

Modul 1L

Grundwissen

$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2eUm_e}}$
 N_A
 $l_t = l_0(1 + \alpha \Delta t)$
 $I = \frac{U_e}{R + R_i}$
 $\omega = 2\pi f$

$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$
 $\psi(x) = \sqrt{2/L} \sin \frac{n\pi x}{L}$
 $E = mc^2$
 $\beta = \frac{\Delta I_c \phi_e}{\Delta E} = \frac{\Delta E}{\Delta t} \frac{m_1}{X} + \frac{m_2}{X'} = \frac{m_2 - m_1}{m}$

$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu \iint \vec{J} d\vec{S}$
 $\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} (\vec{E} \times \vec{B})$
 $\oint \vec{J} d\vec{S} = Q^*$

$v_k = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3kTN_A}{M_m}} = \sqrt{\frac{3R_m T}{M_r \cdot 10^{-3}}}$
 $E = \hbar k^2$
 $1 \text{ pc} = 1 \text{ AU}$
 $R = \frac{U}{I}$
 $F_v = \int \frac{F_n}{R}$

$\lambda = \frac{h m_2}{T}$
 $F_h = Shpg$
 $f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{CL}}$
 $M = \int F d \cos \alpha$
 $S I_m^2 = U^2 [1 + (1 - 1)^2]$
 $T = h$

$\left(\frac{E_t}{F}\right) = \frac{2 \cos \theta_1 \cos \theta_2}{\dots}$

Vorwort

Diese Lernunterlage dient zur Vorbereitung für Personen, die bei EASA Teil-66 Prüfungen für freigabeberechtigtes Personal in der Kategorie L antreten möchten.

Die Unterlage enthält grundlegende Informationen über Prinzipien, Grundlagen und technische Verfahren und dient dem Selbststudium. Im Allgemeinen folgt dieses Handbuch den geforderten Inhalten der Vorschrift zur Aufrechterhaltung der Lufttüchtigkeit EASA (EU) 1321/2014 Annex III Appendix VII.

Die behandelten Themen erfolgen von einem allgemeinen Standpunkt aus und sollten durch Herstellerhandbüchern oder anderen Lehrbüchern ergänzt werden. Es besteht keine Garantie auf vollständiger Abdeckung aller Inhalte.

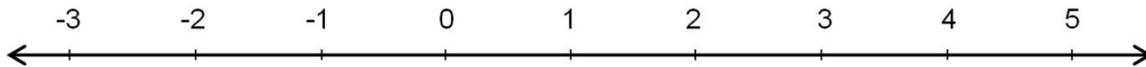
Diese Lernunterlage ersetzt keine offiziellen Vorschriften oder die von Herstellern veröffentlichte Anweisungen.

1L.1 MATHEMATIK	4
1L.2 PHYSIK	42
1L.3 ELEKTRIK	78
1L.4 AERODYNAMIK/ AEROSTATIK	101

1L.1 Mathematik

1.1 Zahlengerade, Zahlenarten ([Arithmetical terms and signs](#))

Die *Zahlengerade* ist die geordnete Aneinanderreihung von Zahlen auf einer Geraden.



Grafik: Zahlengerade01

Abb.: Zahlengerade

Natürliche Zahlen verwendet man zum Zählen $\mathbb{N} = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, \dots\}$.

Negative Zahlen sind die Zahlen kleiner als Null. Sie werden mit einem Minus vor der Zahl und auf der Zahlengeraden links von Null dargestellt zB.: -2, -0,5.

Ganze Zahlen können negativ oder positiv sein. Auch 0 ist in den Ganzen Zahlen enthalten. *Brüche* oder *Bruchzahlen* drücken einen Teil des Ganzen aus.

Über dem Bruchstrich steht der *Zähler* unter dem Bruchstrich steht der *Nenner*.

zB.: Ein halber Teil, eine Hälfte $\frac{1}{2}$

Drei achte Teile, drei Achtel $\frac{3}{8}$

Fünfzehn siebenundzwanzigste Teile, fünfzehn Siebenundzwanzigstel $\frac{15}{27}$

Bruchzahlen und *Dezimalzahlen* sind auf der Zahlengeraden zwischen den Ganzen Zahlen angeordnet. Im Allgemeinen können Bruchzahlen als Division aufgefasst und als Dezimalzahl geschrieben werden. Manche Brüche haben allerdings unendlich viele Dezimalstellen. zB.: $\frac{1}{3}$

$$3 : 8 = \frac{3}{8} = 0,375$$

$$15 : 27 = \frac{15}{27} = 0,5555555 \dots \dots \dots$$

Rationale Zahlen lassen sich als Bruch darstellen zB.: $\frac{156}{87}$. *Irrationale Zahlen* kann man nicht als Bruch darstellen. Bei der Darstellung mit Dezimalzahlen behilft man sich mit Näherungswerten, weil sie unendlich viele Dezimalstellen haben (zB.: Kreiszahl (Pi) $\pi \approx 3,14159$).

Primzahlen sind nur durch 1 und sich selbst ohne Rest teilbar (zB.: 2, 17, 133).

1.2 Zahlensysteme und Rechenzeichen (Arithmetical terms and signs)

Das am häufigsten verwendete Zahlensystem beruht auf der Basis 10. Der Zahlenwert setzt sich aus dem Wert der Ziffer und aus dem Wert der Stelle an der die Ziffer steht zusammen. Der Wert der Stelle besteht im Zehner- oder Dezimalsystem aus Zehnerpotenzen. Im Dual- oder Binärsystem aus Potenzen der Basis 2.

Beispiel: <i>Dezimalsystem</i>		8 0 3 7 , 6 5
Ziffernwert 8, Stellenwert 10^3	8 x 1000	8 0 0 0
Ziffernwert 0, Stellenwert 10^2	0 x 100	0
Ziffernwert 3, Stellenwert 10^1	3 x 10	3 0
Ziffernwert 7, Stellenwert 10^0	7 x 1	7
Ziffernwert 6, Stellenwert 10^{-1}	6 x 0,1	0 , 6
Ziffernwert 5, Stellenwert 10^{-2}	5 x 0,01	0 , 0 5
$8000 + 0 + 30 + 7 + 0,6 + 0,05 = 8 0 3 7 , 6 5$		

Beispiel: <i>Binärsystem</i>		1 0 1 1
		umgerechnet in das Dezimalsystem
Ziffernwert 1, Stellenwert $\dots 2^3$	1 x 8	8
Ziffernwert 0, Stellenwert $\dots 2^2$	0 x 4	0
Ziffernwert 1, Stellenwert $\dots 2^1$	1 x 2	2
Ziffernwert 1, Stellenwert $\dots 2^0$	1 x 1	1
$8 + 0 + 2 + 1 = 1 1$		

Rechenzeichen und Regeln:

- + Addition x oder · Multiplikation
- Subtraktion : Division

Beim Kombinieren von Rechnungsarten, wird Punktrechnung (Multiplikation und Division) vor Strichrechnung (Addition und Subtraktion) ausgeführt. Bei anderer Priorität werden Klammern ((), { } , []) verwendet.

Andere gebräuchliche Zeichen sind zB.:

Σ Summe

4 > 3 größer

7 < 9 kleiner

= gleich

≈ oder ~ ungefähr

Beispiel: Klammern

$$3 \times 7 - 5 = 16$$

$$3 \times (7 - 5) = 6$$

1.3 Grundrechnungsarten [\(Methods of multiplication and division\)](#)

Vor dem Rechnen ist es hilfreich das Ergebnis zu schätzen. Durch dieses Schätzen lässt sich leicht und schnell feststellen welche Größenordnung das Ergebnis hat, oft kann es das exakte Nachrechnen allerdings nicht ersetzen.

zB.: statt $17,5 + 0,46 + 543$ $18 + 543 = 561$

statt $17,5 - 3,74$ $18 - 4 = 14$

statt $487,24 \cdot 92,4$ $480 \cdot 100 = 48000$

statt $6613,272 : 13,6$ $6600 : 13 = 66 \cdot 100 : 13 \approx 5 \cdot 100 = 500$

Addition

Beispiel: Addieren

$$17,5 + 0,46 + 543 = 560,96$$

17,50	}	Summanden
0,46		
<u>543,00</u>		
560,96		Summe

Probe: Durch nochmaliges Addieren.

Subtraktion

Beispiel: Subtrahieren

$$17,5 - 3,74 = 13,76$$

$$7,5 - 13,74 = -6,24$$

26,13	Minuend
<u>- 18,34</u>	Subtrahend
7,79	Differenz

Probe: Durch Addieren von Differenz und Subtrahend.

Multiplikation

Multiplikator \cdot Multiplikand = Produkt oder Faktor \cdot Faktor = Produkt

Beispiel: Multiplikation

487,24 \cdot 92,4

$$438516 \quad = 48724 \cdot 9$$

$$97448 \quad = 48724 \cdot 2$$

$$\underline{194896} \quad = 48724 \cdot 4$$

45020,976

Durch das eingerückte Übereinanderschreiben der Einzelergebnisse, lassen sich diese einfach addieren und das Komma nachher, aus der Summe der Kommastellen von Multiplikator und Multiplikand, ermitteln und einfügen. Die Anzahl der Kommastellen lässt sich zB auch durch eine Schätzung der Größenordnung des Ergebnisses feststellen.

Probe: Dividieren des Produktes durch den Multiplikanden ergibt den Multiplikator.

Division

Dividend : Divisor = Quotient

In der Bruchrechnung nennt man den Dividend Zähler und den Divisor Nenner.

Beispiel: Division

$$6613,272 : 13,6 = 486,27$$

1173

0852

0367

0952

000

Durch Multiplikation von Dividend und Divisor mit 10 wird das Ergebnis nicht verändert, die Dezimalstelle im Divisor wird aber vermieden. Die Division lautet jetzt $66132,72 : 136$. Überlegung: Wie oft ist 136 in 661 enthalten? 5 geht nicht ganz, also 4. 4 mal 6, also die letzte Stelle von 136, ist 24. 24 und wieviel ist 31? (1 wegen der letzten Stelle von 661. Wenn man von 24 weiter zählt ist 31 die nächste Zahl mit 1 an

der Einerstelle) $4 + 7 = \underline{31}$, also wird 7 in der nächsten Zeile angeschrieben. Die 3 wird weiter in den nächsten Schritt mitgenommen. Die nächste Stelle von 136 ist 3. 4 mal 3 = 12 und 3 = 15. 15 und wieviel ist 16? (16, da 6 die nächste Stelle von 661 ist und wenn man von 15 weiterzählt, 16 die nächste Zahl mit 6 an der Einerstelle ist) $15 + 1 = \underline{16}$, also wird 1 angeschrieben und 1 wieder in den nächsten Schritt mitgenommen. 4 mal 1 (die die nächste Stelle von 136) = 4 und 1, aus der vorigen Schritt ist 5. 5 und wieviel ist 6, die nächste Stelle von 661? Und 1. 1 wird angeschrieben. In den vorherigen Schritten wurden die Zahlen 7, 1 und 1 angeschrieben. Da 7 von der Einerstelle und 1 von der Hunderterstelle kommt, erhält man die Zahl 117. Jetzt wird die nächste Stelle von 66132,72, also 3, daneben geschrieben. Nun stellt sich die Frage wie oft ist 136 in 1173 enthalten. Das Verfahren wiederholt sich. Wenn man die erste Dezimale runtersetzt, setzt man im Quotienten das Komma.

Bei praktischen Aufgaben rechnet man oft bis zur erforderlichen Genauigkeit und belässt den verbleibenden Rest. Probe: Multiplizieren von Quotient und Divisor ergibt den Dividend.

1.4 Teiler und Vielfache (Factors and multiples)

Eine natürliche Zahl kann in Faktoren zerlegt werden, sodass kein Rest bleibt. Diese Faktoren nennt man Teiler. Beim Bruchrechnen hat vor allem der größte gemeinsame Teiler Bedeutung.

zB.: 18 ... Teiler sind 1,2,3,6,9,18

zB.: 24 ... Teiler sind 1,2,3,4,6,8,12,24

Der größte gemeinsame Teiler von 18 und 24 ist 6.

Zahlen die nur durch 1 und sich selbst teilbar sind nennt man Primzahlen (zB.: 1,2,3,5,...17,19,23,...119,...)

Vielfache einer Zahl sind das Ergebnis einer Multiplikation der Zahl mit einer ganzen Zahl. Beim Bruchrechnen hat vor allem das kleinste gemeinsame Vielfache Bedeutung.

zB.: Vielfache von 7 sind: 7,14,21,28,35,42,.....77,84,91,98,.....686,693,700,.....

zB.: Vielfache von 4 sind: 4,8,12,16,20,.....48,52,56,60,.....360,364,368,.....

Das kleinste gemeinsame Vielfache von 7 und 4 ist 28.

1.5 Rechnen mit Brüchen (Fractions and decimals)

Erweitern eines Bruches heißt Zähler und Nenner mit der gleichen Zahl multiplizieren. *Kürzen* eines Bruches heißt Zähler und Nenner eines Bruches durch die gleiche Zahl dividieren. Weder Erweitern noch Kürzen ändert den Wert des Bruches. Im Allgemeinen ist es am übersichtlichsten, wenn Zähler und Nenner die kleinstmöglichen ganze Zahlen sind.

zB.: Erweitern mit 3 $\frac{3}{5} = \frac{9}{15}$

oder Erweitern mit 5 $\frac{7}{12} = \frac{35}{60}$

zB.: Kürzen durch 4 $\frac{36}{16} = \frac{9}{4}$ **4 ist der größte gemeinsame Teiler von 36 und 16**

oder Kürzen durch 7 und 4 = 28 $\frac{196}{84} = \frac{28}{12} = \frac{7}{3}$

Beispiele:

$$\frac{3}{4} = \frac{3 \cdot 5}{4 \cdot 5} = \frac{15}{20}$$

$$\frac{16}{30} = \frac{\frac{16}{2}}{\frac{30}{2}} = \frac{8}{15}$$

Addition, Subtraktion

Vor der Addition bzw. Subtraktion sind die Brüche auf gleichen Nenner zu bringen, anschließend die Zähler zu addieren bzw. zu subtrahieren.

zB.: $\frac{1}{4} + \frac{2}{5} = \frac{5}{20} + \frac{8}{20} = \frac{13}{20}$ **20 ist das kleinste gemeinsame Vielfache von 4 und 5.**

Beispiele: Brüche addieren und subtrahieren

$$3\frac{2}{3} + \frac{3}{4} + \frac{1}{6} = \frac{11}{3} + \frac{3}{4} + \frac{1}{6} = \frac{44}{12} + \frac{9}{12} + \frac{2}{12} = \frac{55}{12} = 4\frac{7}{12}$$

$$\frac{3}{4} - \frac{3}{7} = \frac{21}{28} - \frac{12}{28} = \frac{9}{28}$$

$$1\frac{1}{2} - 1\frac{5}{6} = \frac{3}{2} - \frac{11}{6} = \frac{9}{6} - \frac{11}{6} = -\frac{2}{6} = -\frac{1}{3}$$

Multiplikation

Ein Bruch wird mit einer ganzen Zahl multipliziert, indem man den Zähler multipliziert und den Nenner unverändert lässt.

$$\text{zB.: } \frac{4}{5} \cdot 7 = \frac{28}{5} = 5 \frac{3}{5}$$

Brüche werden multipliziert indem man Zähler mit Zähler und Nenner mit Nenner multipliziert.

$$\text{zB.: } \frac{3}{4} \cdot \frac{4}{5} = \frac{12}{20} = \frac{3}{5}$$

Beispiele: Brüche multiplizieren

$$1 \frac{2}{3} \cdot 6 = \frac{5}{3} \cdot 6 = \frac{30}{3} = 10$$

$$1 \cdot 6 + \frac{2}{3} \cdot 6 = 6 + 4 = 10 \text{ oder } 1 \cdot 6 + \frac{2}{3} \cdot 6 = \left(1 + \frac{2}{3}\right) \cdot 6 = 6 + \frac{12}{3} = 6 + 4 = 10$$

$$2 \frac{5}{7} \cdot 1 \frac{1}{4} = \frac{19}{7} \cdot \frac{5}{4} = \frac{95}{28} = 3 \frac{11}{28}$$

Division

Ein Bruch wird durch eine ganze Zahl dividiert indem man entweder den Zähler durch die Zahl dividiert oder den Nenner mit der Zahl multipliziert.

$$\text{zB.: } \frac{6}{12} : 3 = \frac{2}{12} = \frac{1}{6} \text{ oder } \frac{6}{12} : 3 = \frac{6}{36} = \frac{1}{6}$$

Brüche werden dividiert indem man den ersten Bruch (Dividend) mit dem Kehrwert des zweiten Bruches (Divisor) multipliziert.

$$\text{zB.: } \frac{3}{5} : \frac{2}{5} = \frac{3}{5} \cdot \frac{5}{2} = \frac{15}{10} = \frac{3}{2} = 1 \frac{1}{2}$$

Beispiele: Brüche dividieren

$$\frac{17}{22} : 13 = \frac{17}{286} \text{ oder } \frac{1,30769 \dots \dots \dots}{22}$$

$$\frac{7}{12} : \frac{4}{5} = \frac{7}{12} \cdot \frac{5}{4} = \frac{35}{48}$$

Doppelbrüche können als Division von Brüchen aufgefasst werden.

$$\text{zB.: } \frac{\frac{3}{4}}{\frac{2}{3}} = \frac{3}{4} : \frac{2}{3} = \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{2} = \frac{9}{8} = 1 \frac{1}{8}$$

Natürlich können Brüche immer „ausdividiert“ werden um dann mit Dezimalzahlen, in der gewünschten Genauigkeit, weiter zu rechnen. Allerdings empfiehlt es sich dies erst so spät wie möglich zu tun, da sich sonst die Rundungsfehler aufsummieren.

$$\text{zB.: } \frac{3}{4} : \frac{2}{3} \approx 0,75 : 0,6666 = 1,125112511 \dots \dots \text{ genau wäre } \frac{9}{8} = 1 \frac{1}{8} = 1,125$$

1.6 Brüche, Dezimalzahlen und Prozentzahlen (Fractions and decimals, percentages)

Der Ausdruck Prozent kommt vom Lateinischen pro centum (von Hundert, Hundertstel) $1\% = \frac{1}{100} = 0,01$

Beispiele:

$$\frac{1}{2} = 0,50 = \frac{50}{100} = 50\%$$

$$\frac{1}{3} = 0,333 \dots = \frac{33,3\dots}{100} = 33,3 \dots \%$$

$$\frac{1}{5} = 0,20 = 20\%$$

$$\frac{1}{6} = 0,1666 \dots = \frac{16,66 \dots}{100} = 16,66 \dots \%$$

$$2\frac{3}{4} = 2,75 = 275\%$$

$$\frac{24}{30} = 0,80 = 80\%$$

$$\frac{213}{77} = 2,7623376 \dots = 276,23376 \dots \%$$

1.7 Potenzen

Basis^{Exponent}=Wert der Potenz

Die Basis wird so oft mit sich selbst multipliziert, wie groß der Exponent ist.

zB.: $2^2 = 2 \cdot 2 = 4$ $5^3 = 5 \cdot 5 \cdot 5 = 125$

Wenn der Exponent negativ ist, ist der Kehrwert der Rechnung mit positivem Exponenten das Ergebnis.

zB.: $2^{-2} = \frac{1}{2^2} = \frac{1}{4} = 0,25$ $5^{-3} = \frac{1}{5^3} = \frac{1}{125} = 0,008$

Das gebräuchlichste Zahlensystem basiert auf Zehnerpotenzen.

..... $10^{-2};10^{-1};10^0;10^1;10^2;10^3;$

Zehnerpotenz	Ausgeschriebene (Dezimal)Zahl	Bruchzahl	Vorsatz (Präfix)
10^{12}	1.000.000.000.000		Tera (T)
10^9	1.000.000.000		Giga (G)
10^6	1.000.000		Mega (M)
10^5	100.000		
10^4	10.000		

10^3	1.000		Kilo (k)
10^2	100		Hekto (h)
10^1	10		Deka (a)
10^0	1		
10^{-1}	0,1	$\frac{1}{10}$	Dezi(da, d)
10^{-2}	0,01	$\frac{1}{100}$	Zenti (c)
10^{-3}	0,001	$\frac{1}{1000}$	Milli (m)
10^{-4}	0,0001	$\frac{1}{10000}$	
10^{-5}	0,00001	$\frac{1}{100000}$	
10^{-6}	0,000001	$\frac{1}{1000000}$	Mikro (μ)
10^{-9}	0,000000001	$\frac{1}{1000000000}$	Nano (n)
10^{-12}	0,000000000001	$\frac{1}{1000000000000}$	Piko (p)

1.8 Praktisches Rechnen ([Weights, measures and conversion factors](#))

In der praktischen Anwendung wird oft mit physikalischen Größen gerechnet. Physikalische Größen sind Merkmale die durch Maßeinheiten mess- und vergleichbar werden. Häufig verwendete physikalische Basisgrößen und ihre Einheiten im SI-System (Système international d'unités) sind:

Physikalische Basisgröße	Formelzeichen	Basiseinheit	Symbol
Länge, Weg	l, s	Meter	m
Masse	m	Kilogramm	kg
Zeit	t	Sekunde	s (sec)
Elektrische Stromstärke	I	Ampere	A
Temperatur	T	Kelvin	K

zB.: Die Leermasse eines Segelflugzeuges beträgt 400 kg und die maximale Startmasse beträgt 650 kg. Berechne die maximale Zuladung.

$$650 \text{ kg} - 400 \text{ kg} = 250 \text{ kg}$$

Die max. Zuladung beträgt 250 kg.

Aus den physikalischen Basisgrößen werden andere physikalische Größen abgeleitet.

Abgeleitete physikalische Größe	Formelzeichen	Formel	Einheit	Symbol
Geschwindigkeit	v	$v = \frac{s}{t}$	Meter / Sekunde	m/s
Beschleunigung	a	$a = \frac{v}{t} = \frac{\frac{s}{t}}{t} = \frac{s}{t^2}$	Meter / Sekunde ²	m/s ²
Fläche Oberfläche	A O	$A = l \cdot l = l^2$	Quadratmeter	m ²
Volumen	V	$V = l \cdot l \cdot l = l^3$	Kubikmeter	m ³
Kraft	F	$F = m \cdot a$	Newton	N
Drehmoment	M	$M = F \cdot l$	Newtonmeter	Nm
Druck	p	$p = \frac{F}{A}$	Pascal	Pa
Arbeit, Energie	W, E	$W = F \cdot s$	Joule =Newtonmeter	J
Leistung	P	$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot v$	Watt	W
Elektr. Spannung	U	$U = R \cdot I$	Volt	V
Elektr. Widerstand	R	$R = \frac{U}{I}$	Ohm	Ω

Weitere Einheiten ergeben sich durch Vielfache oder Bruchteile der Basiseinheiten.
zB.: Kilometer, [km]; Millimeter, [mm]; Kilonewton, [kN]; Kilowatt, [kW]; Hektopascal, [hPa]; Kilowattstunde, [kWh];

zB.: $1km = 1000m$; $1mm = 0,001m$; $1hPa = 100Pa$

$$\frac{1km}{h} = \frac{1000m}{3600sec} = \frac{1}{3,6} m/sec \qquad \frac{1m}{sec} = \frac{3600m}{3600sec} = \frac{3600m}{h} = 3,6 \frac{km}{h}$$

Alte, aber noch immer fallweise verwendete Einheiten.

Physikalische Größe	Einheit	Umrechnung
Kraft	Kilopond kp	$1 kp = 9,80665 N$

Leistung	Pferdestärke PS	$1 PS = 75 \frac{kpm}{sec^2} = 735,45 W$
Druck	Bar, bar	$1 bar = 100\ 000 Pa$
Druck	Atmosphäre at	$1 at = 1 \frac{kp}{cm^2} = 9,81 \frac{N}{cm^2} = 98,0665 kPa$
Energie	Kalorie, kal, cal	$1 cal = 4,18 J$

In Ländern des ehemaligen britischen Einflusses wird in der Praxis oft das angloamerikanische Maßsystem (**Imperial System**) verwendet.

