MV -Megavolt

	V	mV	μV	kV	MV
V	1	1000	10^{6}	$0,001$	10^{-6}
mV	$0,001$	1	1000	10^{-6}	10^{-9}
μV	10^{-6}	$0,001$	1	10^{-9}	10^{-12}
kV	1000	10^{6}	10^{9}	1	$0,001$
MV	10^{6}	10^{9}	10^{12}	1000	1

8.7.17 Strom

A -Ampere mA -Milliampere μA -Mikroampere kA -Kiloampere MA -Megaampere

	A	mA	μA	kA	MA
A	1	1000	10^{6}	$0,001$	10^{-6}
mA	$0,001$	1	1000	10^{-6}	10^{-9}
μA	10^{-6}	$0,001$	1	10^{-9}	10^{-12}
kA	1000	10^{6}	10^{9}	1	$0,001$
MA	10^{6}	10^{9}	10^{12}	1000	1

8.7.18 Widerstand

Ω -Ohm $m\Omega$ -Milliohm $\mu\Omega$ -Mikroohm $k\Omega$ -Kiloohm $M\Omega$ -Megaohm

	Ω	$m\Omega$	$\mu\Omega$	$k\Omega$	$M\Omega$
Ω	1	1000	10^{6}	$0,001$	10^{-6}
$m\Omega$	$0,001$	1	1000	10^{-6}	10^{-9}
$\mu\Omega$	10^{-6}	$0,001$	1	10^{-9}	10^{-12}
$k\Omega$	1000	10^{6}	10^{9}	1	$0,001$
$M\Omega$	10^{6}	10^{9}	10^{12}	1000	1

8.7.19 Induktivität

H -Henry mH -Millihenry μH -Mikrohenry nH -Nanohenry kH -Kilohenry

	H	mH	μH	nH	kH
H	1	1000	10^{6}	10^{9}	$0,001$
mH	$0,001$	1	1000	10^{6}	10^{-6}
μH	10^{-6}	$0,001$	1	1000	10^{-9}
nH	10^{-9}	10^{-6}	$0,001$	1	10^{-12}
kH	1000	10^{6}	10^{9}	10^{12}	1

8.7.20 Kapazität

F -Farad mF -Millifarad μF -Mikrofarad nF -Nanofarad pF -Pikofarad kF -Kilofarad

	F	mF	μF	nF	pF	kF
F	1	1000	10^6	10^9	10^{12}	$0,001$
mF	$0,001$	1	1000	10^6	10^9	10^{-6}
μF	10^{-6}	$0,001$	1	1000	10^6	10^{-9}
nF	10^{-9}	10^{-6}	$0,001$	1	1000	10^{-12}
pF	10^{-12}	10^{-9}	10^{-6}	$0,001$	1	10^{-15}
kF	1000	10^6	10^9	10^{12}	10^{15}	1