Physikalische Basisgröße	Einheiten	Symbol	Zusammenhang mit metrischen Einheiten
Länge, Weg distance	inch	in	2,54cm
	foot	ft	30,48cm=12in
	yard	yd	0,9144m=3ft
	(statute)mile	m, mi	1609,344m=1760yd
	(nautical)mile	nm, nmi	1853,184m=6080ft
Masse mass	pound	lb	0,45359kg
Kraft force	pound	lb lbf	4,44822 N
Geschwindigkeit Speed, velocity	(statute)mile per hour	mph	1,609344 km/h
Geschwindigkeit Speed, velocity	(nautical)mile per hour	knot, kt, kn, ktn	1,852 km/h
Drehmoment torque	pound-foot	lbft lbf·ft	1,35582 Nm
Drehmoment torque	pound-inch oder inch-pound	lb(f)in oder inlbs	0,112985 Nm
Leistung	horsepower	hp	0,7457 kW
	brake horsepower	bhp	1,01387 PS

Temperatur:

Im angloamerikanischen Maßsystem wird Temperatur häufig in Grad Fahrenheit °F angegeben. Weltweit gebräuchlich ist neben Kelvin K auch Grad Celsius °C.

$$T_{\text{C}} = \frac{5}{9} \cdot (T_{\text{F}} - 32)$$

$$T_{\text{F}} = \frac{9}{5} \cdot T_{\text{C}} + 32$$

Temperatur	Grad Fahrenheit	°F	0°F = -17,778°C 0°F = 255,37 K
------------	-----------------	----	-----------------------------------

Beispiele: Umrechnung von Temperaturen

Wie viele Grad Celsius sind 50 Grad Fahrenheit?

$$T_{\text{C}} = \frac{5}{9} \cdot (50 - 32) = \frac{5}{9} \cdot 18 = \text{kürzen} = 5 \cdot 2 = 10^{\circ}\text{C}$$

50 Grad Fahrenheit entsprechen 10 Grad Celsius.

Wie viele Grad Fahrenheit sind 30 Grad Celsius?

$$T_{\text{F}} = \frac{9}{5} \cdot 30 + 32 = \text{kürzen} = \frac{9}{1} \cdot 6 + 32 = 54 + 32 = 86^{\circ}\text{F}$$

30 Grad Celsius entsprechen 86 Grad Fahrenheit.

1.9 Proportionen und Schlussrechnungen ([Ratio and proportion](#))

1.9.1 Direkt proportionale Größen

Ein Motorsegler steigt nach dem Abheben in gleichmäßigem Steigflug und erreicht nach 4 min eine Höhe von 360 m über Grund.

Wie hoch über Grund war der Motorsegler 3 min nach dem Abheben? Wie hoch wird er, wenn er den gleichmäßigen Steigflug fortsetzt, 5 min nach dem Abheben sein?

Wie viele Meter steigt der Motorsegler in einer Sekunde?

4 min (240 sec).....360 m

1 min (60 sec).....360/4.....90 m

3 min (180 sec).....90 x 3.....270 m

5 min (300 sec).....90 x 5.....450 m

60 sec (1 min).....90 m

1 sec90/60.....1,5 m/sec

Drei Minuten nach dem Abheben war der Motorsegler in einer Höhe von 270 Metern über Grund. 5 min nach dem Abheben wird er 450 m über Grund sein. In einer Sekunde steigt der Motorsegler 1,5 m.

Natürlich kann die Rechnung auch in einem Schritt ausgeführt werden.

$$\frac{360}{4} \cdot 3 = 270$$

Die Höhe nimmt im gleichen Verhältnis wie die Steigzeit zu. Beide Größen sind zueinander proportional. Der Proportionalitätsfaktor ist 90 bzw. 1,5

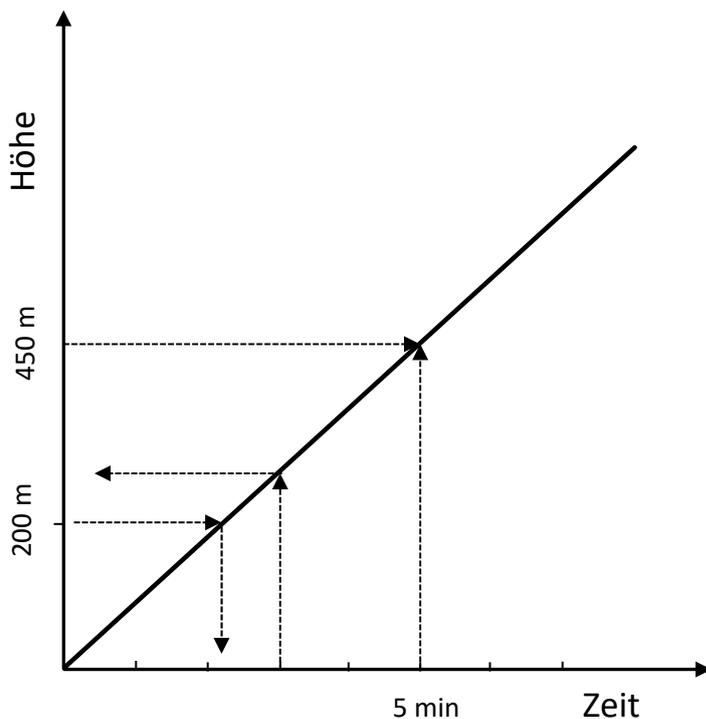
360 verhält sich zu 4 wie 270 zu 3 und wie 450 zu 5

Mathematisch ausgedrückt: $\frac{360}{4} = \frac{90}{1} = \frac{270}{3} = \frac{450}{5}$ und $\frac{360}{240} = \frac{90}{60} = \frac{270}{180} = \frac{1,5}{1}$

Proportionen können auch als Zuordnung aufgefasst werden. Zeit wird der Höhe zugeordnet. Die Elemente einer Menge werden den Elementen einer zweiten Menge zugeordnet

Menge 1	Zeit	4 min	1 min	3 min	5 min	1 sec
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Menge 2	Höhe	360 m	90 m	270 m	450 m	1,5 m

Graphisch, in einem Höhen-Zeit Diagramm dargestellt, ergibt sich eine ansteigende Gerade die den Zusammenhang zwischen Zeit und Höhe darstellt.



Grafik: DiaHoeheZeit01

Abb.: Diagramm Höhe-Zeit

1.9.2 Indirekt proportionale Größen

Nach 5 Segelflugzeugschlepps sind bei einem Schleppflugzeug, das vor dem ersten Schlepp vollgetankt war, noch 89 Liter Treibstoff im Tank. Nach 15 Schlepps noch 47 Liter. Wie viel Treibstoff wird unter gleichen Bedingungen nach 20 Schlepps im Tank sein? Wieviel Treibstoff wird bei einem Schlepp verbraucht? Welchen Treibstoffvorrat fasst der Tank?

5 Schlepps..... 89 Liter

15 Schlepps..... 47 Liter

d.h. bei 10 Schlepps wurden 42 Liter Treibstoff verbraucht.

1 Schlepp..... 4,2 Liter

5 Schlepps..... $4,2 \times 5$ 21 Liter

$47 - 21 = 26$ Liter

$89 + 21 = 110$ Liter

Nach 20 Schlepps werden 26 Liter im Tank sein. Bei einem Schlepp werden unter den getroffenen Annahmen 4,2 Liter Treibstoff verbraucht. Der Tank fasst 110 Liter.

Je höher die Anzahl der Segelflugzeugschlepps, desto weniger Treibstoff befindet sich im Tank. Diese Größen verhalten sich indirekt proportional zueinander.

Beispiel:

Für den Bau eines Hangars wird geplant die Arbeit so zu organisieren, dass der Hangar nach 300 Stunden Einsatz von 4 Personen fertig ist. Wie wird sich die Arbeit (theoretisch) verzögern, wenn nur 3 Personen am Bau arbeiten? Wie schnell kann der Hallenbau ausgeführt werden, wenn 8 Personen am Bau arbeiten?

4 Personen.....300 h

1 Person..... 300×41200 h

3 Personen..... $1200/3$400 h

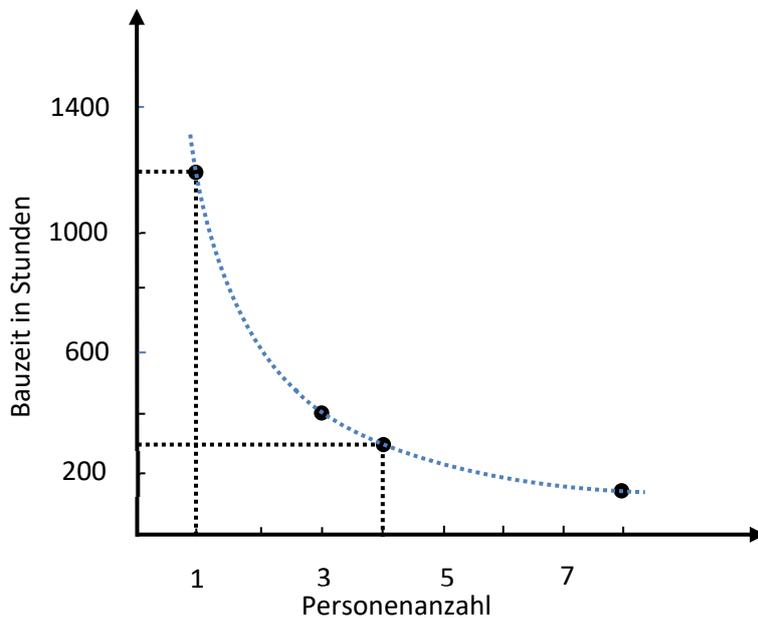
8 Personen..... $1200/8$150 h (halb so lang wie 4 Personen)

Die Bauzeit steigt im gleichen Verhältnis wie die Anzahl der Personen sinkt und sie sinkt im gleichen Verhältnis wie die Anzahl der Personen steigt. Beide Größen sind zueinander verkehrt proportional (indirekt proportional oder umgekehrt proportional).

Zuordnungstabelle

Menge 1	Personen	4 Pers	1 Pers	3 Pers	8 Pers
↓	↓	↓	↓	↓	↓
Menge 2	Bauzeit	300 h	1200 h	400 h	150 h

Graphisch, in einem Bauzeit-Personen Diagramm dargestellt, ergibt sich eine abfallende Kurve. Die erforderliche Bauzeit ergibt sich aus der gesamten erforderlichen Anzahl der Arbeitsstunden dividiert durch die Personenanzahl. Oder anders ausgedrückt: Die gesamte Anzahl von Arbeitsstunden ergibt sich aus der Arbeitszeit einer Person mal der Anzahl der Personen. Sie wird durch die Rechteckfläche unter einem bestimmten Punkt der Kurve dargestellt.



Grafik: BauzeitPersanz01

Abb.: Diagramm Bauzeit-Personenanzahl

1.9.3 Schlussrechnungen

Mit Schlussrechnungen werden aus bekannten Größen, die in einem bestimmten Verhältnis zueinander stehen, unbekannte Größen berechnet.

Beispiel:

12 Dichtungen kosten € 18,00 Wieviel kosten 7 Dichtungen?

1 Dichtung..... € 18/12€ 1,50

7 Dichtungen.....€ 1,50 x 7.....€ 10,50

$$\frac{18}{12} \cdot 7 = 10,50$$

Sieben Dichtungen kosten € 10,50.

Beispiel:

Ein Tank wird durch eine Pumpe die 80 Liter pro Minute fördert in 6 Minuten befüllt.

Wie lange dauert die Füllung des Tanks, wenn man eine Pumpe verwendet die 100 Liter pro Minute fördert?

80 L/min.....6 min

1 L/min.....480 min

100 L/min.....4,8 min

$$\frac{80 \cdot 6}{100} = 4,8$$

Die Füllung des Tanks mit einer Pumpleistung von 100 Liter/min dauert 4,8 Minuten.

Beispiel:

Drei Automaten erzeugen in 8 Stunden 17808 Schlauchklemmen. Wie viele Schlauchklemmen werden von 5 Automaten in 6 Stunden hergestellt?

3 Automaten.....8 h.....17808 Schlauchklemmen

1 Automat.....8 h.....17808/3.....5936 Schlauchklemmen

1 Automat.....1 h.....5936/8.....742 Schlauchklemmen

5 Automaten.....1 h.....742 x 5.....3710 Schlauchklemmen

5 Automaten.....6 h.....3710 x 6.....22260 Schlauchklemmen

$$\frac{17808 \cdot 5 \cdot 6}{3 \cdot 8} = 22260$$

Von fünf Automaten werden in sechs Stunden 22260 Schlauchklemmen hergestellt.

Alternative Überlegung:

3 Automaten 8 h = 24 Maschinenstunden

5 Automaten 6 h = 30 Maschinenstunden

30 : 24 = 1,25 = 125 % also um $\frac{1}{4}$ mehr

$$\frac{17808}{24} \cdot 30 = 22260 \text{ oder } \frac{17808}{4} \cdot 5 = 22260 \text{ oder } 17808 \cdot 1,25 = 22260$$

Beispiel:

Ein Kleinflugzeug startet um 13:00 Uhr in Zell am See und fliegt mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit über Grund von 70 kt nach Krems. Die Strecke Zell am See Krems beträgt 250 km. Wann kommt das Flugzeug in Krems an?

1 kt entspricht $1,852 \text{ km/h} \approx 1,85 \text{ km/h}$ (das ist der doppelte Zahlenwert minus 15%)

Überlegung: $70 \times 2 = 140$; $140 - 7 - 3,5 = 129,5 \approx 130 \text{ km/h}$ Für 250 km braucht man daher etwas weniger als 2 Stunden.

Schlussrechnung:

1 kt 1,852 km/h

70 kt $70 \times 1,852$ 129,64 km/h

129,64 km 60 min

1 km ?

250 km ?

$$\frac{60 \cdot 250}{129,64} = 115,7050293$$

1 min 60 sec

0,7050293 min ?

$$\frac{60 \cdot 0,7050293}{1} = 42,301758$$

Das Flugzeug benötigt bei den angegebenen Bedingungen 115,7050293 min. Das entspricht 1 Stunde, 55 Minuten und ca. 42,3 Sekunden. Es kommt daher kurz vor 14:56 Uhr in Krems an.

1.10 Durchschnitt, Mittelwert (Averages)

Der Durchschnitt ist die Summe mehrerer Werte durch ihre Anzahl.

Beispiel:

Ein Fallschirmspringer springt aus einer Höhe von 1500 m über Grund ab. Seine Fallgeschwindigkeit wird anfangs steigen und nach Öffnung des Schirmes stark sinken um 120 sec nach dem Sprung aus dem Flugzeug mit etwa 5 m/s den Boden zu erreichen. Er legt die Strecke von 1500 m in 120 sec zurück.

Seine Durchschnittsgeschwindigkeit (\bar{v}) beträgt $\frac{1500m}{120sec} = 12,5 m/s$

Beispiel:

Jemand beobachtet eine undichte Leitung und notiert die Tropfenanzahl pro Minute.

Es entsteht folgendes Protokoll:

Minute	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tropfen	4	3	2	4	3	6	4	3	4

In neun Minuten leckten insgesamt 33 Tropfen durch die Leckstelle. Durchschnittlich flossen $\frac{33}{9} = 3,66... \text{ Tropfen/Minute}$ durch die Leckstelle.

Der Durchschnitt ist eine aus mehreren Werten berechnete Kenngröße. Man bezeichnet diese Kenngröße auch als (arithmetischen) Mittelwert.

Beispiel:

Die Qualitätskontrolle überprüft den Durchmesser von neu erzeugten zylindrischen Bolzen.

Messnummer	101	102	103	104	105	106	107	108	109
Durchmesser mm	52,03	52,01	52,04	52,01	52,03	52,03	52,02	52,01	52,02

$52,03+52,01+52,04+52,01+52,03+52,03+52,02+52,01+52,02=468,20$

$\frac{468,20}{9} = 52,022 ...$

Der durchschnittliche Durchmesser beträgt 52,022... mm.

1.11 Prozentrechnung (Percentages)

Die Prozentrechnung ist eine Vergleichsrechnung mit dem Ganzen. Das Ganze sind 100%. Ein Prozent ist ein Hundertstel des Ganzen. Das Ganze bezeichnet man als *Grundwert* G. Der *Prozentwert* P ist der mit dem Grundwert zu vergleichende Teil.

Der Prozentsatz p gibt an wie viel Hundertstel des Grundwertes der Prozentwert beträgt. Der *Endwert* E ist der um den Prozentwert erhöhte (verminderte) Grundwert.

Die Promillerechnung ist eine Vergleichsrechnung bei der der Grundwert auf Tausendstel ($\frac{1}{1000}$, ‰, von Tausend) bezogen wird.

zB.: Ein Motor leistet 60 kW. Eine neue, stärkere Version des Motors hat eine Leistung von 86 kW. Wie hoch ist die prozentuelle Steigerung der Motorleistung?

Schätzen: 6 kW sind 10% 24 kW sind 40% also sind 26 kW etwas über 40 %.

60 kW 100%

1 kW $\frac{100}{60} = 1,666 \dots \%$

86 kW $86 \times 1,666\dots = 143,33$

$143,33\dots\% - 100\% = 43,33\dots\%$

oder besser $100 \cdot \frac{26}{60} = 43,33\dots\%$

Bezeichnung	Prozent	Leistung
Grundwert G	100%	60 kW
Prozentwert P	$\frac{26}{60} = 0,433\dots = 43,3\dots\%$	26 kW
Vermehrter Endwert E	$\frac{86}{60} = 1,43\dots = 143\%$	86kW

Die Leistungssteigerung beträgt 43,33 ...%.

Beispiel:

Der Reifen eines Segelflugzeuges kostet inkl. 20% USt € 411,00. Wie hoch ist der Nettopreis des Reifens? Wie hoch ist die Steuer?

Schätzen: 120% sind etwa € 420,00 ein Sechstel sind 20%, das sind € 70,00.

Bezeichnung	Prozent	Betrag
Vermehrter Endwert	120%	€ 411,00
Prozentsatz p	20%	$\frac{411}{120} \cdot 20 = \frac{411}{6} = 68,50$
Grundwert E	100%	$\frac{411}{120} \cdot 100 = \frac{411}{1,2} = 342,50 \text{ €}$

1.12 Flächen und Volumina ([Areas and volumes, squares, cubes](#))

Einfache geometrische Flächen und Volumina können berechnet werden. Bei komplexeren Flächen behilft man sich mit der Übertragung auf Millimeterpapier und abzählen. Bei komplexeren Hohlmaßen kann man versuchen durch „Auslitern“ mit Messgläsern die Volumina zu bestimmen oder Körper in Messbehälter einzutauchen und die verdrängte Flüssigkeit zu bestimmen.

Form	Umfang U	Fläche A	Beispiel
------	----------	----------	----------

<p>Quadrat s Seitenlänge</p>	$4 \cdot s$	s^2	<p>s=40mm U=160mm A=1600mm²=16cm²</p>
<p>Rechteck l Länge b Breite</p>	$2 \cdot l + 2 \cdot b$	$l \cdot b$	<p>l=5km, b=400m U=10800m=10,8km $A = 5km \cdot 0,4km = 2km^2$ $= 2000000m^2$</p>
<p>Dreieck a,b,c Seitenlängen h_a Höhe über der Seite a</p>	$a+b+c$	$c \cdot \frac{h_c}{2}$	<p>c= 180mm, h_c=120mm $A = c \cdot \frac{h_c}{2} = 180mm \cdot \frac{120mm}{2}$ $= 180 \cdot 60$ $= 10800mm^2$ $= 108cm^2$</p>
<p>Kreis D, d Durchmesser R, r Radius</p>	$d \cdot \pi$ $2 \cdot r \cdot \pi$	$\frac{d^2 \cdot \pi}{4}$ $r^2 \cdot \pi$	<p>d=12mm $U = 12 \cdot 3,14 = 37,68mm$ $A = 12^2 \cdot \frac{3,14}{4} = 113,04mm^2$ π griech. Kleinbuchstabe PI (Konstante, Ludolf'sche Zahl, 3,14159...)</p>
<p>Parallelogramm</p>	$2 \cdot l + 2 \cdot b$	$l \cdot h$	<p>l=2m, b=1,8m, h=1,5m $U = 4 + 3,6 = 7,6m$ $A = 2 \cdot 1,5 = 3m^2$</p>

Körper	Oberfläche	Volumen	Beispiel
<p>Würfel s Seitenlänge</p>	$6 \cdot s^2$	s^3	<p>s=100mm $O = 6 \cdot 100^2 = 60000mm^2$ $= 600cm^2$ $= 6dm^2$ $V = 100^3 = 1000000mm^3$ $= 1000cm^3$ $= 1dm^3$</p>

<p>Quader l,b,h Seitenlängen</p>	$2 \cdot l \cdot b + 2 \cdot l \cdot h + 2 \cdot b \cdot h$ $=$ $2 \cdot (l \cdot b + l \cdot h + b \cdot h)$	$l \cdot b \cdot h$	<p>l=2dm, b=5mm, h=50cm gleiche Einheiten: l=200mm, b=5mm, h=500mm</p> $O = 2 \cdot (200 \cdot 5 + 200 \cdot 500 + 5 \cdot 500)$ $= 2000 + 200000 + 5000$ $= 207000 \text{mm}^2$ $= 2070,00 \text{cm}^2$ $= 20,7 \text{dm}^2$ $V = 200 \cdot 5 \cdot 500$ $= 500000 \text{mm}^3$ $= 500 \text{cm}^3$ $= 0,5 \text{dm}^3$
<p>Zylinder A Grundfläche U Umfang der Grundfläche h Höhe d Durchmesser der Grundfläche</p>	$U \cdot h + 2 \cdot A =$ $d \cdot \pi \cdot h + 2 \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	$\frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot h$	<p>d=470mm, h=820mm d=4,7dm; h=8,2dm Schätzung: $d \approx 5 \text{dm}; h \approx 8 \text{dm}$</p> $O \approx 5 \cdot 3,14 \cdot 8 + 2 \cdot \frac{25 \cdot 3,14}{4}$ $\approx 120 + \frac{25 \cdot 3,14}{2}$ $\approx 157 \text{dm}^2$ <p>Genauer: $155,77574 \dots \text{dm}^2$</p> $V \approx \frac{25 \cdot 3,14}{4} \cdot 8 \approx 2 \cdot 25 \cdot 3,14$ $\approx 150 \text{dm}^3$ <p>Genauer: $142,26533 \dots \text{dm}^3$</p>
<p>Kugel (Näherungsformeln) d Durchmesser</p>	$d^2 \pi$	$\frac{1}{6} d^3 \pi$	<p>d=12cm</p> $O = 12^2 \cdot 3,14 = 453,39 \text{cm}^2$ $\approx 4,534 \text{dm}^2$

			$V = \frac{1}{6} \cdot 12^3 \cdot 3,14 = 904,32 \text{ cm}^3$ $\approx 0,9 \text{ dm}^3$
--	--	--	--

1.13 Algebra: Variable, Gleichungen, Formeln (Algebra, evaluating simple algebraic expressions, use of brackets, simple algebraic fractions)

Drückt man einen mathematischen Zusammenhang zwischen physikalischen Größen aus verwendet man Variable. Variable sind Platzhalter für Zahlen. Gewöhnlich werden Buchstaben (P, a, s, β , ω ...) als Zeichen für Variable verwendet.

Bsp.: Dreiecksfläche A

A ist eine unbekannte Variable. Ihr Zahlenwert hängt von der Seitenlänge c und der zugehörigen Höhe h_c ab.

$$A = c \cdot \frac{h_c}{2}$$

Den Ausdruck zur Berechnung der Dreiecksfläche bezeichnet man als Formel oder Gleichung. Gleichung weil die Ausdrücke links und rechts des Gleichheitszeichens gleich groß sind. Daraus folgt auch, dass die Formel richtig bleibt, wenn man links und rechts des Gleichheitszeichens die gleiche Rechenoperation durchführt. Die gleiche Zahl addiert (subtrahiert), mit der gleichen Zahl multipliziert oder durch die gleiche Zahl dividiert usw.

Bsp.: $x = 2y + 4$

$$+12 \quad x + 12 = 2y + 4 + 12$$

$$-0,2 \quad x - 0,2 = 2y + 4 - 0,2$$

$$\cdot 4 \quad 4x = 4(2y + 4)$$

$$: 4 \quad \frac{x}{4} = \frac{2y+4}{4}$$

Bsp.: Ohm'sches Gesetz (stellt den physikalischen Zusammenhang zwischen elektr. Spannung, elektr. Widerstand und der Stromstärke mathematisch dar.)

In einem Stromkreis beträgt der Widerstand 3Ω und die Stromstärke $5A$.

Der Spannungsabfall über dem Widerstand beträgt: $U = R \cdot I = 3 \cdot 5 = 15V$

Wird der Widerstand halbiert, ist auch der Spannungsabfall halb so groß.

$\frac{U}{2} = \frac{R}{2} I$ Im Beispiel oben ist $R=1,5 \Omega$ und dadurch der Spannungsabfall $1,5 \cdot 5 = 7,5V$

$$V = \frac{d^2\pi}{4} h \quad \text{beide Seiten der Gleichung mal 4}$$

$$4V = d^2\pi h \quad \text{beide Seiten der Gleichung durch } d^2\pi$$

$$\frac{4V}{d^2\pi} = h$$

$$h = \frac{4V}{d^2\pi} = \frac{4 \cdot 250,0225}{7^2 \cdot 3,14} = 6,5$$

Der Hub beträgt 6,5 Zentimeter oder 65 Millimeter. (Im Maschinenbau und in verwandten Fachrichtungen sind Maßangaben in Millimetern üblich)

Beachte die Einheiten! Der Hubraum ist im Kubikzentimetern und der Kolbendurchmesser in Zentimetern angegeben. Dadurch erhält man das Ergebnis in Zentimetern.

Sind die physikalischen Größen in unterschiedlichen Einheiten angegeben sind die Angaben vor der eigentlichen Rechnung auf einheitliche Einheiten umzurechnen.

Beispiel

Ein Dreieck hat eine Fläche von $0,022 \text{ m}^2$ und eine Hypotenuse c (längste Seite eines Dreiecks) mit einer Länge von 220 mm. Berechne die Höhe h_c .

Umwandlung auf Zentimeter.

$$A = 220 \text{ cm}^2$$

$$c = 22 \text{ cm}$$

$$A = c \cdot \frac{h_c}{2}$$

$$2A = c \cdot h_c$$

$$\frac{2A}{c} = h_c$$

$$h_c = \frac{2A}{c} = \frac{2 \cdot 220}{22} = 20$$

Die Höhe h_c beträgt 20 cm oder 200 mm.

Beispiel

$$a = kc + d \quad \text{Berechne } k$$

$$a - d = kc$$

$$\frac{a - d}{c} = k$$

$$k = \frac{a - d}{c}$$

1.13.1 Verwendung von Klammern

Beispiel: Berechnung des Umfangs eines Rechteckes

$$a = 20 \text{ mm}$$

$$b = 5 \text{ mm}$$

$$U = 2(a + b)$$

Die Klammern geben der eingeschlossenen Rechenoperation Priorität.

$$a+b=25$$

$$25 \cdot 2 = 50$$

Der Umfang des Rechteckes beträgt 50 mm.

Eine alternative Rechenmethode wäre die Klammer aufzulösen (aus zu multiplizieren).

$$U = 2a + 2b = 40 + 10 = 50$$

Beispiel: Berechnung der Oberfläche eines Quaders

$$a=50\text{mm}, b= 5\text{mm}, h=120\text{mm}$$

$$O = 2(ab + ah + bh) = 2(250 + 6000 + 600) = 2 \cdot 6850 = 13700$$

Die Oberfläche des Quaders beträgt 13700mm². Das sind 137cm² oder 1,37dm².

$$\text{Oder: } O = 2ab + 2ah + 2bh = 500 + 12000 + 1200 = 13700$$

Sind mehrere Klammern nötig werden zuerst „runde“ Klammern (), dann „eckige“ Klammern [] und schließlich „geschwungene“ Klammern { } verwendet.

Beispiel

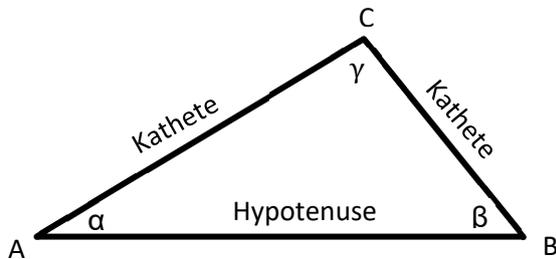
$$y = 3[4 - 2(6 + 1) + 3(12 - 7)] = 3[4 - 14 + 15] = 15$$

1.14 Geometrie (Geometry, simple geometrical constructions)

1.14.1 Winkel, Dreieck

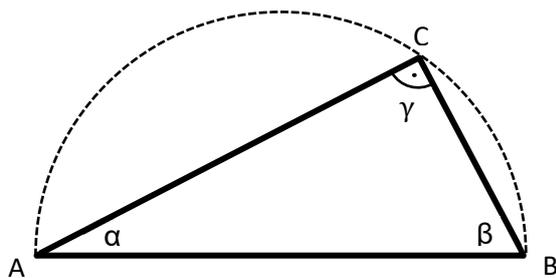
Einen Winkel mit 90° bezeichnet man als rechten Winkel. Winkel kleiner als 90° sind spitze, solche zwischen 90° und 180° stumpfe Winkel. Die längste Seite eines Dreiecks nennt man Hypotenuse, die beiden anderen Seiten Katheten. Gegenüber

der Hypotenuse befindet sich der größte Winkel eines Dreiecks. Die Winkel eines Dreiecks werden gewöhnlich mit α (Alpha), β (Beta) und γ (Gamma) bezeichnet. Die Summe der Winkel eines Dreiecks ist 180° . Winkel in einem Halbkreis sind rechte Winkel.



Grafik: Dreieck01

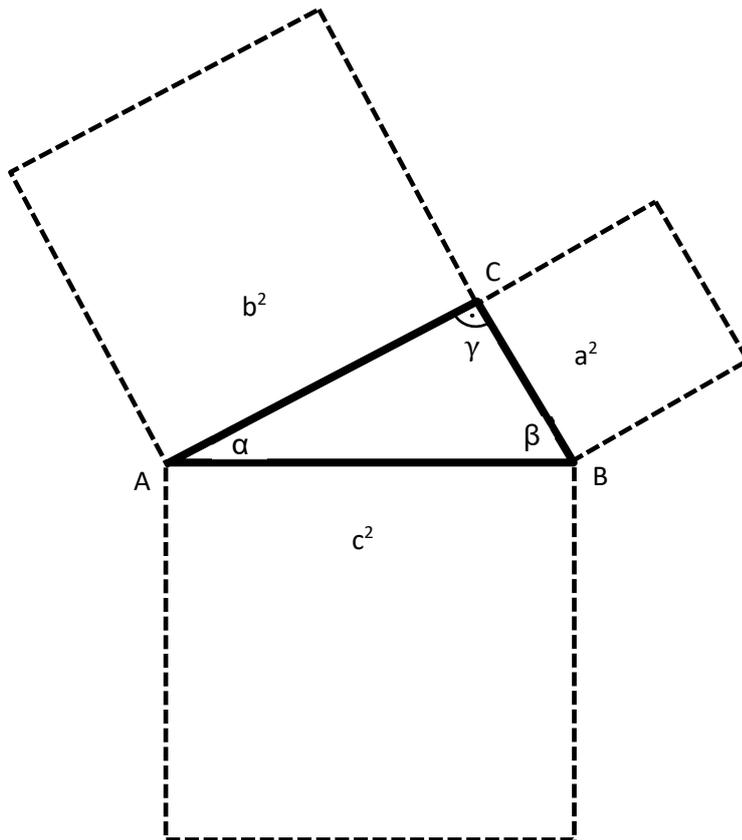
Abb.: Dreieck



Grafik: Halbkreis01

Abb.: Winkel im Halbkreis

Satz von Pythagoras: Die Summe der Fläche der Katheten Quadrate eines rechtwinkligen Dreiecks ist gleich der Fläche des Hypotenusen Quadrats. (kurz: $c^2 = a^2 + b^2$).



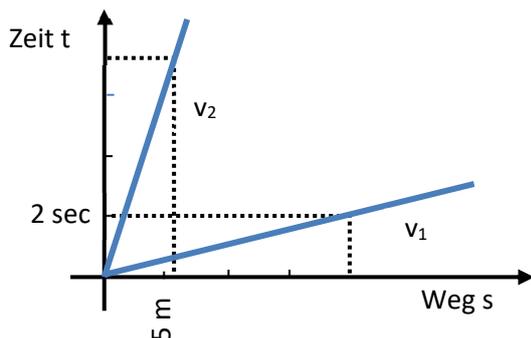
Grafik: Phytago01

Abb.: Phytagoras

1.14.2 Graphische Darstellung von Funktionen, Diagramme

Mathematische Zusammenhänge können nicht nur in Gleichungen zB $v = s/t$ sondern auch graphisch dargestellt werden. Die vertikale Achse eines Diagrammes heißt Ordinate, die horizontale Achse Abszisse. Wichtig ist, die Maßstäbe der Achsen zu beachten.

Beispiel: Geschwindigkeit (Zusammenhang zwischen Weg und Zeit)

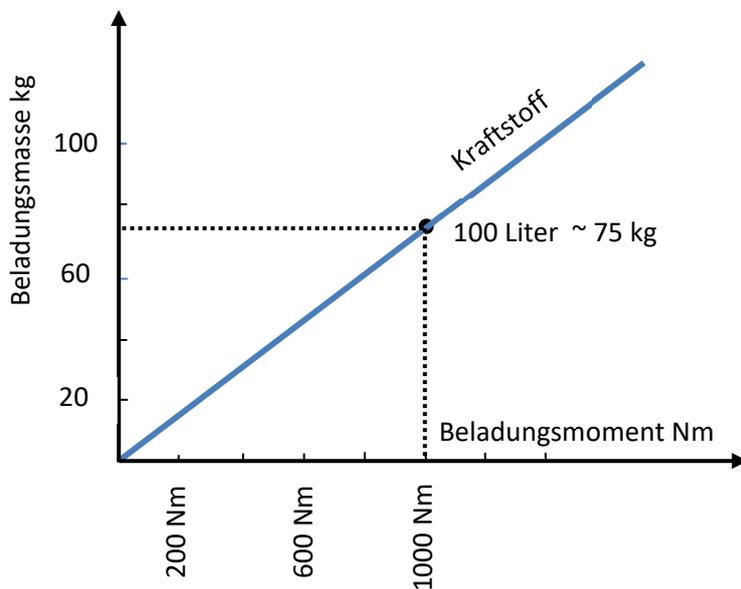


Grafik: DiaGeschw01

Abb.: Diagramm Zeit-Weg

Das Diagramm zeigt v1 mit 20 m in 2 sec dh mit 10 m/sec und v2 mit etwa 6 m in etwa 7 sec dh mit $\frac{6m}{7sec} = 0,86 m/sec$. In diesem Diagramm ist der Graph der größeren Geschwindigkeit flacher, der Graph der geringeren Geschwindigkeit steiler.

Beispiel Beladungsdiagramm (Zusammenhang zwischen Masse der Beladung, Position (Hebelarm) und Beladungsmoment)



Grafik: DiaBelad01

Abb.: Diagramm Beladung

100 Liter Kraftstoff haben eine Masse von etwa 75 kg. Die durch diese Masse hervorgerufene Gewichtskraft führt auf Grund der Position des Tanks und des damit gegebenen Hebelarms im gegenständlichen Erklärungsbeispiel zu einem Beladungsmoment von 1000 Nm.

$$M_t = F_G \cdot l$$

75 kg Treibstoff verursachen eine Gewichtskraft von etwa

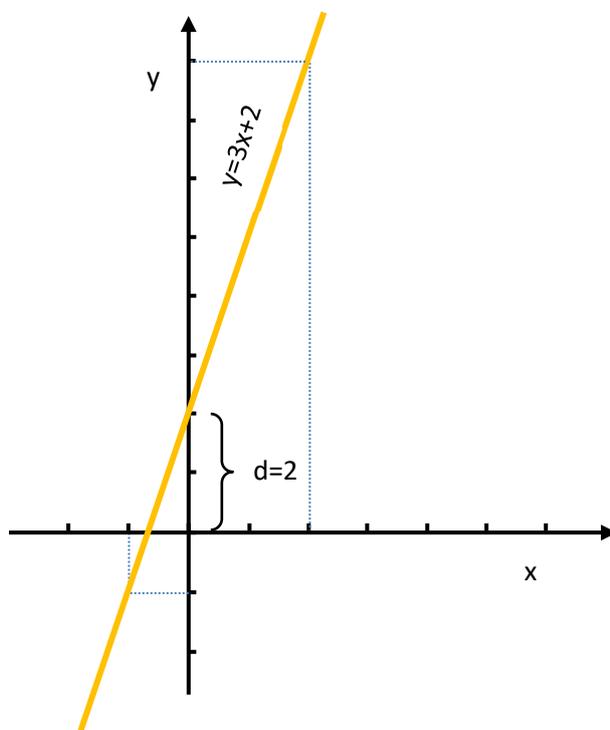
$$F = m \cdot a = 75 \cdot 9,8 = 735 N$$

Wäre der Tank weiter hinten angeordnet, wäre der Hebelarm größer und die gleiche Menge Kraftstoff würde ein größeres Beladungsmoment hervorrufen. Der Graph wäre flacher.

1.15 Graphische Darstellung von Gleichungen (Graphical representation: nature and use of graphs)

Gleichungen vom Typ $y = kx + d$ werden durch eine Gerade dargestellt. k ist ein Maß für die Steigung der Geraden und d stellt den Achsabschnitt zwischen 0-Punkt und Schnittpunkt des Graphs mit der y-Achse dar.

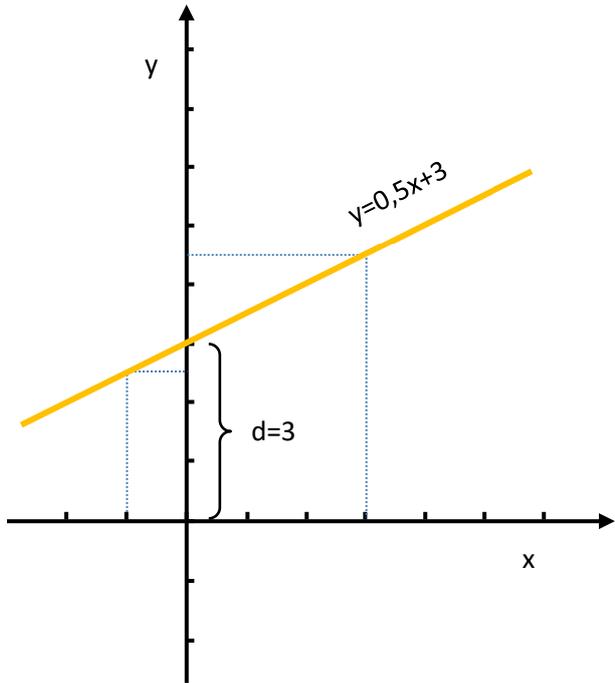
Beispiel: Graphische Darstellung der Gleichung $y = 3x + 2$



x	y
-1	$-3+2=-1$
0	$0+2=2$
1	$3+2=5$
2	$6+2=8$

Abb.: Lineare Gleichung 1

Beispiel: Graphische Darstellung der Gleichung $y = 0,5x + 3$

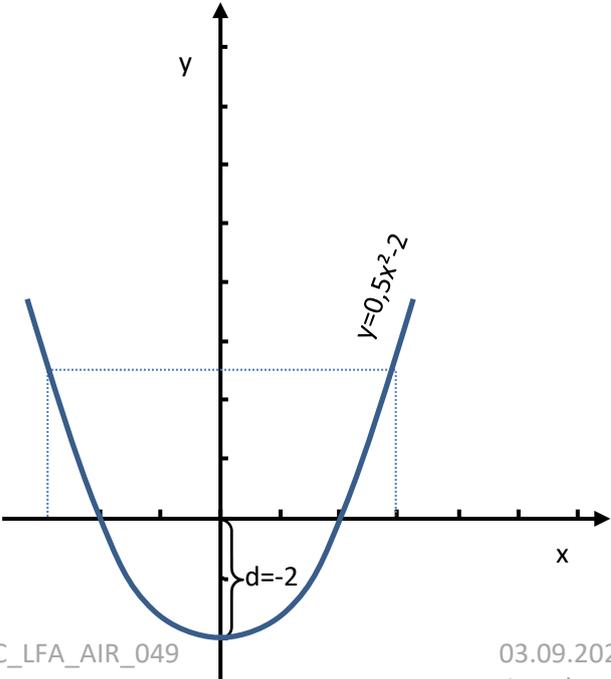


x	y
-1	$-0,5+3=2,5$
0	3
1	$0,5+3=3,5$
2	$1+3=4$
3	$1,5+3=4,5$

Abb.: Lineare Gleichung 2

Gleichungen mit Exponenten werden graphisch durch Kurven dargestellt

Beispiel: Graphische Darstellung der Gleichung $y = 0,5x^2 - 2$



x	y
-3	$0,5 \cdot 9 - 2 = 2,5$
-2	$0,5 \cdot 4 - 2 = 0$
-1	$0,5 \cdot 1 - 2 = -1,5$
0	-2
1	$0,5 \cdot 1 - 2 = -1,5$
2	$0,5 \cdot 4 - 2 = 0$
3	$0,5 \cdot 9 - 2 = 2,5$

Abb.: Graphische Darstellung einer Gleichung mit Exponent

Mathematik Aufgaben

1) Wie nennt man den Wert eines Bruches der unterhalb des Bruchstriches steht?

- a Zähler
- b Primzahl
- c Dezimale
- d Nenner

2) Der Stellenwert besteht im Dual- oder Binärsystem aus Potenzen welcher Zahl?

- a 10
- b 1
- c 2
- d 8

3) Welche Bedeutung hat dieses Zeichen Σ in der Mathematik?

- a Ohm
- b Summenzeichen
- c Integral
- d Differenz

4) Welches Ergebnis erhält man bei der Lösung folgender Rechenaufgabe?

$$3 \cdot 4 + 5 = ?$$

- a 27
- b 19
- c 12
- d 17

5) Welches Ergebnis erhält man bei der Lösung folgender Rechenaufgabe?

$$2 + 5 \cdot 4 - (6 - 3) = ?$$

- a 19
- b 27
- c 17
- d 12

6) Welches Ergebnis erhält man bei folgender Addition?

$$743,12 + 0,9 + 12,07 = ?$$

- a 754,29
- b 765,90
- c 756,09
- d 756,02

7) Welches Ergebnis erhält man bei folgender Subtraktion?

$$734,12 - 43,9 = ?$$

- a 689,22
- b 690,22
- c 787,02
- d 688,92

8) Welches Ergebnis erhält man bei folgender Multiplikation?

$$719,2 \cdot 3,9 = ?$$

- a 280,488
- b 2804,88
- c 28408,18
- d 2804,18

9) Welches Ergebnis erhält man bei folgender Division?

$$586,44 : 1,8 = ?$$

- A 325,8
- b 32,58
- c 328,18
- d 3281,8

10) Welches Ergebnis erhält man bei folgender Addition?

$$2\frac{1}{2} + \frac{1}{3} = ?$$

- a $\frac{6}{2}$
- b $\frac{6}{6}$
- c $\frac{19}{6}$

d $\frac{17}{6}$

11) Welches Ergebnis erhält man bei folgender Subtraktion?

$$\frac{2}{3} - \frac{1}{4} = ?$$

a $\frac{5}{12}$

b $\frac{3}{6}$

c $\frac{3}{7}$

d 1

12) Welches Ergebnis erhält man bei folgender Multiplikation?

$$\frac{4}{5} \cdot 2\frac{2}{3} = ?$$

a $\frac{15}{32}$

b $\frac{32}{6}$

c $\frac{32}{15}$

d $\frac{16}{15}$

13) Welches Ergebnis erhält man bei folgender Division?

$$\frac{3}{5} : \frac{2}{6} = ?$$

a $\frac{6}{30}$

b $\frac{9}{5}$

c $\frac{18}{15}$

d $\frac{10}{18}$

14) Ein Motorsegler verbraucht im Motorflug 18 Liter Treibstoff pro Stunde. A) Wieviel Treibstoff verbraucht er, unter gleichen Bedingungen, bei einem zweieinhalb stündigen Flug? B) Wieviel bei einem Flug von 20 Minuten?

a A 45 Liter, B 9 Liter

b A 27 Liter, B 12 Liter

- c A 54 Liter, B 8 Liter
- d A 45 Liter, B 6 Liter

15) Ein Segelflugzeug sinkt aus 1800 m Höhe gleichmäßig und erreicht nach 12 Minuten eine Höhe von 1000 Metern. A) Nach wie vielen Minuten erreichte das Segelflugzeug 1500 m? B) Wie viele Meter sinkt das Segelflugzeug pro Sekunde? (Auf eine Dezimale genau).

- a A 5,4 min, B 0,9 m/sec
 - b A 4,5 min, B 1,1 m/sec
 - c A 3 min, B 0,15 m/sec
 - d A 5,4 min, B 0,7 m/sec

16) Ein Motor verbraucht während eines Betriebes von 42 min 24 Liter Treibstoff. A) Wieviel Treibstoff verbraucht der Motor, wenn er unter den gleichen Bedingungen 1 Stunde und 15 Minuten betrieben wird? (Auf Liter gerundet) B) Wie lange kann der Motor unter den gleichen Bedingungen mit 20 Liter Treibstoff betrieben werden?

- a A 47 Liter, B 32 min
 - b A 45 Liter, B 3,5 min
 - c A 43 Liter, B 35 min
 - d A 101 Liter, B 170 min

17) Ein Touringmotorglider fliegt eine bestimmte Strecke mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit (über Grund) von 120 km/h in 1 Stunde und 10 Minuten. A) Wie lange bräuchte der Touringmotorglider, wenn er 140 km/h fliegen würde für diese Strecke? B) Wie lange bräuchte ein Motorflugzeug, das diese Strecke mit 111 kt (Knoten) fliegt? 1 kt entspricht 1,85 km/h. (Auf ganze Minuten aufrunden)

- a A 60 min, B 41 min
 - b A 94 min, B 35 min
 - c A 57 min, B 32 min
 - d A 60 min, B 47 min

18) Ein Hallenvorfeld mit einer Länge von 110 Metern und einer Breite von 70 Metern wird mit 3 Kehrgeräten in 45 Minuten gereinigt. Wie lange dauert die Reinigung mit 5 Kehrgeräten?

- a 75 min
- b 15 min
- c 9 min
- d 27 min

19) Ein Ultraleichtflugzeug hatte bei seiner Lieferung ein Leermasse von 268 kg. Durch verschiedene Einbauten stieg seine Leermasse auf 280,06 kg. Um wie viel Prozent hat die Leermasse durch diese Einbauten zugenommen?

- a 12,06 %
- b 4,5 %
- c 4,7 %
- d 0,45 %

20) Ein Fallschirm mit einem Listenpreis von € 2250,- wird bei einer Messe um 15% verbilligt angeboten. Wie hoch ist der Messepreis?

- a € 337,50
- b € 2587,50
- c € 1912,50
- d € 2000,00

21) Die Grundüberholung eines Flugzeuges wird um € 33.600,- inkl. 20% Umsatzsteuer angeboten. Wie hoch ist der Nettopreis, das ist der Preis ohne Umsatzsteuer (A) und wie hoch ist die Steuer (B)?

- a A € 28000,00, B € 5600,00
- b A € 26880,00, B € 6720,00
- c A € 31800,00, B € 2800,00
- d A € 30000,00, B € 3600,00

22) Nach 15 Segelflugzeugschlepps auf 600 m Höhe über Grund werden bei einem Schleppflugzeug 63 Liter Treibstoff nachgetankt. Wie viel Treibstoff muss, unter gleichen Bedingungen nach 22 Schlepps nachgetankt werden?

- a 94,2 Liter
- b 92,4 Liter
- c 142,9 Liter
- d 85,0 Liter

23) In den technischen Daten eines Motors wird die Leistung mit 74 PS angegeben. Wie hoch ist die Leistung des Motors in kW? Ein PS entspricht 735 W.

- a 54,39 kW
- b 100,68 kW
- c 543,90 kW
- d 73,5 kW

24) Für eine Jahresstatistik wird in einem Verein die durchschnittliche Dauer eines Fluges berechnet. Für ein Segelflugzeug liegen folgende, aus den Startkladden ermittelten Quartalsflugzeiten vor. Berechne die durchschnittliche Flugdauer eines Fluges für das gesamte Jahr.

Quartal	Jän., Feb., Mrz.	Apr., Mai, Jun.	Jul., Aug., Sep.	Okt., Nov., Dez.
Anzahl der Starts	24	128	102	49
Gesamtflugzeit min	528	5041	4867	1078

- a 42 min
- b 52 min
- c 25 min
- d 38 min

25) Welches Volumen hat ein Zylinder mit einem Durchmesser von 60 mm und einer Höhe von 50 mm ? (Pi π = 3,14)

- a 141,3 cm³
- b 28,26 cm³
- c 1413 mm³
- d 2,3055 dm³

26) Welchen Hub hat ein Einzylinder Kolbenmotor mit einem Hubraum von 169,56 cm³ und einem Zylinderdurchmesser von 60 mm ? (Pi $\pi = 3,14$, auf eine Dezimale genau)

- a 60,0 mm
- b 18,8 mm
- c 37,6 mm
- d 90,0 mm

27) Welches Ergebnis erhält man, wenn man aus der Gleichung $s = \frac{v}{t}$ den Ausdruck t berechnet?

- a $t = \frac{v}{t}$
- b $t = v \cdot s$
- c $t = \frac{s}{v}$
- d $t = \frac{v}{s}$

28) Welches Ergebnis erhält man wenn man aus der Gleichung $O = d\pi h + 2A$ den Ausdruck h berechnet?

- a $h = \frac{d\pi}{2A}$
- b $h = O - 2A \cdot d\pi$
- c $h = \frac{O-2A}{d\pi}$
- d $h = \frac{2A+O}{d\pi}$

29) Im Diagramm unten ist der Zusammenhang von Fluggeschwindigkeit und Sinkgeschwindigkeit dargestellt. Welche Sinkgeschwindigkeit ergibt sich bei einer Fluggeschwindigkeit von 140 km/h?

Grafik: AufgDiapola01.docx

- a 0,8 m/sec
- b 3,1 m/sec
- c 1 km/h
- d 1,2 m/sec

1L.2 Physik

Physik ist eine Naturwissenschaft die sich mit Stoffen, Raum, Zeit und Energie beschäftigt. Bei Stoffen interessieren Vorgänge bei denen sich Zustand, Lage oder Form eines Stoffes ändert, der Stoff aber derselbe bleibt.

zB.: Wasser gefriert oder verdampft, es ändert seinen Zustand, bleibt aber Wasser. Eine Billardkugel erhält einen Stoß und rollt, prallt von der Bande ab, wird langsamer, stößt eine andere Billardkugel an, ändert die Bewegungsrichtung, bleibt aber immer die gleiche Billardkugel. Ein Bussard nutzt Aufwind um Höhe zu gewinnen.

Chemie ist eine Naturwissenschaft die sich mit der Umwandlung von Stoffen in andere Stoffe beschäftigt. Durch chemische Reaktion mehrerer Stoffe kann ein anderer Stoff entstehen. Darüber hinaus sind auch Aufbau und Eigenschaften von Stoffen Interessensgebiete der Chemie.

zB.: Treibstoff verbrennt durch Reaktion mit dem Luftsauerstoff. Ein Zweikomponentenkleber härtet durch Reaktion der beiden Komponenten miteinander aus. Dabei kann Wärme entstehen. Zur Gewinnung von Wasserstoff wird Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt.

2.1 Aufbau der Stoffe und Begriffe ([Physics matter, nature of matter: the chemical elements, chemical compounds](#))

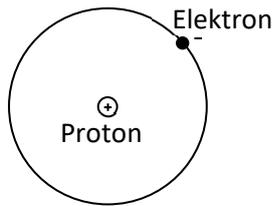
Man unterscheidet verschiedene Arten von Stoffen:

Grundstoffe oder *chemische Elemente* zB.: Sauerstoff (O), Eisen (Fe)

Chemische Verbindungen zB.: Wasser (H₂O), Ethanol, (Ethylalkohol, C₂H₆O)

Gemenge, das sind Mischungen verschiedener Stoffe, ohne dass diese Stoffe miteinander eine chemische Reaktion eingehen zB.: Lösungen, Legierungen

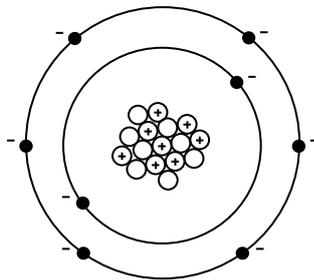
Stoffe bestehen aus *Atomen*. Diese bestehen aus einem Atomkern mit *Neutronen* und positiv geladenen *Protonen* (der Kern eines Wasserstoffatoms enthält nur ein Proton) und um den Kern kreisenden, negativ geladenen *Elektronen* (das Wasserstoffatom enthält nur ein Elektron).



Grafik: Wasserstoff01

Abb.: Wasserstoffatom

Wasserstoffatom mit positiv geladenem Proton im Kern und negativ geladenem Elektron in der Schale.



Grafik: Sauerstoff01

Abb.: Sauerstoffatom

Sauerstoffatom mit negativ geladenen Elektronen in den Schalen und positiv geladenen Protonen, sowie Neutronen im Kern.

Die kleinsten Teile einer chemischen Verbindung bestehen aus *Molekülen*. Diese Moleküle bestehen aus unterschiedlichen Atomen. Die chemische Reaktionsfreudigkeit eines Stoffes hängt mit der Anordnung seiner Elektronen zusammen. Einen elektrisch geladenen Atombestandteil nennt man *Ion*.

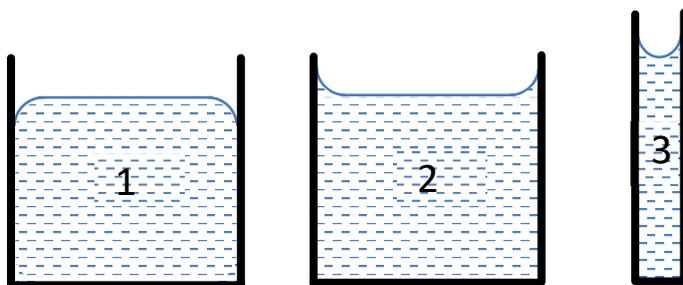
[2.1.1 Aggregatzustände \(States: solid, liquid and gaseous; changes between states, nature and properties of solids, fluids and gases\)](#)

Stoffe können verschiedene Aggregatzustände annehmen. Sie können fest, flüssig und gasförmig sein. Der *Aggregatzustand* hängt von den Kräften zwischen den Atomen, bzw. Molekülen ab. Diese Kräfte sind von Temperatur und Druck abhängig. Für eine Änderung des Aggregatzustandes bei gleicher Temperatur ist Wärmezufuhr bzw. Wärmeentzug entscheidend. Eis von 0°C benötigt Wärme um zu Wasser von 0°C zu werden und auch für die Verdampfung von Flüssigkeiten ist selbst bei gleichbleibender Temperatur Wärme erforderlich.

In festen Stoffen sind die Moleküle in einer bestimmten Art angeordnet. Daher haben feste Stoffe eine bestimmte Form und ein bestimmtes Volumen. Flüssigkeiten nehmen die Form ihres Behälters an, da die Moleküle nicht so fest aneinander gebunden sind. Die Kräfte zwischen den Molekülen sind aber doch so groß, dass sich Flüssigkeiten praktisch nicht komprimieren lassen. Bei Gasen sind die Kräfte zwischen den Molekülen so gering, dass sie den ihnen zur Verfügung stehenden Raum vollständig ausfüllen. Durch Druck können Gase komprimiert werden. Bei starker Kompression werden Gase flüssig. Durch die Änderung des Aggregatzustandes ändert sich die chemische Zusammensetzung eines Stoffes nicht.

zB.: Wasser (H_2O) ist bei Standardluftdruck unter $0^\circ C$ fest, zwischen $0^\circ C$ und $100^\circ C$ flüssig und über $100^\circ C$ gasförmig. Es ist aber immer Wasser, zwei Atome Wasserstoff und ein Atom Sauerstoff.

Adhäsion nennt man die Haftungskräfte zwischen Atomen bzw. Molekülen unterschiedlicher Stoffe und *Kohäsion* die Haftung zwischen Atomen bzw. Molekülen des gleichen Stoffes. Kleber müssen sowohl hohe Adhäsions- als auch Kohäsionskräfte haben. Oberflächenspannung von Flüssigkeiten und Kapillarwirkung hängen mit den Haftungskräften innerhalb einer Flüssigkeit bzw. an der Behälterwand zusammen.



Grafik: Haftung01



Grafik: Benetzung01

Abb.: Haftungskräfte

1....Adhäsion zwischen Flüssigkeit und Wand gering, nicht benetzend

- 2....Adhäsion zwischen Flüssigkeit und Wand groß, benetzend
- 3....Kapillarwirkung, Adhäsion zwischen Flüssigkeit und Wand groß, die Flüssigkeit zieht sich förmlich in engen Röhren oder Spalten an der Wand hoch
- 4....Kohäsionskräfte groß im Vergleich zu Adhäsion (zB nach Behandlung der Oberflächen mit Öl, Fett usw)
- 5....Adhäsion groß im Vergleich zu Kohäsion, benetzend (zB durch Spülmittel)

Eine chemische Reaktion mit Sauerstoff heißt *Oxidation*. Erfolgt sie unter Licht und Wärme nennt man sie *Verbrennung*. *Reduktion* ist eine chemische Reaktion bei der Sauerstoff entzogen wird.

Metalle sind Stoffe mit folgenden Eigenschaften: Gute elektrische Leitfähigkeit, gute Wärmeleitfähigkeit, Verformbarkeit, Glanz.

Als *Edelmetalle* bezeichnet man Silber, Gold und Platin. Edelmetalle sind sehr korrosionsbeständig.

Edelgase sind Gase mit gefüllter äußerer Elektronenschale. Sie sind chemisch stabil. Zu den Edelgasen zählen Helium, Neon, Argon, Krypton, Xenon und Radon.

Ein *Katalysator* ist ein Stoff, der eine chemische Reaktion möglich macht oder beschleunigt ohne selbst an der Reaktion teilzunehmen.

2.2 Chemische Elemente ([Nature of matter: the chemical elements](#))

Chemische Elemente können nicht mehr weiter in andere Stoffe zerlegt werden. Sie sind mit Kurzzeichen versehen und im *Periodensystem der Elemente* systematisch nach ihrem Aufbau geordnet zusammengefasst.

Durch die Angabe von Kennzahlen und Elektronenanordnung, sowie durch Codierung mit Farben können im Periodensystem wichtige Eigenschaften von Elementen angegeben werden. Eine vereinfachte Abbildung des Periodensystems der Elemente ist auf den folgenden Seiten dargestellt.

Tabelle: Periodensystem01

Einige wichtige chemische Elemente sind:

Wasserstoff H

Ein Wasserstoffatom besteht aus einem Proton im Kern und einem Elektron in der Hülle. Gewöhnlich sind zwei Wasserstoffatome zu einem Molekül H_2 verbunden.

Wasserstoff ist farb- und geruchlos, reaktionsfreudig und sehr leicht. Es wurde in der Anfangszeit der Luftfahrt als Füllgas für Ballone verwendet. Wegen seiner leichten Brennbarkeit wurde es später durch Helium ersetzt. Heute findet es unter anderem als Energieträger für spezielle Treibstoffe Verwendung.

Helium He

Ein leichtes Gas, [welches als Füllgas für Ballone verwendet wird](#). Die äußere Elektronenhülle ist mit zwei Elektronen vollständig gefüllt. Daher reagiert Helium chemisch nicht, es ist nicht brennbar. Elemente deren Atome die äußerste Elektronenhülle vollständig gefüllt haben, können chemisch nicht reagieren, man nennt sie Edelgase.

Kohlenstoff C

Reiner Kohlenstoff tritt in der Natur als Graphit und als Diamant auf. Darüber hinaus ist er in organischen Verbindungen, aus denen Pflanzen und Lebewesen bestehen, häufig gemeinsam mit Wasserstoff vorhanden. Viele Treibstoffe wie Benzin oder Diesel sind Gemische verschiedener Kohlenwasserstoffe. Ruß ist industriell hergestellter reiner Kohlenstoff und wird als Füllstoff in Reifen verwendet.

Stickstoff N

Stickstoff ist ein farb- und geruchloses, nicht brennbares Gas. Es bildet den Hauptbestandteil der Luft als N_2 (ca. 78%). Weil Stickstoff chemisch kaum reagiert, wird es, neben Edelgasen, als Schutzgas beim Schweißen verwendet. Wegen seiner chemischen Trägheit verwendet man Stickstoff auch als Füllgas für Lagerbehälter um korrosionsanfällige Bauteile zu schützen. Bei sehr hohen Temperaturen, wie sie in Verbrennungsmotoren vorkommen, können durch Verbindung mit Sauerstoff giftige Stick(stoff)oxide entstehen.

Sauerstoff O

Sauerstoff ist ein farb- und geruchloses Gas. Es kommt sehr häufig zB chemisch gebunden, in Wasser oder in vielen Mineralien, vor. Luft enthält etwa 21% Sauerstoff. Sauerstoff ermöglicht die Verbrennung (Oxidation) von Stoffen. Er wird zB in Raketenantrieben zur Verbrennung des Treibstoffes verwendet. In Kolbenmotoren nutzt man den Sauerstoff der Umgebungsluft. Unter -183 °C oder bei entsprechend hohem Druck ist Sauerstoff flüssig. Er ist in blau gekennzeichneten Stahlflaschen im Handel erhältlich.

Magnesium Mg

Magnesium ist ein leichtes, silbrig glänzendes Metall. Chemisch gebunden kommt es in der Natur häufig in Mineralen vor. Magnesium ist chemisch reaktionsfreudig und leicht entzündlich. Magnesiumstaub kann sich selbst entzünden und ist daher gefährlich. Im Leichtbau wird Magnesium für viele Legierungen verwendet. Magnesium hat eine Dichte von $1,75\text{ g/cm}^3$.

Aluminium Al

Aluminium ist ein silbrig glänzendes Metall, das mit dem Sauerstoff der Luft reagiert und einen Aluminiumoxidüberzug, der gegen weitere Korrosion schützt, bildet. Aluminium kommt häufig chemisch gebunden vor. Es ist ein guter elektrischer Leiter und ein guter Wärmeleiter. Legiert erreicht es Festigkeiten von Stahl, obgleich seine Dichte nur $2,7\text{ g/cm}^3$ beträgt. Daher werden Aluminiumlegierungen häufig im Leichtbau verwendet. Die Herstellung von Aluminium aus Bauxit, einem aluminiumhaltigen Mineral, ist sehr energieintensiv und um ein Vielfaches aufwendiger als die Herstellung aus Recyclingaluminium. Daher ist die Sammlung von Aluminium so bedeutend.

Silizium Si

Silizium kommt chemisch gebunden in großen Mengen in der Erdhülle vor. Es hat als Halbleiter Bedeutung in der elektronischen Industrie.

Schwefel S

Schwefel ist ein gelber, fester Stoff der chemisch gebunden in vielen Mineralien vorkommt. Wenn Schwefel verbrennt entsteht Schwefeldioxid (SO_2) das gemeinsam

mit Wasser zu schwefeliger Säure (H_2SO_3) wird. In vielen Batterien wird Schwefelsäure (H_2SO_4) verwendet.

Titan Ti

Titan ist ein häufiges, chemisch in Mineralien gebundenes Metall mit einer Dichte von $4,5 \text{ g/cm}^3$. Seine Herstellung ist allerdings aufwendig. Es ist relativ säure- und temperaturbeständig. Titan und seine Legierungen werden in der Luft- und Raumfahrt häufig verwendet.

Eisen Fe

Eisen ist nach Aluminium das häufigste Metall der Erdkruste. Es wird aus Eisenerzen im Hochofen gewonnen und hat eine Dichte von $7,8 \text{ g/cm}^3$. Je nach Kohlenstoffgehalt unterscheidet man Stahl und Gusseisen. Unter ca. 2% Kohlenstoff spricht man von Stahl, darüber von Gusseisen. Eisen wird häufig legiert.

Nickel Ni

Nickel ist ein sehr korrosions- und temperaturbeständiges Metall das häufig als Legierungsbestandteil oder als Überzugsmaterial verwendet wird. Nickelbasislegierungen werden in Gasturbinen verwendet.

Kupfer Cu

Kupfer ist ein guter Wärmeleiter und ein guter elektrischer Leiter. Daher wird Kupfer auch hauptsächlich in der Elektroindustrie verwendet.

Zink Zn

Zink wird als Überzug zum Korrosionsschutz für Stahl- und Eisenteile sowie für kleine Druckgussteile verwendet.

Zinn Sn

Zinn ist ein weiches Metall mit niedrigem Schmelzpunkt. Es wird zum Löten und als Überzugsmaterial zum Korrosionsschutz für Stahlblech (Weißblech) verwendet.

Silber Ag

Silber leitet Wärme und elektrischen Strom sehr gut, neigt aber in Verbindung mit Schwefelwasserstoff zur Korrosion.

Xenon Xe

Xenon ist ein seltenes Edelgas. Da es wie alle Edelgase chemisch nicht reagiert, wird es in Glühlampen verwendet.

Gold Au

Gold ist weich und chemisch sehr beständig. Es wird technisch in der Elektronik als Leiter und Kontaktmaterial verwendet.

Quecksilber Hg

Quecksilber ist bei Raumtemperatur flüssig. Da es sehr giftig ist, wird versucht die Anwendung einzuschränken.

2.3 Chemische Verbindungen (Chemical compounds)

Chemische Verbindungen entstehen durch die Reaktion von zwei oder mehreren chemischen Elementen. Dabei gehen die Atome der Ausgangsstoffe eine Bindung ein. Die Verbindung hat andere Eigenschaften als die Elemente. Der kleinste Bestandteil einer chemischen Verbindung ist ein *Molekül*. Moleküle bestehen aus verschiedenen Atomen. zB.: besteht ein Molekül Wasser aus zwei Atomen Wasserstoff und einem Atom Sauerstoff.

Chemische Verbindungen können so dargestellt werden, dass man angibt woraus ein Molekül der Verbindung besteht. zB.: Summenformel Wasser H_2O

oder Strukturformel Wasser.



2.3.1 Säuren, Basen (Laugen) und Salze

Säuren und Basen sind chemische Verbindungen die andere Substanzen, wie zB viele Metalle, aber auch organische Stoffe wie menschliche Haut, angreifen. Beim Hantieren mit Säuren oder Basen sind daher Schutzbrillen und Schutzkleidung zu verwenden.

Beispiele für Säuren: Salzsäure (HCl), Schwefelsäure (H_2SO_4)

Beispiele für Laugen: Natronlauge (NaOH), Kalilauge (KOH)

Bei der Reaktion einer Säure mit einer Lauge entsteht ein *Salz* und Wasser.

zB.: bei der Reaktion von Salzsäure (HCl) mit Kalilauge (KOH) entsteht Wasser (H₂O) und als Salz Kaliumchlorid (KCl).

2.4 Gemenge

Gemenge sind Mischungen verschiedener Stoffe wobei sich diese Stoffe nicht chemisch miteinander verbinden. *Luft* ist ein Gemenge aus Stickstoff (N), Sauerstoff (O), Argon (Ar), Kohlendioxid (CO₂), Wasser und einigen weiteren Bestandteilen.

Lösungen sind Mischungen bei denen sich ein oder mehrere Stoffe fein verteilt in einer Flüssigkeit befinden. *Legierungen* sind Mischungen von Metallen. *Emulsionen* sind kleinste, fein verteilte Flüssigkeitströpfchen in einer anderen Flüssigkeit. zB.: Benzin und Öl in einem Zweitaktgemisch. Bei unterschiedlicher Dichte können sich die Flüssigkeiten wieder entmischen. Die leichtere Flüssigkeit sammelt sich oben.

2.5 Mechanik (Mechanics, forces, moments and couples, representation as vectors;)

Die großen Teilgebiete der *Mechanik* sind Statik, Dynamik und Festigkeitslehre.

Die *Statik* beschäftigt sich mit ruhenden Körpern und den auf sie wirkenden Kräften.

Diese Kräfte sind im Gleichgewicht, sonst würden die Körper eine Beschleunigung erfahren. Die *Dynamik* beschäftigt sich mit der Wirkung von Kräften auf die

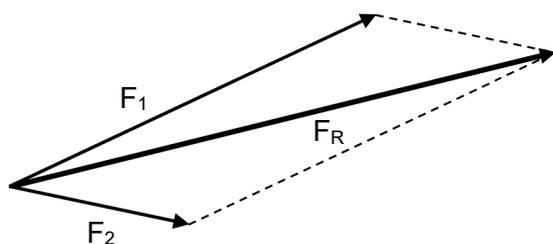
Bewegung von Körpern und die *Festigkeitslehre* befasst sich mit der Beanspruchung die Körper durch die auf sie einwirkenden Kräfte erfahren.

Kräfte werden durch ihren Angriffspunkt sowie ihre Größe und Richtung bestimmt.

Sie werden durch Vektoren dargestellt und in Newton (N), manchmal auch in pound (p, lb, lbs, lbf, Pfund) angegeben. Wirken mehrere Kräfte auf einen Körper, können sie geometrisch zu einer resultierenden Kraft zusammengefasst werden.

2.5.1 Statik

Zusammensetzen von zwei Kräften mit dem *Kräfteparallelogramm*

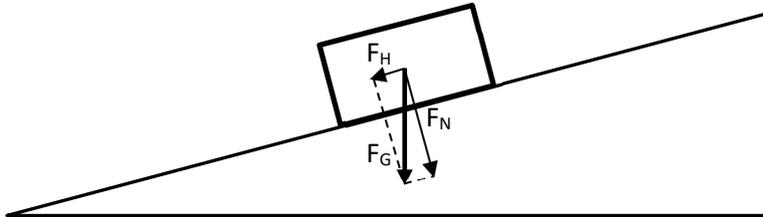


Grafik: Kraefteparal01

F_1 ...Kraft 1
 F_2 ...Kraft 2
 F_R ...resultierende Kraft

Abb.: Kräfteparallelogramm

Kräfte zerlegen: Die Gewichtskraft wird in Normalkraft und Hangabtriebskraft zerlegt.



Grafik: Kraftzerleg01

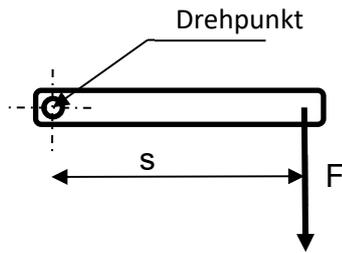
F_G ... Gewichtskraft, Resultierende
 F_N ... Normalkraft, Komponente, wirkt normal zur Auflagefläche, neben der Oberflächenbeschaffenheit maßgeblich für die Größe der Reibungskraft
 F_H ... Hangabtriebskraft, Komponente, wirkt parallel zur Auflagefläche

Abb.: Zerlegen der Gewichtskraft

Drückt die Gewichtskraft eines Körpers auf seine Unterlage so drückt die Unterlage mit der gleich großen aber entgegengesetzt gerichteten Kraft dagegen. Es herrscht Gleichgewicht. Die resultierende Kraft ist null. Der Körper ist in Ruhe.

Wirkt eine Kraft über einen Hebelarm auf einen Drehpunkt spricht man von einem *Drehmoment* (Mt). Die Größe eines Drehmomentes wird durch Kraft und Abstand vom Drehpunkt festgelegt. Drehmomente werden daher in Newtonmeter (Nm) oder pound-inch (pin, inchpound, inlbs oder anderen Kraft- und Längeneinheiten) angegeben. Bei Schraubverbindungen sind die vorgeschriebenen Anzugsdrehmomente zu beachten. Zwei parallele Kräfte die in entgegengesetzte Richtungen wirken nennt man Kräftepaar. Kräftepaare erzeugen ein Drehmoment.

Drehmoment



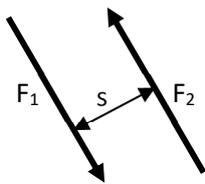
Grafik: Drehmoment01

$$M_t = F \cdot s$$

F.... Kraft
s....Normalabstand

Abb.: Drehmoment

Kräftepaar



Grafik: Kraeftepaar01

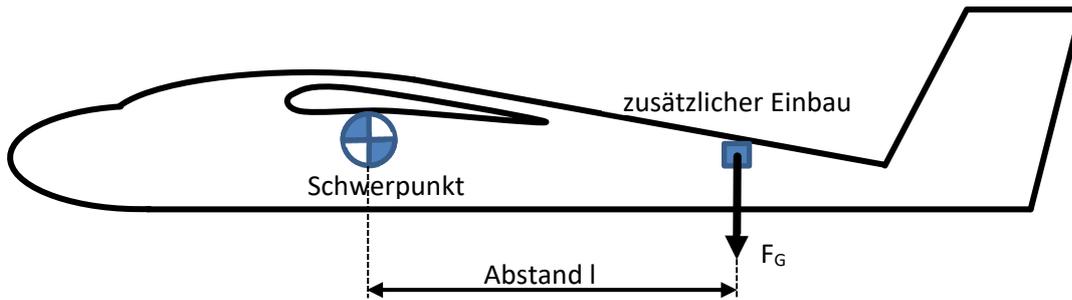
F_1 und F_2 Kräfte
s....Normalabstand

Abb.: Kräftepaar

Jede Masse wird durch die Erdbeschleunigung angezogen und drückt mit der durch Masse (m) und Beschleunigung (a) entstehenden Kraft (F_G) auf seine Unterlage.

$$F_G = m \cdot a$$

Der *Schwerpunkt* ([Center of gravity](#)) ist jener Punkt eines Körpers in dem man sich denken kann, dass die Gewichtskraft (F_G) angreift. Die am Schwerpunkt angreifende Gewichtskraft erzeugt kein Drehmoment. Eine außerhalb des Schwerpunktes angreifende Kraft erzeugt je nach Abstand zum Schwerpunkt ein Drehmoment. zB entsteht durch den Einbau eines zusätzlichen Bauteiles in den hinteren Teil eines Flugzeugumpfes ein schwanzlastiges Moment.

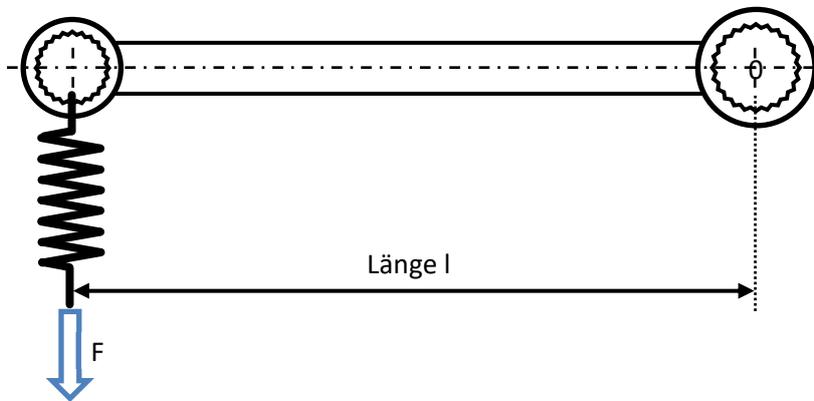


Grafik: Moment01

Abb.: schwanzlastiges Moment

Das schwanzlastige Moment beträgt: $M_t = F_G \cdot l$

Oft sind Schraubverbindungen mit bestimmten Drehmomenten fest zu ziehen. Dazu verwendet man sogenannte Drehmomentschlüssel mit einer Anzeige des angewendeten Drehmomentes oder auch „abschnappbare“ Drehmomentschlüssel. Manchmal verwendet man auch Ringschlüssel und Federwaage.



Grafik: Ringschluess01

$$M_t = F \cdot l$$

l....Länge des Schlüssels

F....Kraft mit der normal zur wirksamen Schlüssellänge gezogen wird

M_t.... Anzugsmoment

Abb.: Anzugsmoment

Beispiel:

Eine Schraubverbindung soll mit einem Drehmoment von 60 Nm festgezogen werden. Die wirksame Schlüssellänge beträgt 25 cm. Mit welcher Kraft muss gezogen werden, wenn normal zum Hebelarm gezogen wird?

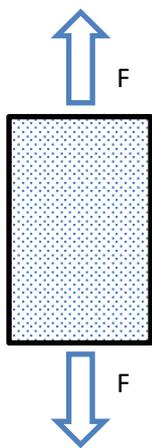
$$M_t = F \cdot l$$

$$F = \frac{M_t}{l} = \frac{60 \text{ Nm}}{0,25 \text{ m}} = 240 \text{ N}$$

Um ein Anzugsmoment von 60 Nm zu erreichen, muss, wenn der Schlüssel 0,25 m lang ist, mit einer Kraft von 240 N normal zum Schlüssel gezogen werden.

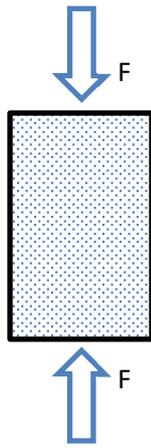
2.5.2 Beanspruchung (Tension, compression, shear and torsion:)

Je nachdem wie Kräfte auf einen Körper wirken, wird dieser Körper unterschiedlich beansprucht. Man unterscheidet *Zug*, *Druck* und bei schlanken Körpern *Knickung*, sowie *Verdrehung*, *Biegung* und *Scherung*.

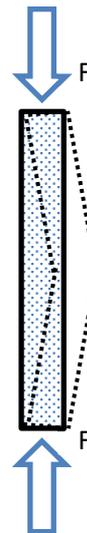


Grafik: Beanspruch01

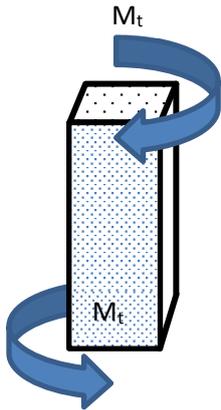
Zugbeanspruchung



Druckbeanspruchung

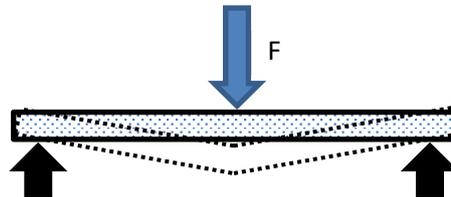


Knickung



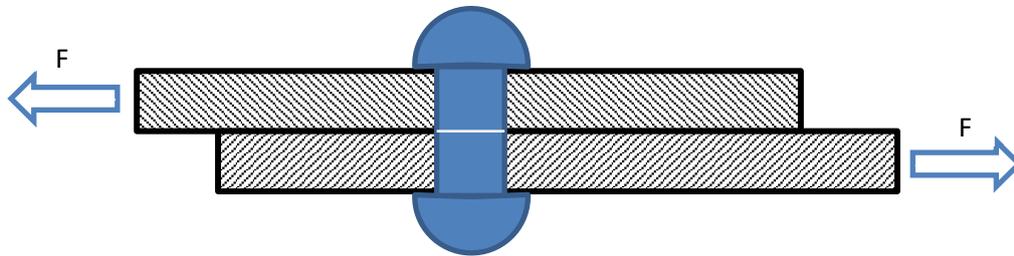
Grafik: Verdreh01

Verdrehung



Grafik: Bieg01

Biegung



Grafik: Niet01

Scherbeanspruchung eines Stauchnietes

Abb.: Beanspruchungsarten

Wird ein Bauteil auf Biegung beansprucht unterscheidet man eine Druck- und eine Zugseite. Dazwischen liegt die „neutrale Faser“.

Darüber hinaus ist für die Beanspruchung eines Bauteiles entscheidend, ob die Belastung gleichbleibend ruhig, langsam ansteigend oder wechselnd, zB hin- und herbiegend erfolgt. Es ist offensichtlich, dass Bauteile bei wechselnder Belastung eher brechen als bei gleichbleibender Belastung.

Wirken Kräfte auf einen Körper so kann sich dieser elastisch oder plastisch verformen. Bei einer elastischen Verformung nimmt der Körper, wenn die Belastung auf null zurückgeht, wieder seine ursprüngliche Form an. Bei einer plastischen Verformung bleibt die Verformung auch nach der Krafteinwirkung bestehen. Die Art und Weise wie Materialien auf Belastung reagieren ist ein wichtiges Kriterium für ihre Verwendung.

Zugspannung

Wird ein Bauteil auf Zug beansprucht, hängt die auftretende Zugspannung (σ , Sigma) von der Größe der Zugkraft und der Größe des Querschnittes auf den die Zugkraft wirkt ab. Je größer die Kraft und je kleiner der Querschnitt desto größer die Zugspannung.

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

σ Zugspannung (Sigma, $\frac{N}{mm^2}$, *psi*)

F Normal auf die Fläche wirkende Zugkraft (N)

AFläche (mm²)

Druck

Durch eine senkrecht auf eine Fläche wirkende Kraft entsteht Druck.

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

p..... Druck (pressure, $\frac{N}{m^2}$, *Pa, bar, psi*)

F..... Normal auf die Fläche wirkende Druckkraft (N)

A..... Fläche (mm²)

Ein Newton ist eine relativ kleine Kraft. Wirkt sie auf einen Quadratmeter verteilt spricht man von einem Druck von einem Pascal. Pascal ist daher eine für praktische, maschinenbauliche Anwendungen kleine Druckeinheit. In der Meteorologie wird zB der atmosphärische Luftdruck in Hektopascal (hPa) angegeben. Gebräuchlich ist auch 1 bar = 1000 hPa = 100000 Pa = 1000 mbar (Millibar).

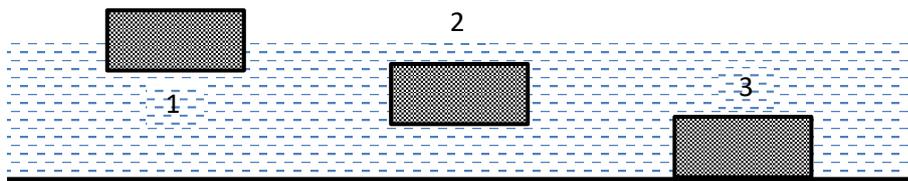
In Flüssigkeiten und Gasen breitet sich Druck in alle Richtungen aus. Schlanke feste Körper neigen unter Druck zur Knickung.

[2.5.3 Eigenschaften von Körpern, Flüssigkeiten und Gasen \(Nature and properties of solids, fluids and gases\)](#)

Statischer Auftrieb

Wird ein fester Körper in eine Flüssigkeit oder in ein Gas eingetaucht, entsteht Auftrieb. Die entstehende Auftriebskraft entspricht der Gewichtskraft der verdrängten

Flüssigkeit (bzw. des verdrängten Gases) und wirkt der Gewichtskraft des eingetauchten Körpers entgegen. Ist der eingetauchte Körper dichter, d.h. wiegt er pro Volumeneinheit mehr als die verdrängte Flüssigkeit, sinkt der Körper in der Flüssigkeit (3). Ist die Dichte des eingetauchten Körpers gleich der Dichte der Flüssigkeit, schwebt der Körper in der Flüssigkeit (2) und ist der eingetauchte Körper leichter als die Flüssigkeit, schwimmt er (1). Er wird so weit in die Flüssigkeit einsinken bis das Gewicht der verdrängten Flüssigkeit seinem Gewicht entspricht. Das Gleiche gilt sinngemäß für Körper die in Gase eintauchen.



Grafik: Auftriebstat01

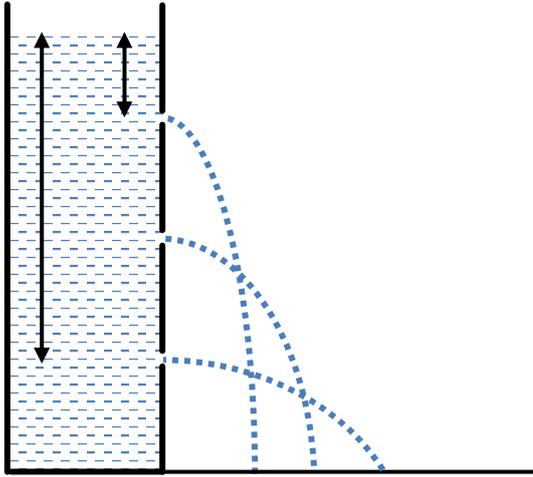
Abb.: Statischer Auftrieb

Unter Dichte δ (Delta) versteht man die Masse bezogen auf das Volumen. Die Dichte wird daher in kg/m^3 angegeben.
$$\delta = \frac{m}{V}$$

zB.: Luftschiffe sind mit Gas gefüllt das leichter als Luft ist. Die heiße Luft eines Heißluftballons hat eine geringere Dichte als die umgebende Luft. Erwärmte Luft hat eine geringere Dichte und steigt daher auf (thermischer Auftrieb).

Druck in Flüssigkeiten

Flüssigkeit in einem Behälter übt Druck auf die Wände des Behälters aus. Der auf den Behälterboden ausgeübte Druck hängt dabei nur von der Dichte der Flüssigkeit und der Höhe der Flüssigkeitssäule ab, nicht jedoch von der Form des Behälters.



Grafik: FIDruck01

Abb.: Flüssigkeitsdruck

Aus der obersten Öffnung fließt Flüssigkeit, wegen der geringen Wassersäulenhöhe über der Austrittsöffnung, mit geringem Druck aus. Über der untersten Öffnung ist die Wassersäule höher, der Gewichtsdruck größer, die Flüssigkeit tritt mit größerem Druck aus.

Ebenso drückt die Luft der Erdatmosphäre auf ihre Unterlage, die Erdoberfläche. Mit zunehmender Höhe sinkt daher der Luftdruck. Der Luftdruck auf Meeresebene ist im Allgemeinen etwa gleich groß wie der Druck, den eine zehn Meter hohe Wassersäule oder eine 760 mm (29,92 in) hohe Quecksilbersäule auf ihre Unterlagen ausüben. Außer Flüssigkeitssäulen werden Röhren oder Dosen, auf die ein Medium wirkt, zur Druckmessung verwendet. Wird die Formveränderung auf Zeiger übertragen, kann damit zB die Höhe gemessen werden.

Druckmessgeräte nennt man Manometer, wenn Luftdruck gemessen wird, Barometer.

Flüssigkeiten können durch Druck nicht komprimiert (verdichtet) werden. Ihr Volumen bleibt konstant. Gase werden unter Druck verdichtet. Ihr Volumen sinkt mit zunehmendem Druck.

Hydraulik

Durch die Inkompressibilität von Flüssigkeiten und durch die gleichmäßige Druckausbreitung in Gefäßen kann in hydraulischen Anlagen eine Verstärkung der Kraft erreicht werden.

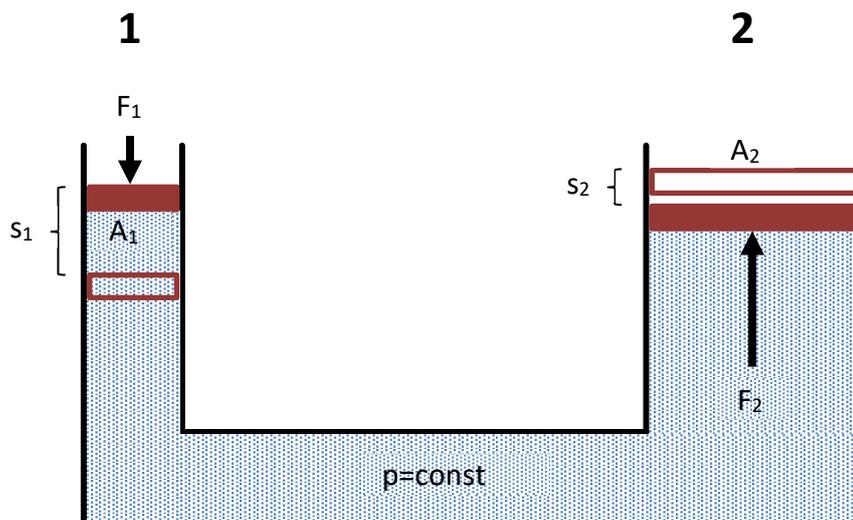


Abb.: Hydraulik

$$F_1 = p \cdot A_1$$

$$F_2 = p \cdot A_2$$

Da A_2 viel größer als A_1 ist, ist auch F_2 viel größer als F_1 . Allerdings ist s_2 viel kleiner als s_1 .

2.5.4 Reibung

Reibung nennt man die Kraft die an der Berührungsfläche zwischen zwei Körpern gegen die Richtung einer versuchten Bewegung entsteht. Man nennt die Kraft auch Reibungswiderstand weil sie die Bewegung erschwert. Es gibt verschiedene Arten von Reibung. Von *Haftreibung* spricht man, wenn die Körper keine Relativbewegung zueinander ausführen. *Gleitreibung* nennt man die Reibung zwischen Körpern mit Relativbewegung zueinander. Bei der *Rollreibung* rollt sich ein Körper auf der

Oberfläche eines anderen Körpers ab. Bei Reibung wird ein Teil der Energie in Wärmeenergie umgewandelt und diese ist meist nicht weiter nutzbar. Die Größe der Reibungskraft ist abhängig von der Normalkraft F_N und dem Reibungskoeffizienten μ (My sprich „mü“).

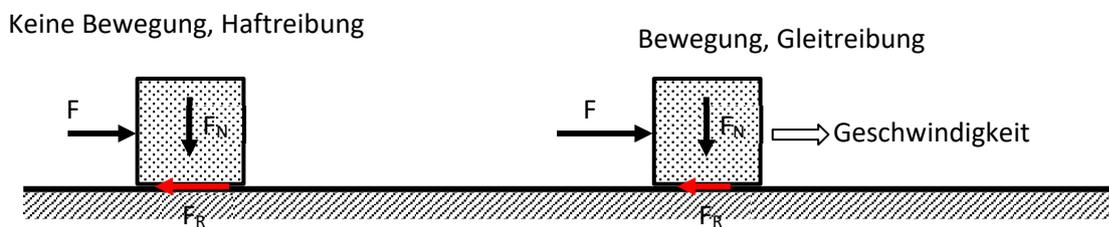
$$F_R = F_N \cdot \mu$$

F_R Reibungskraft

F_N Normalkraft

μ Dimensionsloser Reibungskoeffizient (μ_H Haftreibungskoeffizient, μ_G Gleitreibungskoeffizient, μ_R Rollreibungskoeffizient)

Es gilt $\mu_H > \mu_G > \mu_R$



Grafik: Reibung01

Abb.: Reibung

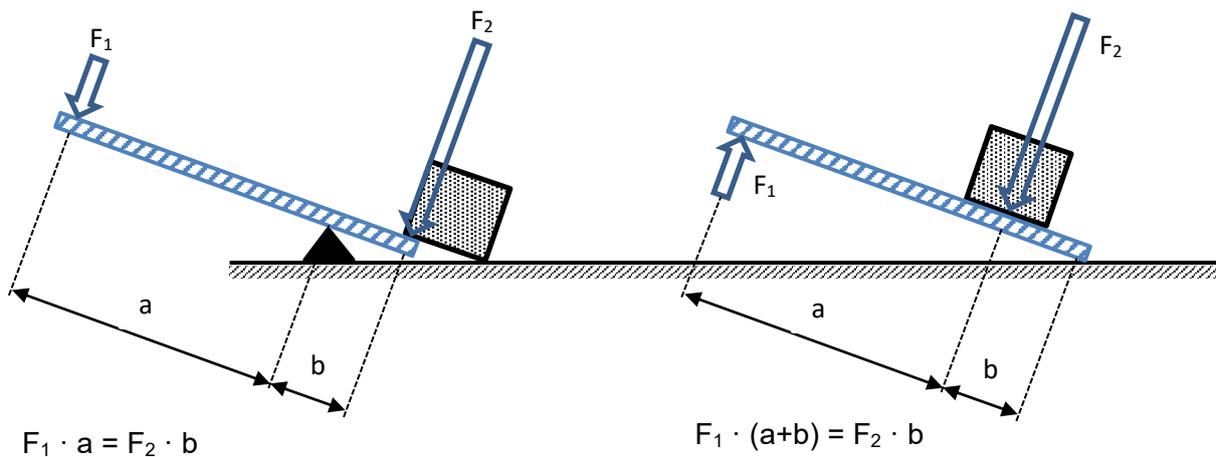
In der Abbildung links ist der Körper in Ruhe $F = F_R$. Rechts ist $F > F_R$, der Körper gleitet auf seiner Unterlage. Die Normalkraft F_N (hier die Gewichtskraft) ist in beiden Fällen gleich.

Die Reibungskraft kann durch Erhöhung der Normalkraft F_N erhöht werden. Ein Beispiel hierfür ist eine Schraubverbindung. Der Schraubenbolzen soll gewöhnlich nicht auf Scherung beansprucht werden, aber die von ihm ausgeübte Normalkraft soll die Reibung so stark erhöhen, dass sich die verschraubten Teile relativ zueinander nicht bewegen. Der Reibungskoeffizient ist dimensionslos und hängt vom Material, der Oberflächenbeschaffenheit und von Schmiermitteln ab.

2.5.5 Einfache Maschinen

Die klassischen einfachen Maschinen sind Hebel, Rad und schiefe Ebene. Diese einfachen Maschinen werden oft kombiniert.

Verschiedene Hebelarten und Hebelgesetze

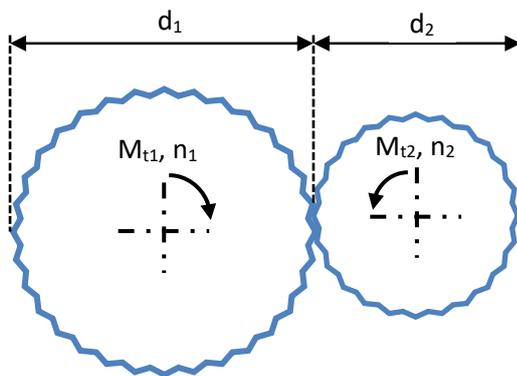


Grafik: Hebel01

Abb.: Hebel

Das oben durch mathematische Gleichungen beschriebene Gleichgewicht wird oft auch verbal mit „Kraft x Kraftarm = Last x Lastarm“ ausgedrückt.

Auch ein Getriebe, im einfachsten Fall zwei ineinander eingreifende Zahnräder, kann als Hebelsystem aufgefasst werden. Über die Zahnflanken werden Kräfte übertragen.



Grafik: Getriebe01

Abb.: Zahnräder

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{M_{t1}}{M_{t2}} = \frac{n_2}{n_1}$$

Je größer die Zahnräder umso größer das übertragene Drehmoment und umso kleiner die Drehzahl.

Neben Zahnrädern und Riemenscheiben werden Räder vor allem zur Verringerung der Reibung verwendet, weil der Rollreibungskoeffizient deutlich kleiner als der Gleitreibungskoeffizient ist.

Schiefe Ebene

Schiefe Ebenen werden unter anderem in Bremsklötzen und Keilen angewendet.

2.5.6 Kinematik

Während sich die Dynamik auch mit der Ursache einer Bewegung, also den Kräften beschäftigt, betrachtet die Kinematik nur die Bewegung von Körpern. Neben Ort und Zeit werden vor allem die Geschwindigkeit und ihre Änderung beobachtet.

Geschwindigkeit hängt vom Bezugssystem, d.h. vom Standpunkt des Beobachters, ab. Die Geschwindigkeit eines Flugzeuges nimmt ein Passagier anders wahr, als ein Beobachter auf der Erdoberfläche oder die Besatzung eines anderen Flugzeuges.

Geschwindigkeit ist Weg pro Zeiteinheit. Ihre Einheit hängt von den verwendeten Einheiten des Weges und der Zeit ab. zB [m/s], [ft/min], [nm/h] usw.

$$v = \frac{s}{t}$$

v Geschwindigkeit

s Weg

t Zeit

Beispiel:

Ein Luftfahrzeug bewegt sich mit 120 km/h. Mit wieviel Knoten (kt, nm/h) bewegt sich das Luftfahrzeug? Wie viele Meter legt das Luftfahrzeug pro Sekunde zurück?

Überlegung: 1 nm = 1,852 km $1 \text{ km/h} = \frac{1}{1,852} \text{ kt} \sim 0,539957 \text{ kt}$

1 kt = 1,852 km/h

50 kt ~ 90 km/h

60 kt ~ 90 + 18 = 108 km/h

Schätzung: 120 km/h ~ 65 kt

Rechnung: $\frac{120}{1,852} = 64,7948 \text{ kt}$

120 km/h entsprechen ca. 65 Knoten.

60 min 120 km

1 min2 km

60 sec 2000 m

1 sec33,33 m

oder

120000 m.....3600 sec $\frac{120000\text{ m}}{3600\text{ sec}} = 33,33\text{ m/sec}$

120 km/h entsprechen ca. 33 m/sec.

Eine geradlinige Bewegung nennt man Translation, eine Drehbewegung Rotation.

Beschleunigung ist die Geschwindigkeitsänderung pro Zeiteinheit [m/sec²].

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t}$$

aBeschleunigung

Beispiel:

Ein Flugzeug beschleunigt beim Start in 15 sec von 0 m/sec auf die Abhebegeschwindigkeit von 30 m/sec. Wie groß ist die Beschleunigung?

$$a = \frac{30 - 0}{15} = 2\text{ m/sec}^2$$

Die Beschleunigung beträgt 2 m/sec².

Beispiel:

Ein Flugzeug setzt bei der Landung mit 110 km/h auf, wird gleichmäßig langsamer und kommt nach 280 m zum Stillstand. Wie groß ist die durchschnittliche Verzögerung beim Ausrollen?

$$\frac{110\frac{\text{km}}{\text{h}}}{3,6} = 30,556\text{ m/sec}$$

Berechnung der Ausrollzeit:

Durchschnittsgeschwindigkeit beim Ausrollen: $v_m = \frac{v_1 - v_2}{2} = \frac{30,556 - 0}{2} \sim 15\text{ m/sec}$

Ausrollzeit: $t = \frac{s}{v_m} = \frac{280\text{ m}}{15\text{ m/sec}} = 18,667\text{ sec}$

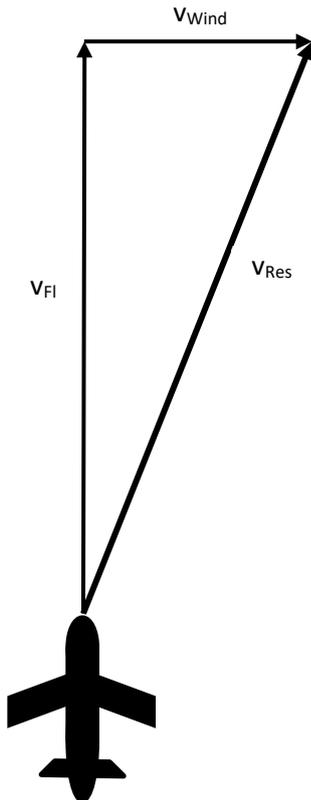
Das Flugzeug wird also innerhalb von ca. 19 sec auf 0 m/sec verzögert.

$$a = \frac{0 - 30,6}{19} = -1,61\text{ m/sec}^2$$

Die Verzögerung beträgt etwa 1,61 m/sec².

Die Beschleunigung durch die Anziehungskraft der Erde beträgt $9,81 \text{ m/sec}^2$.
 $9,81 \text{ m/sec}^2$ bezeichnet man als 1 g (von *gravity* = Erdanziehung).

Geradlinige Geschwindigkeit ist eine gerichtete Größe. Sie kann als Vektor durch einen Pfeil dargestellt werden. Mehrere Geschwindigkeiten können zu einer resultierenden Geschwindigkeit zusammengesetzt werden.



Beispiel Flugzeug bei Seitenwind:

Grafik: Seitenwind01

v_{Fl}Fluggeschwindigkeit (relativ zur Umgebungsluft)

v_{Wind}Luftgeschwindigkeit (relativ zur Erdoberfläche)

v_{Res}Fluggeschwindigkeit (relativ zur Erdoberfläche)

Abb.: Fluggeschwindigkeit bei Seitenwind

Newtonsche Grundgesetze der Bewegungslehre (benannt nach dem englischen Physiker Sir Isaac Newton (1643 - 1727))

Wirkt auf einen Körper keine Kraft, so ist er in Ruhe oder in gleichförmiger Bewegung.

Wirkt auf einen Körper eine Kraft, so wird er beschleunigt. Den Zusammenhang zwischen Kraft und Beschleunigung nennt man auch *dynamisches Grundgesetz* der Translation. $F = m \cdot a$

Durch das dynamische Grundgesetz der Translation ist auch die abgeleitete physikalische Größe der Kraft definiert. Ein Newton ist jene Kraft, die einer Masse von einem Kilogramm die Beschleunigung von 1 m/sec^2 erteilt.

Wirkt ein Körper mit einer bestimmten Kraft auf einen anderen Körper, so wirkt dieser mit einer gleich großen, entgegengesetzt gerichteten Kraft zurück (Actio = Reactio).

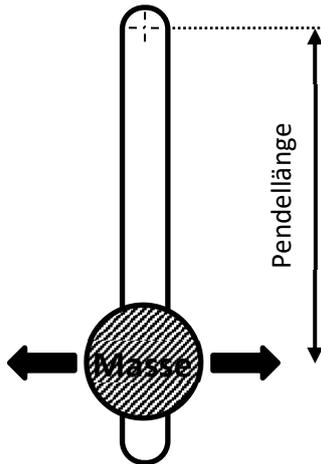
Die Grundgesetze erklären viele Beobachtungen. Körper auf die keine Kraft wirkt behalten ihren Bewegungszustand. Soll dieser geändert werden ist eine Kraft nötig die umso größer sein muss, je größer die Masse der Körper ist. Einen sich bewegenden Lastzug aufzuhalten erfordert eine größere Kraft als eine Mücke zu stoppen.

Körper die sich entlang einer Kreisbahn bewegen müssen durch eine Kraft auf dieser Kreisbahn gehalten werden. Der nach außen wirkenden *Zentrifugalkraft* wirkt die nach innen gerichtete *Zentripetalkraft* entgegen. Rotierende Körper können daher starken Belastungen ausgesetzt sein.

Pendelbewegung

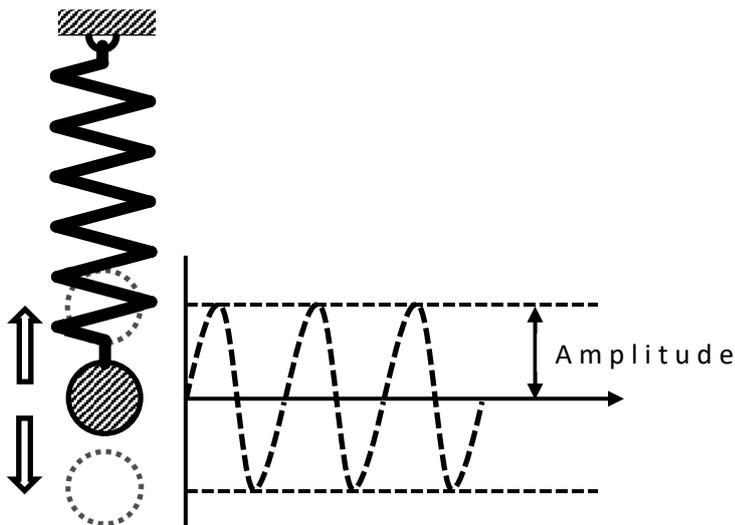
Eine Pendelbewegung entsteht, wenn eine Masse so an einem Faden oder an einer Stange befestigt wird, dass sie frei schwingen kann. Wird die Masse aus der Ruhelage gebracht und losgelassen, schwingt sie hin und her. Als Periode bezeichnet man jene Zeit, welche vergeht bis die Masse eine vollständige Hin- und Her Bewegung ausgeführt hat. Sie hängt ausschließlich von der Länge des Pendels ab.

Gleichmäßige Pendelbewegungen werden als Referenz in Uhren verwendet. Ist die Länge des Pendels kürzer schwingt es schneller.



Grafik: Pendel01

Abb.: Pendel

Schwingung

Grafik: Schwingung01

Abb.: Schwingung

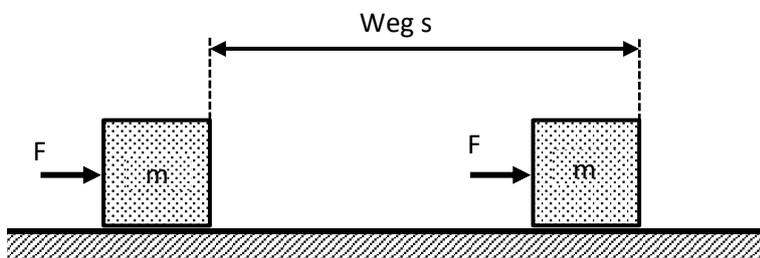
Mechanische Schwingungen sind mehrfache Hin und Her Bewegungen. Sie sind durch Amplitude und Frequenz gekennzeichnet. Amplitude nennt man die maximale Auslenkung von der Mittellage und Frequenz die Anzahl der vollen Hin und Her Bewegungen pro Sekunde (Hertz, Hz, sec^{-1}). Eine Schwingung pro Sekunde ist ein Hertz. Beides, sowohl Amplitude als auch Frequenz, kann sich im Zeitablauf ändern. Schwingungen haben nicht nur in maschinenbaulichen Anwendungen sondern auch in der Elektrotechnik und in der Signalübertragung große Bedeutung. zB sind Schallwellen Druckschwingungen.

Vibration

Vibrationen sind Schwingungen von Körpern die aus ihrer Ruhelage gebracht wurden, meist mit geringer Amplitude und hoher Frequenz. Vibrationen stellen eine Materialbelastung dar und können zu Schäden führen.

2.5.7 Kraft, Arbeit, Leistung

Kraft wird in Newton [N] angegeben. Wirkt die Kraft längs eines Weges spricht man von Arbeit [Nm]. Bezieht man die verrichtete Arbeit auf die Zeit spricht man von Leistung [Nm/sec].



Grafik: Arbeit01

Abb.: Kraft wirkt längs eines Weges – Arbeit

Die Kraft F verschiebt längs des Weges s die Masse m . Die dafür aufgewendete Arbeit (W) ist $F \cdot s$. Die Verschiebung der Masse m durch die Kraft F dauert eine bestimmte Zeit. Die erforderliche Leistung (P) ist $F \cdot s / t$ oder, da $v = s / t$, $F \cdot v$.

$$W = F \cdot s$$

$$P = \frac{W}{t} = F \cdot \frac{s}{t} = F \cdot v$$

2.5.8 Temperatur (Temperature, thermometers and temperature scales: Celsius, Fahrenheit and Kelvin, heat definition)

Die Temperatur ist eine Zustandsgröße die in Kelvin (K) oder Grad Celsius ($^{\circ}\text{C}$) gemessen wird. Im anglo-amerikanischen Bereich wird auch Grad Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) verwendet. Bei der Celsius Skala sind die Temperaturen bei denen Wasser seinen Aggregatzustand ändert die Referenzpunkte (0°C und 100°C). $0\text{ K} = -273,15^{\circ}\text{C}$

Temperaturumwandlung

Beispiel:

$$500 \text{ K} = 500 - 273,15 = 226,85 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$500 \text{ }^\circ\text{C} = 500 + 273,15 = 773,15 \text{ K}$$

$$T_{^\circ\text{C}} = \frac{5}{9} \cdot (T_{^\circ\text{F}} - 32)$$

$$T_{^\circ\text{F}} = \frac{9}{5} \cdot T_{^\circ\text{C}} + 32$$

Beispiel: 500 °C entsprechen welcher Temperatur in °Fahrenheit?

$$\frac{9}{5} \cdot 500 + 32 = 932 \text{ }^\circ\text{F}$$

500 °C entsprechen 932°F.

Beispiel: 50 °F entsprechen welcher Temperatur in °Celsius?

$$\frac{5}{9} \cdot (50 - 32) = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

50 °F entsprechen 10°C.

Temperaturumwandlungstabelle:

Kelvin K	Fahrenheit °F	Celsius °C
373	212	100
353	176	80
333	140	60
313	104	40
293	68	20
273	32	0
253	-4	-20
233	-40	-40

Während die Temperatur den fühlbaren Zustand eines Stoffes kennzeichnet, wird mit Wärme oder Wärmemenge die Wärmeenergie die in einem Stoff gespeichert ist beschrieben. Wärmeenergie wird in Joule (J), früher in Kalorien (kal oder cal), gemessen.

Mit zunehmender Temperatur steigt das Volumen von Stoffen, nur Wasser verhält sich etwas anders. Es hat bei +4 °C seine größte Dichte. Die Ausdehnung von Stoffen bei steigender Temperatur nutzt man zur Temperaturmessung.

Flüssigkeitsthermometer nutzen die Ausdehnung von Flüssigkeiten,

Bimetallthermometer die unterschiedliche Ausdehnung zweier Metalle. Auch der elektrische Widerstand ändert sich mit zunehmender Temperatur und wird daher in Widerstandsthermometern zur Temperaturmessung verwendet. Eine weitere Möglichkeit zur Temperaturmessung, die bei höheren Temperaturen häufig Verwendung findet, sind Thermolemente. Sie beruhen auf dem Effekt, dass in elektrischen Leitern, wenn an ihren Enden eine Temperaturdifferenz herrscht, eine geringe Spannung entsteht. Bei verschiedenen Leitern entstehen unterschiedliche

Spannungen und diese Differenz kann als Maß für die zu messende Temperatur verwendet werden.

Die Längenausdehnung von festen Körpern bei steigender Temperatur muss bei Konstruktionen, insbesondere wenn Bauteile aus verschiedenen Materialien und daher unterschiedlicher Wärmeausdehnung zusammenwirken, berücksichtigt werden.

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

Δl Längenänderung

l_0 Ursprungslänge

α Längenausdehnungszahl, materialabhängig

ΔT Temperaturänderung

Werden Gase erwärmt, dehnen sie sich aus. Ist eine Vergrößerung des Volumens nicht möglich, weil nicht mehr Raum zur Verfügung steht, steigt der Druck. Werden Gase komprimiert steigen Druck und Temperatur. Umgekehrt sinken der Druck und die Temperatur, wenn das Volumen einer bestimmten Gasmasse vergrößert wird.

2.5.9 Wärmeenergie (Heat definition)

Um die Temperatur eines Körpers zu erhöhen muss ihm Wärmeenergie zugeführt werden. Je größer die Masse eines Körpers, desto größer ist die Wärmemenge, die ihm zugeführt werden muss, um eine bestimmte Temperaturerhöhung zu erreichen. Außerdem ist die spezifische Wärmekapazität zu berücksichtigen. Sie ist eine Materialeigenschaft die angibt welche Wärmemenge notwendig ist, um einen bestimmten Stoff um ein K zu erwärmen und wird in Joule pro Kilogramm und Kelvin angegeben.

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

Q Wärmemenge [J] oder [kJ]

m Masse [kg]

c spez. Wärmekapazität $\left[\frac{J}{kgK}\right]$

T Temperaturdifferenz [K] oder [°C]

Wärmeleitung nennt man die Übertragung von Wärme von einem Stoffteilchen auf das benachbarte Stoffteilchen. *Konvektion* oder *Wärmeströmung* nennt man den Transport von Wärme durch ein strömendes Medium, wie zB Abtransport von Wärme aus einem Verbrennungsmotor durch Öl oder Kühlwasser zu einem Kühler. Wärme kann auch abgestrahlt werden. Körper, die von Wärmestrahlen getroffen werden, können diese Wärme reflektieren oder absorbieren und sich dadurch erwärmen. Wärmestrahlen können aber auch durch Körper hindurchgehen.

Energie ist Arbeitsvermögen. Wärme ist eine Energieform. Andere Energieformen sind zB Kinetische Energie (Bewegungsenergie), potentielle Energie (Energie der Lage), elektrische Energie oder chemische Energie. Energie kann weder verloren gehen noch gewonnen werden. Es kann nur ein Energiezustand in einen anderen Energiezustand umgewandelt werden.

Beispiele:

Potentielle Energie eines Stausees in großer Höhe in Bewegungsenergie eines Wasserstrahls. Diese Bewegungsenergie wird über ein Turbinenrad und einen Generator in elektrische Energie umgewandelt. Elektrische Energie kann wieder zum Antrieb eines Elektromotors oder mit einem Heizgerät zur Umwandlung in Wärme verwendet werden.

Die chemische Energie von Treibstoff wird in Verbrennungsmotoren in mechanische Energie umgewandelt. Diese könnte wieder einen **Generator** antreiben oder zB mit Hilfe eines Propellers für kinetische - und potentielle Energie sorgen. Im Verbrennungsmotor wird aber ein Teil der Energie des Treibstoffes in Wärmeenergie umgewandelt die nicht genutzt wird. Sie wird über Kühler und Kühlrippen und mit den Verbrennungsgasen an die Umgebungsluft abgegeben.

Die Energiemenge wird in Joule oder in Wattsekunden gemessen.

1 Newtonmeter [Nm] = 1 Wattsekunde [Ws] = 1 Joule [J]

Davon abgeleitet sind die gebräuchlichen Einheiten 1 kWh = 3600 kJ.

Der *spezifische Heizwert* gibt an, wieviel Energie in einem Kilogramm eines Brennstoffes enthalten ist. (Kraftstoff für Verbrennungsmotoren ca. 40000 kJ/kg, Wasserstoff ca. 120000 kJ/kg).

2.5.10 Wirkungsgrad

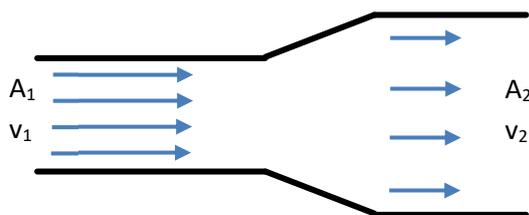
Wie effizient die Umwandlung von einer Energieform in eine andere ist, gibt der Wirkungsgrad (η, Eta) an. Bezieht man die zugeführte und die nutzbar abgegebene Energie auf die Zeit kann man den Wirkungsgrad auch einfach als nutzbare Leistung durch zugeführte Leistung ausdrücken.

$$\eta = \frac{\text{nutzbare Leistung}}{\text{zugeführte Leistung}} = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}}$$

Der Wirkungsgrad ist eine dimensionslose Kennzahl von Maschinen da im Nenner und im Zähler des Bruches die gleichen Einheiten stehen. Da immer ein Teil der umgewandelten Energie nicht genutzt werden kann, ist der Aufwand immer größer als der Nutzen. Der Wirkungsgrad ist daher immer kleiner eins. Manchmal wird er als Prozentzahl angegeben.

Bei Verbrennungsmotoren wird nur ein Teil der chemischen Energie des Kraftstoffes in mechanische Energie umgewandelt, ein wesentlicher Teil wird als Wärme über Abgas und Kühler ungenutzt an die Umgebung abgegeben. Daher sind die Wirkungsgrade von Verbrennungsmotoren nur um die 0,3 (30%).

2.6 Strömungslehre, Kontinuitätsgleichung



Grafik: Kontigl01

Abb.: Kontinuitätsgleichung

Fließt ein Strömungsmedium durch ein Rohr mit veränderlichem Querschnitt und wird weder Energie noch Masse zu- oder abgeführt, so bleibt die Gesamtenergie des Mediums konstant. Sind Eintritts- und Austrittsöffnung auf gleicher Höhe ändert sich die potentielle Energie E_{pot} nicht. Es gilt daher:

$$E_{1kin} + E_{1Druck} = E_{2kin} + E_{2Druck}$$

Auf Grund des sich ändernden Querschnitts ändert sich aber die Geschwindigkeit.
 Wird der Querschnitt kleiner muss das Medium schneller fließen.
 Wenn aber die Geschwindigkeit steigt, muss der Druck sinken, da die
 Gesamtenergie gleich bleibt. Für Gase gilt dies nur bei geringen
 Strömungsgeschwindigkeiten, so lange die Änderung der Dichte unbedeutend ist.

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \text{constant}$$

$$A_1 \cdot v_1 \cdot \delta_1 = A_2 \cdot v_2 \cdot \delta_2$$

und wenn die Dichte δ gleich bleibt

Kontinuitätsgleichung:

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

Wird der Querschnitt geringer, steigt die Geschwindigkeit und damit sinkt der Druck.

Wird der Querschnitt größer, sinkt die Geschwindigkeit und damit steigt der Druck.

\dot{m}_1, \dot{m}_2 Masse pro Zeiteinheit im Zustand 1 bzw. 2

v_1, v_2 Geschwindigkeit des Strömungsmediums im Zustand 1 bzw. 2

δ_1, δ_2 Dichte des Strömungsmediums im Zustand 1 bzw. 2

E_{1kin} Kinetische Energie im Zustand 1

E_{1Druck} Druckenergie im Zustand 1

E_{2kin} Kinetische Energie im Zustand 2

E_{2Druck} Druckenergie im Zustand 2

Physik Aufgaben

- 1) Um den Atomkern kreisen (vervollständige den Satz durch Markieren der richtigen Zeile)
- a negativ geladene Protonen
 - b negativ geladene Elektronen
 - c positiv geladene Moleküle
 - d positive Ladungsträger
- 2) Welcher der unten angeführten Stoffe ist ein chemisches Element?
- a Wasser
 - b Luft
 - c Feuer
 - d Eisen
- 3) Welcher der unten angeführten Stoffe ist eine chemische Verbindung?
- a Luft
 - b Schwefel
 - c Lötzinn
 - d Schwefelsäure
- 4) Welcher der unten angeführten Stoffe ist ein Gemenge?
- a Salzsäure
 - b Aluminiumoxid
 - c Luft
 - d Wasser
- 5) Wenn ein Körper im Gleichgewicht ist, ist (vervollständige den Satz durch Markieren der richtigen Zeile)
- a er in Ruhe
 - b die auf ihn wirkende Antriebskraft null
 - c sein Widerstand groß
 - d die auf ihn wirkende resultierende Kraft null

6) Was versteht man unter einem Drehmoment?

- a große Kräfte
- b große Drehzahlen
- c Kraft x Normalabstand zum Drehpunkt
- d Innere Energie in kJ

7) In welchen Einheiten werden Kräfte angegeben?

- a Kilogramm
- b Pascal
- c Newton
- d Volt

8) Eine Schraubverbindung wird mit einem Ringschlüssel und einer normal dazu angewendeten Federwaage angezogen. Die wirksame Länge des Schraubenschlüssels ist 20 cm, das Anzugsmoment soll 120 Nm sein. Mit welcher Kraft muss an der Federwaage gezogen werden?

- a 600 N
- b 24 N
- c 60 N
- d 240 N

9) Wie nennt man die Haftungskräfte zwischen den Atomen bzw Molekülen unterschiedlicher Stoffe?

- a Reibung
- b Kohäsion
- c Adhäsion
- d Netzkräfte

10) Welche der unten angeführten Aussagen ist richtig?

- a Edelgase sind verdampfte Edelmetalle
- b Alle Edelgase sind leichter als Luft
- c Edelgase sind feuergefährlich
- d Edelgase sind chemisch stabil und verbinden sich nicht

11) Welche der unten angeführten Aussagen trifft auf Magnesium zu?

- a Magnesium ist ein hitzebeständiges und schweres Metall
- b Magnesium ist ein hitzebeständiges und leichtes Metall
- c Magnesium ist eine seltene, hitzebeständige, chemische Verbindung
- d Magnesium ist ein brennbares und leichtes Metall

12) Was ist die Ursache für die Entmischung einer Emulsion die einige Zeit gelagert wurde?

- a falsche Anwendung
- b zu tiefe Lagertemperatur
- c unterschiedliche Dichte der beiden Flüssigkeiten
- d unterschiedliche Siedetemperatur der beiden Flüssigkeiten

13) Welches Drehmoment entsteht, wenn man 1,5 m hinter dem Schwerpunkt eines Luftfahrzeuges ein Gerät mit einer Gewichtskraft von 10 Newton platziert?

- a 15 kN
- b 15 N
- c 15 Nm
- d 6,66... Nm

14) In welcher Einheit wird eine Zugspannung angegeben?

- a Newtonmeter
- b Kilopond pro Kilogramm
- c Volt
- d N/mm^2

15) Was versteht man unter Dichte δ ?

- A $\frac{V}{m}$
- b N/m^3
- c $\frac{m}{V}$
- d Härte

16) Welche der Aussagen ist richtig?

- a Der Haftreibungskoeffizient ist kleiner als der Gleitreibungskoeffizient
- b Der Haftreibungskoeffizient ist kleiner als der Rollreibungskoeffizient
- c Der Gleitreibungskoeffizient ist kleiner als der Rollreibungskoeffizient
- d Der Gleitreibungskoeffizient ist kleiner als der Haftreibungskoeffizient

17) Wenn zwei Zahnräder mit unterschiedlichem Durchmesser ineinander eingreifen, (vervollständige den Satz durch Markieren der richtigen Zeile).

- a dreht sich das größere Zahnrad auch mit größerer Drehzahl
- b ist das Drehmoment auf beiden Zahnrädern gleich groß
- c hat das kleinere Zahnrad größere Zähne
- d hat das kleinere Zahnrad eine größere Drehzahl

18) 80 Knoten sind wie viele Kilometer pro Stunde?

- a 148 km/h
- b 43 km/h
- c 148 m/sec
- d 1480 km/h

19) 135 km/h sind wie viele Knoten?

- a ~ 66,8 kt
- b ~ 18,5 kt
- c ~ 73 kt
- d ~ 185 kt

20) Die Frequenz wird in welcher Einheit angegeben?

- a Hz
- b mm
- c μ (My)
- d Amplituden

21) Was versteht man unter Leistung?

- a $F \cdot \frac{v}{t}$
- b $W \cdot t$

c $F \cdot v$

d $F \cdot s$

22) Die Temperaturanzeige mit einem Bimetallthermometer beruht auf

(vervollständige den Satz durch Markieren der richtigen Zeile)

- a der unterschiedlichen Ausdehnung verschiedener Metalle
- b der unterschiedlichen Änderung des elektrischen Widerstandes
- c der Ausdehnung von Quecksilber
- d der unterschiedlichen Änderung des Luftdruckes

23) Energie wird in welchen Einheiten gemessen?

- a Pferdestärken [PS]
- b Watt [W]
- c Kilowatt [kW]
- d Joule [J]

24) Was versteht man unter Wirkungsgrad?

- a $\frac{\text{Aufwand}}{\text{Nutzen}}$
- b $\frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}}$
- c $\frac{\text{Leistung}}{\text{Arbeit}}$
- d $\frac{\text{zugeführte Leistung}}{\text{nutzbare Leistung}}$

25) Fließt eine Flüssigkeit durch ein Rohr dessen Querschnitt größer wird ...

(vervollständige den Satz durch Markieren der richtigen Zeile)

- a sinkt die Dichte der Flüssigkeit
- b steigt die Geschwindigkeit
- c steigt der Druck
- d bleiben Druck, Geschwindigkeit und Dichte unverändert

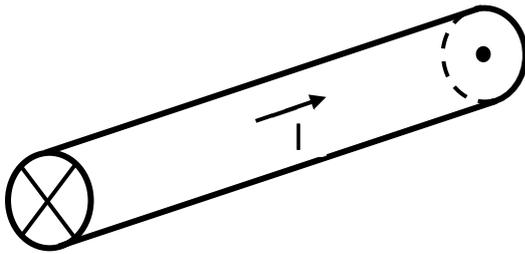
1L.3 Elektrik

Chemische Elemente bestehen aus Atomen und diese, neben Neutronen und elektrisch positiv geladenen Protonen im Atomkern, aus elektrisch negativ geladenen Elektronen, die in „Schalen“ um den Atomkern kreisen. Besteht ein Atom aus mehr Protonen als Elektronen ist es positiv geladen, besteht es aus mehr Elektronen als Protonen ist es negativ geladen. Solche geladenen Atome nennt man *Ionen*. Ein ungeladenes Atom enthält genauso viele Elektronen wie Protonen und ist daher elektrisch neutral. Außer den Elektronen in den Atomhüllen befinden sich in Stoffen auch freie Elektronen. Stoffe in denen sich freie Elektronen, also Ladungsträger, frei bewegen können, nennt man elektrische Leiter (zB Kupfer), solche in denen sie sich kaum bewegen können, nennt man Isolatoren (zB Porzellan).

Bei Spannungsquellen herrscht auf dem Minuspol Elektronenüberschuss und auf dem Pluspol Elektronenmangel. Die Elektronen haben das Bestreben diesen Potentialunterschied, man nennt ihn Spannung, auszugleichen und vom Minus- zum Pluspol zu fließen. Gewöhnlich fließen die Elektronen über einen elektrischen Widerstand und verrichten dabei elektrische Arbeit. Die sogenannte technische Stromrichtung wurde vom Pluspol zum Minuspol, also umgekehrt zur Flussrichtung der Elektronen, festgelegt.

Ein einfacher elektrischer *Stromkreis (electric DC circuit)* besteht aus einer Spannungsquelle, einem elektrischen Widerstand und üblicherweise aus einem Schalter. Spannungsquelle kann zB ein Generator oder eine Batterie sein. Ein elektrischer Widerstand kann unter anderem ein Elektromotor, ein Heizkörper oder eine Glühlampe sein.

Während die Elektronen vom Minuspol zum Pluspol wandern wurde die *technische Stromrichtung* umgekehrt festgelegt. Wenn man von Stromrichtung spricht meint man daher vom Plus- zum Minuspol. In Skizzen wird der Stromfluss in Leitern durch Pfeile oder im Querschnitt durch „Kreuz“ und „Punkt“ dargestellt.



Grafik: Leitersymbol01

Abb.: Leiter, Stromfluss

3.1 Ohm'sches Gesetz (Ohm's law)

Ein Stromkreis ist durch die Art der Bauteile wie Spannungsquelle, Schalter und Verbraucher festgelegt. Physikalisch wird er durch drei wesentliche physikalische Größen bestimmt. Die elektrische Spannung U ist ein Maß für den Potentialunterschied. Der elektrische Widerstand R ist ein Maß für die Behinderung der Elektronen auf ihrem Weg zum positiven Pol. Elektrische Leiter haben einen geringen elektrischen Widerstand. Die Stromstärke I gibt an wie groß der Elektronenfluss in einem Leiter ist. Diese drei Messgrößen stehen zueinander in einem Zusammenhang, der im Ohm'schen Gesetz dargestellt wird.

$$U = R \cdot I \quad \text{oder} \quad R = \frac{U}{I} \quad \text{oder} \quad I = \frac{U}{R}$$

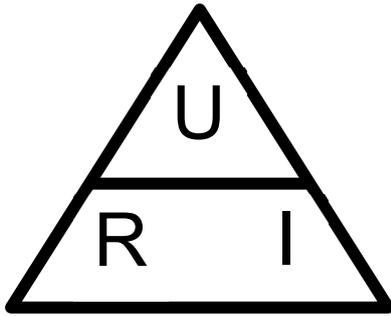
U..... Spannung [Volt, V]

R..... Widerstand [Ohm, Ω]

I..... Stromstärke [Ampere, A]

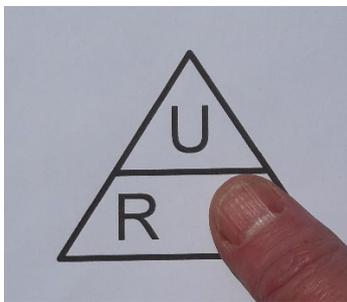
Interpretation des Ohm'schen Gesetzes:

Wenn trotz großem Widerstand auch die Stromstärke groß ist, muss die Spannung hoch sein. Ist die Spannung hoch, die Stromstärke aber trotzdem klein, muss der Widerstand groß sein. Die Stromstärke ist umso größer, je größer die Spannung und je kleiner der Widerstand ist. Bei einer Spannung von 1 Volt [V] fließt durch einen Widerstand von 1 Ohm [Ω] ein Strom von 1 Ampere [A].



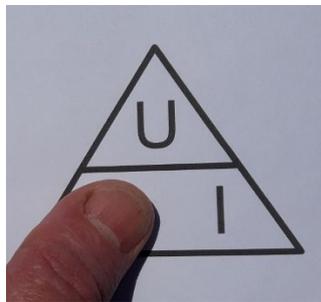
Grafik: Formeldrei01

Abb.: Formeldreieck URI



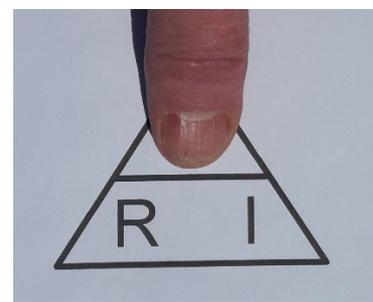
Grafik: URIU01.jpg

$$U = R \cdot I$$



Grafik: URIR01.jpg

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



Grafik: URUI01.jpg

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

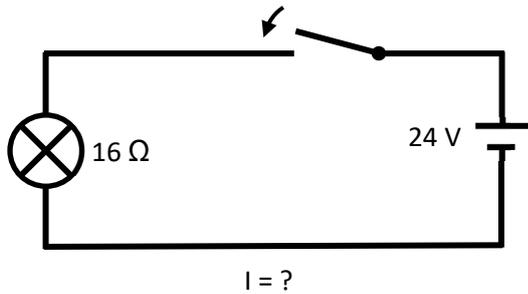
Abb.: Anwendung des Formeldreiecks

Manche Praktiker nutzen das Formeldreieck um eine Größe des Ohm'schen Gesetzes zu berechnen. Man zeigt mit dem Finger auf die zu berechnende Größe und aus den beiden verbleibenden sichtbaren Größen berechnet man die gesuchte Größe.

Beispiel:

In einem *Stromkreis* (electric DC circuit) befinden sich eine Spannungsquelle mit 24 V und ein Verbraucher mit einem Widerstand von 16 Ω. Wie groß ist die Stromstärke, wenn der Stromkreis geschlossen wird?

$$I = \frac{U}{R} = \frac{24 \text{ V}}{16 \Omega} = 1,5 \text{ A}$$



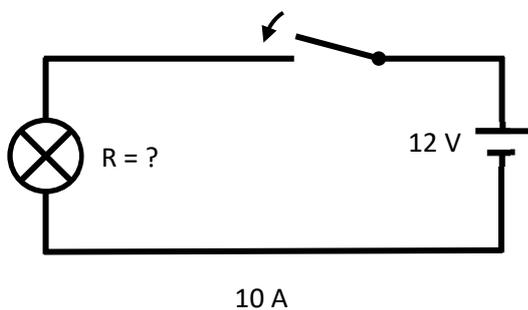
Grafik: Bsp1Stromkreis01

Die Stromstärke beträgt 1,5 A.

Beispiel:

Welchen Widerstand hat ein Verbraucher durch den bei einer Spannung von 12 V ein Strom mit 10 A fließt?

$$R = \frac{U}{I} = \frac{12\text{ V}}{10\text{ A}} = 1,2\ \Omega$$



Grafik: Bsp2Stromkreis01

Der Widerstand des Verbrauchers beträgt 1,2 Ω.

[3.2 Kirchhoffsche Gesetze \(Kirchhoffs current and voltages laws\)](#)

1. Kirchhoffsches Gesetz (Knotenregel)

In einem Knotenpunkt eines elektrischen Netzwerkes ist die Summe der zufließenden Ströme gleich der Summe der abfließenden Ströme

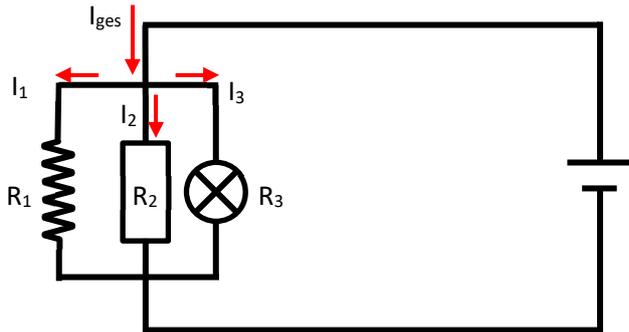


Abb.: Knotenregel

$$I_{ges} = I_1 + I_2 + I_3$$

2. Kirchhoffsches Gesetz (Maschenregel)

Die Summe der Teilspannungen eines Umlaufes in einer Masche eines elektrischen Netzwerkes ist gleich groß wie die Spannung der Spannungsquelle.

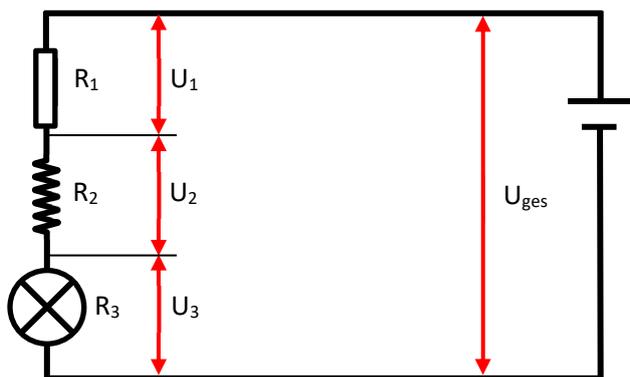
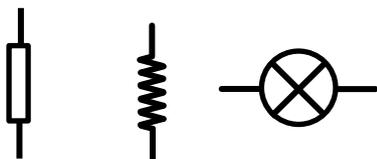


Abb.: Maschenregel

$$U_{ges} = U_1 + U_2 + U_3$$

3.3 Widerstände

Oft befinden sich in einem Stromkreis mehrere Widerstände. Einige häufig verwendete Symbole zur grafischen Darstellung von Widerständen sind:



Grafik: Widerstaende01

Abb.: Widerstände

In elektronischen Anwendungen findet man Widerstände oft auf Leiterplatten aufgelötet. Diese Widerstände sind häufig durch mehrere Farbringe gekennzeichnet. Mit den entsprechenden Tabellen kann durch diese Farbringe die Größe des Widerstandes bestimmt werden.



Abb.: Widerstände

Farbcodierung von Widerständen (resistor colour code, values and tolerances, preferred values, wattage ratings)

Farbe	Ring 1 Wertziffer	Ring 2 Wertziffer	Ring 3 Wertziffer	Ring 4 Multiplikator	Ring 5 Toleranz
schwarz	0	0	0	10^0 (1)	-
braun	1	1	1	10^1	$\pm 1\%$
rot	2	2	2	10^2	$\pm 2\%$
orange	3	3	3	10^3	
gelb	4	4	4	10^4	
grün	5	5	5	10^5	$\pm 0,5\%$
blau	6	6	6	10^6	
violett	7	7	7	10^7	
grau	8	8	8	10^8	
weiß	9	9	9	10^9	

Abb.: Farbcodierung von Widerständen

Beispiel: Bestimmung eines Widerstandes



Ring	Farbe	Wertziffer	

1	braun	1	
2	rot	2	
3	grün	5	
4	schwarz		Multiplikator 1
5	rot		±2% Toleranz

$$125 \cdot 1 = 125 \, \Omega$$

Der oben abgebildete Widerstand hat 125 Ω .

Oft werden Widerstände nach einem ähnlichen System mit nur vier Ringen codiert. Diese Widerstände haben im Allgemeinen größere Toleranzen. Auf größeren Widerständen werden die Kenndaten oft aufgedruckt. **In der Praxis ist auch die Belastbarkeit des Widerstandes wichtig.** Da im Widerstand elektrische Energie in Wärme umgewandelt wird, hängt die zulässige Stromstärke neben Material und Bauart des Widerstandes auch von der Wärmeabfuhr ab.

Werkstoffe mit geringem elektrischem Widerstand, wie beispielsweise Kupfer, werden als Leiter verwendet. Den Widerstand eines Leiters mit 1 m Länge und 1 mm² Querschnitt nennt man *spezifischer elektrischer Widerstand* ρ (Rho) [$\frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$].

3.3.1 Reihenschaltung von Widerständen (resistors in series)

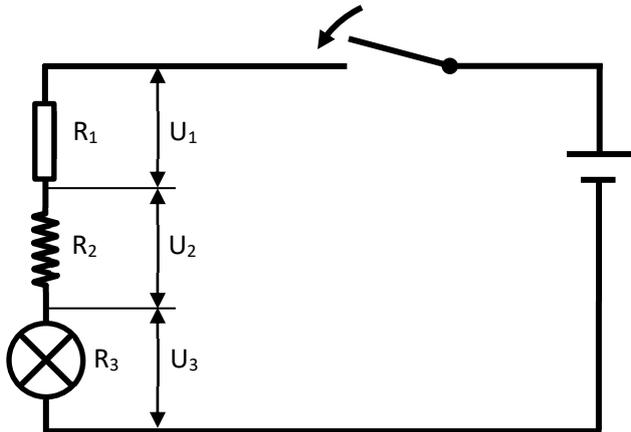
In einer Reihenschaltung sind die Widerstände hintereinander, man sagt auch in Serie, angeordnet und werden vom gleichen Strom durchflossen. Der Gesamtwiderstand ergibt sich aus der Summe der Teilwiderstände. Je mehr Widerstände in einer Serienschaltung hintereinander geschaltet sind, desto größer ist der Gesamtwiderstand. Über jeden Teilwiderstand ergibt sich ein Spannungsabfall. Die Summe der Spannungsabfälle ist gleich der Gesamtspannung.

$$R_{ges} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

$$U_{ges} = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$$

Spannungsabfall durch den Widerstand R1:

$$U_1 = I \cdot R_1$$

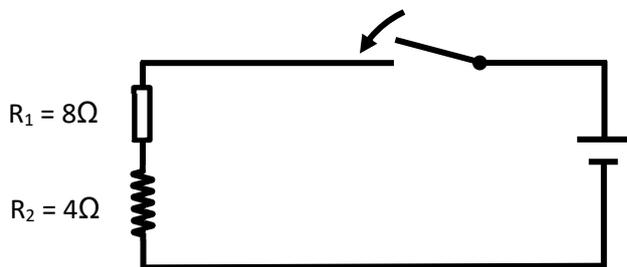


Grafik: WiderstandReihe01

Abb.: Reihenschaltung von Widerständen

Beispiel:

In einem Stromkreis befinden sich ein Widerstand $R_1 = 8 \Omega$ und ein Widerstand $R_2 = 4 \Omega$ in Serie. Wie groß ist der Gesamtwiderstand und wie groß der Spannungsabfall über dem Widerstand R_2 wenn die Stromstärke 2 A beträgt?



Grafik: Bsp3Stromkreis01

$$R_{ges} = R_1 + R_2 = 8\Omega + 4\Omega = 12\Omega$$

Der Gesamtwiderstand beträgt 12Ω .

$$U_2 = R_2 \cdot I = 4\Omega \cdot 2\text{A} = 8\text{V}$$

Der Spannungsabfall über R_2 beträgt 8 V .

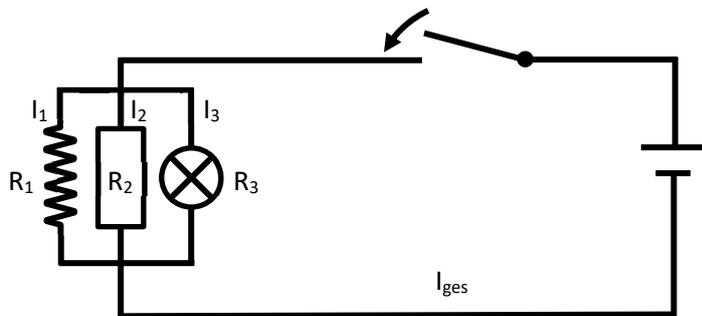
3.3.2 Parallelschaltung von Widerständen (resistors parallel)

In einer Parallelschaltung sind die Widerstände nebeneinander, man sagt parallel, angeordnet und an allen Widerständen liegt die gleiche Spannung an. Der Gesamtwiderstand ergibt sich aus der Summe der Kehrwerte der Teilwiderstände. Je mehr Widerstände in einem Stromkreis parallel geschaltet sind, desto geringer ist der

Gesamtwiderstand. Jeder Widerstand wird von einem Teil des Gesamtstroms durchflossen.

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

$$I_{ges} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

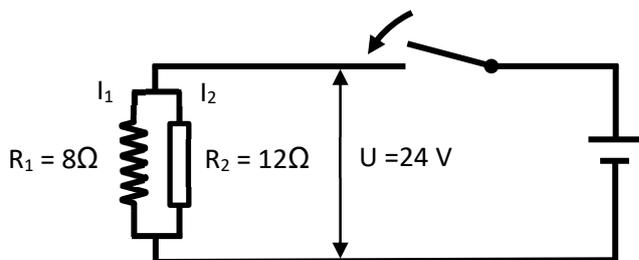


Grafik: WiderstandPara01

Abb.: Parallelschaltung von Widerständen

Beispiel:

In einem Stromkreis befinden sich zwei parallel geschaltete Widerstände $R_1 = 8 \Omega$ und $R_2 = 12 \Omega$. Wie groß ist der Gesamtwiderstand und welcher Strom fließt bei einer Spannung von 24 V durch R_2 ?



Grafik: Bsp4Stromkreis01

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 \cdot R_2}$$

$$R_{ges} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_2 + R_1} = \frac{8\Omega \cdot 12\Omega}{12\Omega + 8\Omega} = \frac{96\Omega}{20\Omega} = 4,8\Omega$$

Der Gesamtwiderstand beträgt 4,8 Ω.

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{24V}{12\Omega} = 2A$$

Bei einer Spannung von 24 V wird R_2 von 2 A durchflossen.

3.4 Spannungsquellen

Häufig verwendete Symbole zur Darstellung von Spannungsquellen sind:

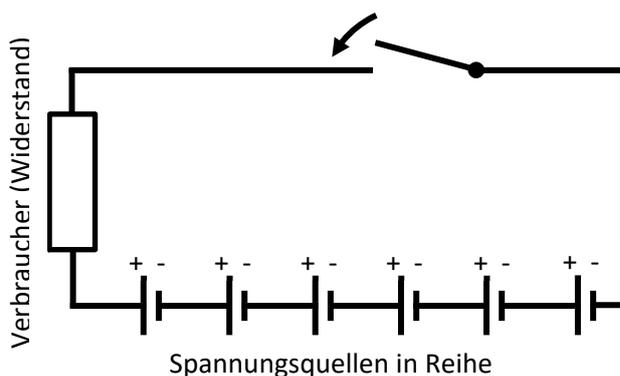


Grafik: Spannquell01

Abb.: Darstellung von Spannungsquellen

3.4.1 Reihenschaltung von Spannungsquellen

Werden Spannungsquellen, zB Zellen von Akkumulatoren so miteinander verbunden, dass der Minuspol der einen Zelle an den Pluspol der nachfolgenden Zelle angeschlossen ist, spricht man von einer Reihenschaltung. Reihenschaltungen bewirken eine Erhöhung der Spannung.



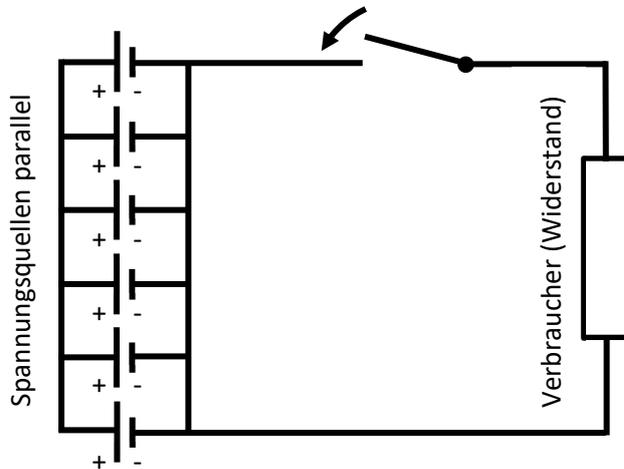
Grafik: SpannquellReihe01

Abb.: Reihenschaltung von Spannungsquellen

3.4.2 Parallelschaltung von Spannungsquellen

Werden Spannungsquellen, zB Zellen von Akkumulatoren so miteinander verbunden, dass die Minuspole miteinander und die Pluspole miteinander verbunden werden, so spricht man von einer Parallelschaltung. Mit Parallelschaltungen können höhere

Ströme über eine längere Zeit abgegeben werden. Das Produkt aus Stromstärke I und Zeit t nennt man *Kapazität*. Sie wird in Amperestunden [Ah] angegeben und ist ein Maß für die entnehmbare Strommenge $I \cdot t$.



Grafik: SpannquellPara01

Abb.: Parallelschaltung von Spannungsquellen

3.4.3 Arten von Spannungsquellen

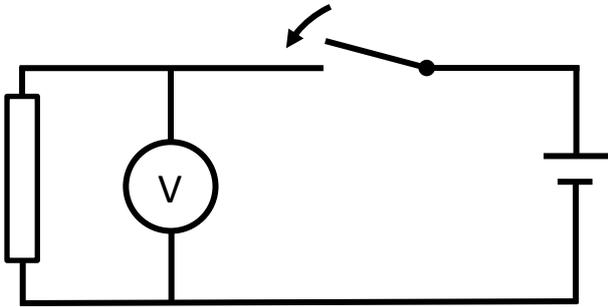
Elektrische Spannung kann auf unterschiedliche Arten erzeugt werden:

Elektrochemisch zB in einer Batterie, durch Induktion zB mit einem Generator oder auf Grund des *Piezo-Effektes*. Piezo-Effekt nennt man die Eigenschaft mancher Kristalle bei Zug- oder Druckbeanspruchung eine Potentialdifferenz, die in einem Stromkreis eine (geringe) Spannung erzeugt, entstehen zu lassen. Piezokristalle werden unter anderem in Messinstrumenten, Mikrofonen und Lautsprechern verwendet. Weitere Möglichkeiten der Spannungserzeugung sind *Photoelemente*. Sie nutzen die Eigenschaft bestimmter Halbleiter, das sind Stoffe, die unter bestimmten Bedingungen leiten, bei Lichteinfall photovoltaisch (geringe) Spannung entstehen zu lassen. Damit kann zB Sonnenlicht zur Stromversorgung genutzt werden. Mit *Thermoelementen* wird aus Wärme eine geringe Spannung erzeugt. Dieser Effekt wird zB zur Messung von Temperaturen in Verbrennungsmotoren verwendet.

3.5 Messung von Spannung und Stromstärke

Misst man die Spannung einer Spannungsquelle, zB einem Generator oder einer Batterie, oder die Spannung, die an einem Verbraucher anliegt, so misst man indem

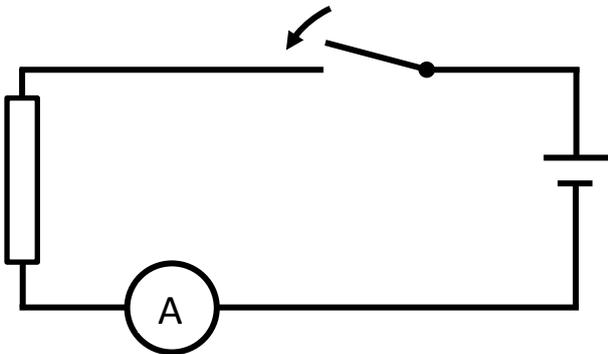
das Messgerät im Stromkreis parallel zur Spannungsquelle bzw parallel zum Verbraucher angeschlossen wird. Spannungsmessgeräte heißen Voltmeter.



Grafik: Spannmess01

Abb.: Spannungsmessung

Misst man die Stromstärke in einem Stromkreis so misst man in Reihe zum Verbraucher. Das Messgerät, welches Stromstärke misst, heißt Amperemeter. Häufig werden zur Messung von Spannung und Stromstärke Multimeter (Vielfachmessgeräte) verwendet. Bei entsprechender Einstellung können sie für Stromstärke und Spannung, sowie für verschiedene Messbereiche verwendet werden.



Grafik: Strommess01

Abb.: Messung der Stromstärke

3.6. Leistung und Arbeit

Die *elektrische Leistung* P ist abhängig von Stromstärke und Spannung. Sie wird in Watt [W] oder Kilowatt, [kW] angegeben.

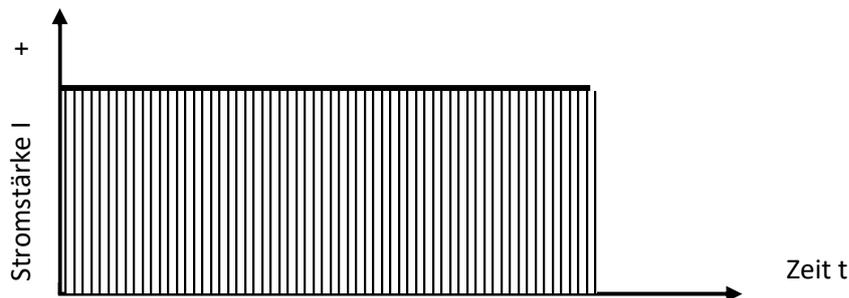
$$P = U \cdot I$$

Die *elektrische Arbeit* W ist Leistung während einer bestimmten Zeit und wird in Wattsekunden [Ws] bzw. Kilowattstunden angegeben [kWh].

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

3.7 Gleichstrom

Bewegen sich die Elektronen in einem Leiter immer in die gleiche Richtung spricht man von Gleichstrom. Dieser wird von einer Gleichspannung erzeugt, wie sie zB Batterien und Akkumulatoren, aber auch Solarzellen hervorrufen.

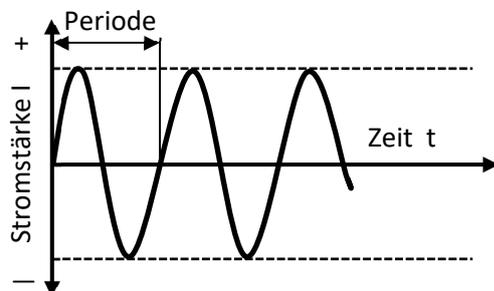


Grafik: Gleichstrom01

Abb.: Gleichstrom

3.8 Wechselstrom

Bei Wechselstrom schwingen die Elektronen im Leiter. Stromstärke und Stromrichtung ändern sich ständig. Die Zeit einer vollständigen Schwingung nennt man Periode. Die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde heißt Frequenz und wird in Hertz [Hz] angegeben.

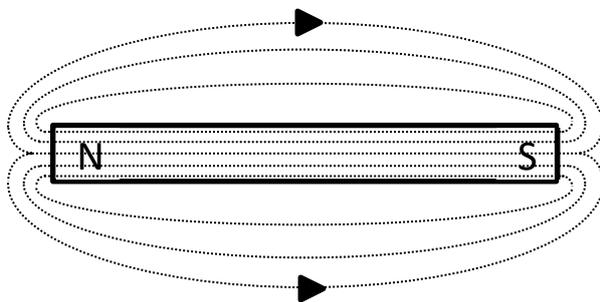


Grafik: Wechselstrom01

Abb.: Wechselstrom

3.9 Magnetismus

Der Magnetismus ist ein grundlegendes Naturphänomen. Ein Magnet ist ein Körper mit der Fähigkeit vor allem Eisen, Nickel oder Kobalt anzuziehen und festzuhalten. Magnete haben einen (magnetischen) Nord- und Südpol (N, S). An diesen Polen ist die Anziehungskraft am größten. Gleiche Pole (N-N) unterschiedlicher Magnete stoßen einander ab, unterschiedliche Pole (N-S) ziehen einander an. Ein Magnet hat um sich ein, durch magnetische Feldlinien dargestelltes, Magnetfeld, in dem magnetische Kräfte wirken. Je dichter die Feldlinien, desto stärker ist das Magnetfeld.

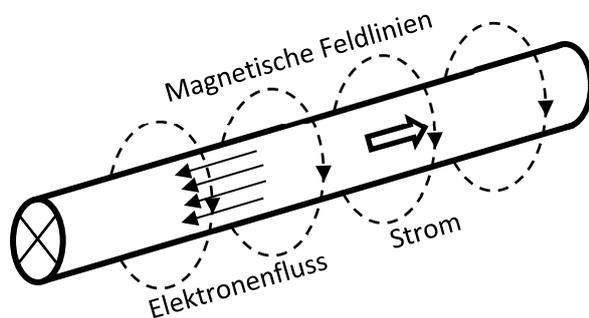


Grafik: Feldlinien01

Abb.: Feldlinien

3.9.1 Induktion

Um einen stromdurchflossenen Leiter baut sich ein Magnetfeld auf. Die magnetischen Feldlinien verlaufen kreisförmig um den Leiter herum.

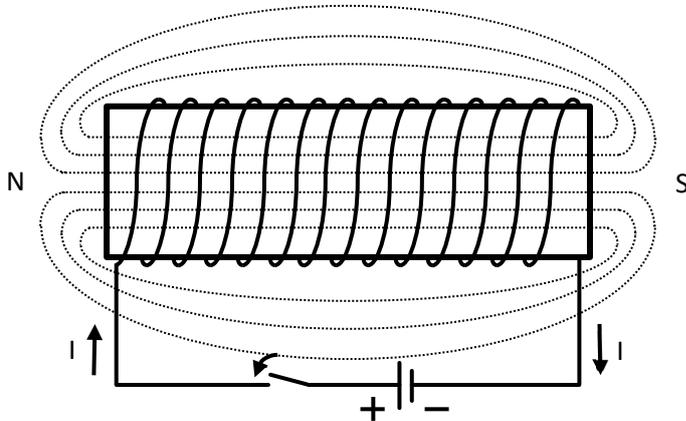


Grafik: Induktion01

Abb.: Induktion

Verstärkt wird die magnetische Wirkung, das heißt die Dichte der Feldlinien, durch eine stromdurchflossene Spule, in der sich ein Eisenkern befindet. Eine Spule mit

einem Weicheisenkern nennt man *Elektromagnet*. Seine magnetische Kraft ist umso größer je größer die Stromstärke des durch die Spule fließenden Stromes und je höher die Windungsanzahl der Spule ist.

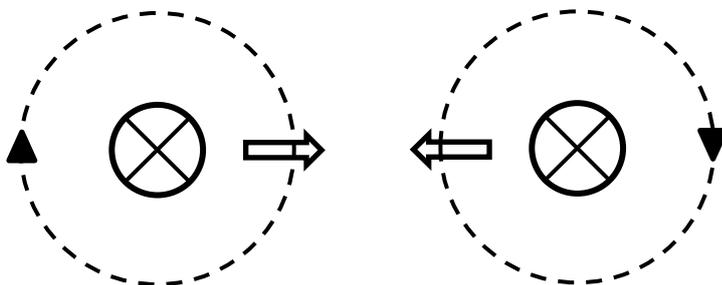


Grafik: Emagnet01

Abb.: Elektromagnet

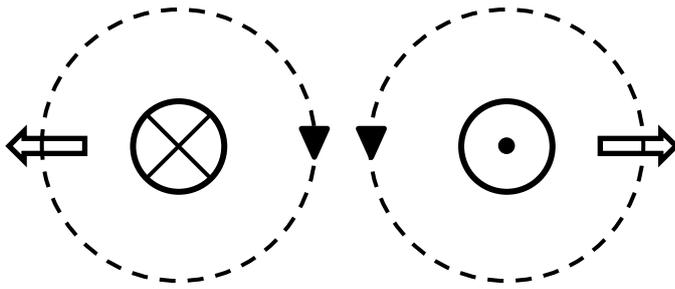
Elektromagnete sind wichtige Bauteile in vielen elektrischen Maschinen wie zB in Generatoren, Elektromotoren und elektromagnetischen Schaltern (Relais).

Die Magnetfelder zweier Leiter, die in gleicher Richtung von Strom durchflossen werden, bewirken, dass die Leiter einander anziehen. Werden zwei Leiter in entgegengesetzter Richtung von Strom durchflossen, stoßen die Magnetfelder die Leiter voneinander ab.



Grafik: Anziehung01

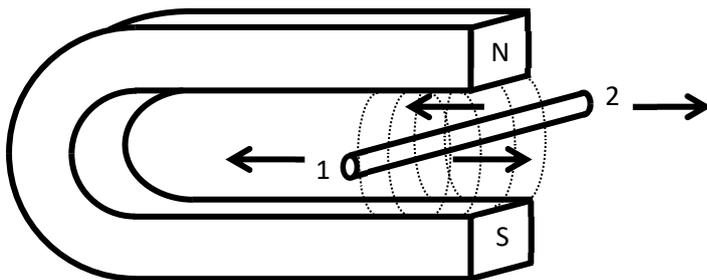
Abb.: Strom fließt in die gleiche Richtung - Anziehung



Grafik: Abstoßung01

Abb.: Strom fließt in entgegengesetzte Richtungen – Abstoßung

Bewegt sich ein elektrischer Leiter in einem Magnetfeld, entsteht in ihm eine Potentialdifferenz an den Leiterenden (1, 2). Man sagt in ihm wird Spannung induziert. Ebenso wird in einem Leiter, der sich in einem sich ändernden Magnetfeld befindet, Spannung induziert. Umgekehrt wird ein Leiter in einem Magnetfeld bewegt, wenn der ihn durchfließende Strom geändert wird oder sich das Magnetfeld ändert.



Grafik: Leitermagnetfeld01

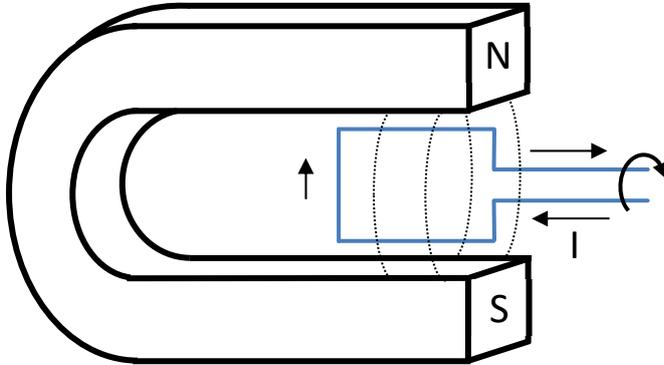
Abb.: Leiter in einem Magnetfeld

3.9.2 Funktionsprinzip eines Elektromotors (vereinfacht)

Wird ein elektrischer Leiter in einem Magnetfeld von Strom durchflossen wird er bewegt. Die Kraft, die diese Bewegung bewirkt, entsteht durch die Wechselwirkung des ursprünglichen Magnetfeldes mit dem Magnetfeld, welches der Leiter um sich aufbaut. Diese Kraft ist umso größer, je größer das Magnetfeld, je größer der Strom, sowie je länger der Leiter ist, der sich im Magnetfeld befindet. Das Magnetfeld kann durch Dauermagnete oder durch Elektromagnete erzeugt werden. Die Bewegungsrichtung hängt von der Feldrichtung des Magnetfeldes und von der Stromrichtung ab.

Linke-Hand-Regel (Motorregel)

Wird die Innenfläche der linken Hand zum magnetischen Nordpol und der Handrücken zum Südpol gehalten, und zeigen die gestreckten Finger in Stromrichtung, so zeigt der weggestreckte Daumen die Bewegungsrichtung an.



Grafik: Emotorprinzip01

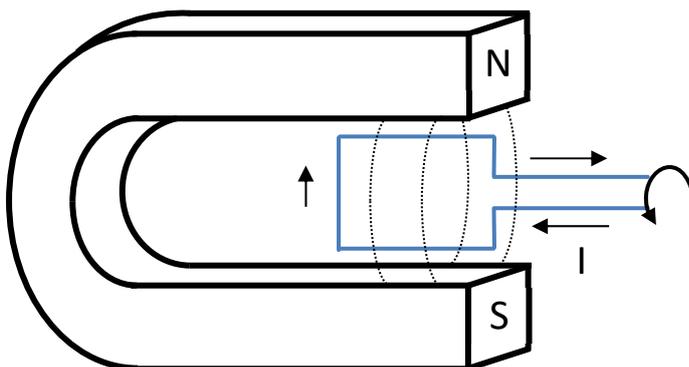
Abb.: Funktionsprinzip eines Elektromotors

3.9.3 Funktionsprinzip eines Generators (vereinfacht)

Wird ein elektrischer Leiter in einem Magnetfeld durch die magnetischen Feldlinien hindurchbewegt, wird an seinen Enden durch elektromagnetische Induktion Spannung erzeugt. Die erzeugte Spannung ist umso größer je dichter die magnetischen Feldlinien sind, je schneller die Bewegung durch diese Feldlinien hindurch stattfindet und je länger der Leiter ist. Das Magnetfeld kann durch Dauermagnete oder durch Elektromagnete erzeugt werden. Der Leiter (Anker) wird durch einen Motor direkt gedreht oder über ein Getriebe angetrieben.

Rechte-Hand-Regel (Generatorregel)

Wird die Innenfläche der rechten Hand zum magnetischen Nordpol und der Handrücken zum Südpol gehalten, und der weggestreckte Daumen in Bewegungsrichtung, so zeigen die gestreckten Finger die Stromrichtung an.

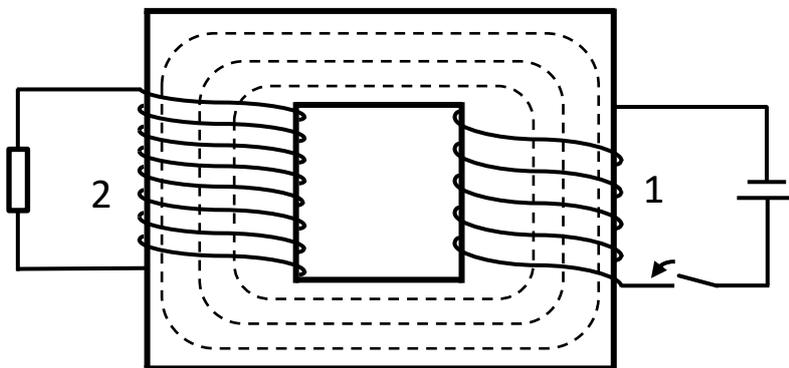


Grafik: Generatorprinzip01

Abb.: Funktionsprinzip eines Generators

3.9.4 Funktionsprinzip eines Transformators

Ein Transformator dient der Umwandlung elektrischer Wechselspannung. Er besteht aus zwei Spulen die einen Transformator Kern umschließen. Wird der Schalter geschlossen entsteht durch die Primärspule (1) im Transformator Kern ein Magnetfeld das in der Sekundärspule (2) eine Spannung induziert. Die durch Induktion in der Sekundärspule entstehende Spannung ist umso größer je stärker das magnetische Feld ist, je rascher sich die magnetischen Feldlinien ändern und je höher die Windungszahl der Spule ist. Bei Gleichspannung in der Primärspule (1) entsteht die Änderung des Magnetfeldes nur wenn der Schalter geöffnet bzw geschlossen wird. Ist aber an der Primärspule Wechselspannung angelegt, ändert sich das Magnetfeld und damit auch die Sekundärspannung ständig. Diese Spannung kann auf einen Verbraucher abgestimmt werden.



Grafik: Transformator01

Abb.: Transformator

N_1 ... Windungszahl der Primärspule

N_2 ... Windungszahl der Sekundärspule

$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$ und da, wenn man von Verlusten absieht P_1 gleich P_2 sein muss, P aber $U \cdot$

I ist, ergibt sich $U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$ und damit nach entsprechender Umformung $\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1}$

Es gilt daher $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$ und damit kann man mit einem Transformator, durch Abstimmung der Windungszahlen die für einen Verbraucher passende Spannung bzw Stromstärke erzeugen.

Elektrik Aufgaben

1) In welchen Einheiten wird die elektrische Spannung gemessen?

- a Ampere A
- b Amperestunden Ah
- c Volt V
- d Galvan G

2) Das Ohm'sche Gesetz beschreibt....(vervollständige den Satz durch Markieren der richtigen Zeile)

- a Schutzbestimmungen beim Hantieren mit Strom
- b den Zusammenhang von elektrischer Leistung und Stromstärke
- c das Verhältnis von elektrischer Leistung und Widerstand
- d Den Zusammenhang zwischen Spannung, Stromstärke und Widerstand

3) Am Minuspol einer Spannungsquelle herrscht (vervollständige den Satz durch Markieren der richtigen Zeile)

- a Protonenüberschuss
- b Elektronenmangel
- c Elektronenüberschuss
- d elektrische Ladungsgleichheit

4) Bei einer Reihenschaltung von Widerständen sind die einzelnen Widerstände im Stromkreis..... (vervollständige den Satz durch Markieren der richtigen Zeile)

- a nebeneinander angeordnet
- b verkehrt proportional zur Stromstärke angeordnet
- c proportional zur Stromstärke angeordnet
- d hintereinander angeordnet

5) In einem Stromkreis befindet sich eine Spannungsquelle mit 12 V und ein Verbraucher mit einem Widerstand von 8 Ω . Welche Stromstärke ergibt sich in diesem Stromkreis?

- a 1,5 Ampere A
- b 1,5 Amperestunden Ah

- c 96 Ampere A
- d 9,6 Ohmvolt ΩV

6) In einem Stromkreis befinden sich zwei Widerstände, jeder mit 10 Ohm, parallel zueinander angeordnet. Wie groß ist der Gesamtwiderstand?

- a $\frac{1}{5} \Omega$
- b 5Ω
- c 20Ω
- d $\frac{1}{10} \Omega$

7) In einem Stromkreis befinden sich zwei Widerstände, R1 mit 5 Ω und R2 mit 8 Ω , in Serie zueinander angeordnet. Wie groß ist der Gesamtwiderstand?

- a 40 Ampere A
- b 40 Ohm Ω
- c 13 Ohm Ω
- d 1,6 Ohm Ω

8) Wie hoch ist die Spannung von vier in Reihe aneinander geschlossene 3 Volt Batterien?

- a ca. 1,33 V
- b $\frac{3}{4} V$
- c 7 V
- d 12 V

9) In welchen Einheiten wird die Kapazität eines Akkumulators angegeben?

- a Amperestunden Ah
- b Kilowattstunden kWh
- c Amperevolt AV
- d Kilowatt kW

10) In welchen Einheiten wird die elektrische Leistung angegeben?

- a Hertz Hz
- b Volt V

- c Watt W
- d Newtonmeter Nm

11) Was versteht man unter dem Piezo-Effekt?

- a Die Eigenschaft mancher Kristalle bei Zug- oder Druckbeanspruchung geringe Spannung entstehen zu lassen
- b Die Eigenschaft mancher Kristalle bei Temperaturzunahme den elektrischen Widerstand kleiner werden zu lassen
- c Die Eigenschaft mancher Kristalle bei Lichteinfall den elektrischen Widerstand größer werden zu lassen
- d Das Sättigungsgefühl nach dem Verzehr einer Pizza

12) Wie wird die Spannung in einem Stromkreis gemessen?

- a Das Amperemeter muss mit dem Widerstand in Reihe geschaltet werden
- b Das Amperemeter muss parallel zum Widerstand geschaltet werden
- c Das Voltmeter muss parallel zum Widerstand geschaltet werden
- d Das Voltmeter muss mit dem Widerstand in Serie geschaltet werden

13) Was versteht man unter Frequenz?

- a Unter Frequenz versteht man die Spannung
- b Unter Frequenz versteht man die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde
- c Unter Frequenz versteht man die Drehzahl eines Elektromotors
- d Unter Frequenz versteht man die Wellenlänge einer Schwingung

14) Eine stromdurchflossene Spule in der sich ein Weicheisenkern befindet nennt man?

- a Schwingkreis
- b Verstärker
- c Elektromagnet
- d Kernspeicher

15) Werden zwei parallel liegende Leiter in gleicher Richtung von Strom durchflossen so(vervollständige den Satz durch Markieren der richtigen Zeile)

- a ziehen die Leiter einander an

- b stoßen die Leiter einander ab
- c drehen sich die Leiter in entgegengesetzte Richtung
- d drehen sich die Leiter in gleiche Richtung

16) Was versteht man unter einem Transformator?

- a Ein Transformator erzeugt aus einer Drehbewegung Strom
- b Ein Transformator wandelt elektrische Wechselspannung um
- c Ein Transformator wandelt elektrische Gleichspannung um
- d Ein Transformator ist ein tragbares Notstromaggregat

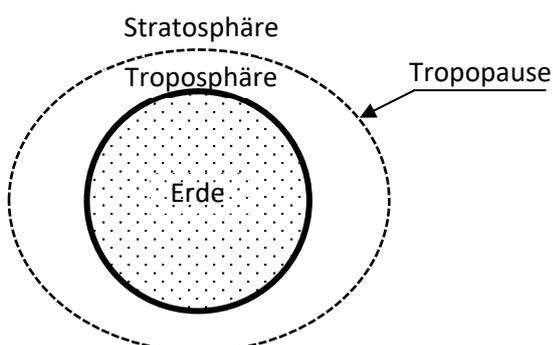
1L.4 Aerodynamik/ Aerostatik

Unter Aerodynamik versteht man jenen Teil der Strömungslehre, welcher das Verhalten von Körpern in der Luft beschreibt. Dabei können sich der Körper oder die Luft oder beide bewegen. Entscheidend für auftretende Kräfte ist die Relativbewegung.

Aerostatik (Aerostatics Effect on envelopes, wind effect, altitude and temperature effects) beschäftigt sich mit Luftfahrzeugen deren Dichte geringer als die Dichte der Luft ist und die daher den statischen Auftrieb nutzen. Mit zB Helium gefüllte Ballone und Luftschiffe sind Anwendungen dieses Dichteunterschiedes. Die geringere Dichte von heißer Luft (gegenüber der kälteren Umgebungsluft) wird von Heißluftballonen genutzt. Die mögliche Nutzlast eines Heißluftballons ist daher bei kalter Umgebungsluft höher als an warmen Sommertagen. Heißluftballone haben einen großen Durchmesser und bieten daher Wind und Luftturbulenzen eine große Angriffsfläche. Dies kann bei Start und Landung zum Schleifen des Nutzlastkorbes am Boden führen oder eine Verformung des Ballons mit Verlust von heißem Gas (und damit Auftrieb) bewirken.

4.1. Internationale Standardatmosphäre (ISA) [International Standard Atmosphere \(ISA\)](#)

Die Atmosphäre ist die Gashölle, welche die Erde umgibt. Bis etwa 90 km Höhe besteht sie hauptsächlich aus ca. 78 % Stickstoff (N), 21% Sauerstoff (O) etwas Argon (Ar), Wasserdampf (H₂O) und Kohlendioxid (CO₂), sowie einigen Verunreinigungen. Ihre erdnahe Schicht, in der sich das Wettergeschehen abspielt, ist die *Troposphäre*. Diese ist an den Polen etwa 7 km, am Äquator etwa 17 km hoch. Die Grenze zur darüber liegenden Stratosphäre nennt man Tropopause.



Grafik: Troposphaere01

Abb.: Troposphäre

Das Wetter in der Troposphäre wird durch die Sonneneinstrahlung und den Wassergehalt in der Luft bestimmt. Je wärmer die Luft ist, desto mehr Wasser kann sie aufnehmen. Der Luftdruck ist das Ergebnis des Gewichtes der Luft über dem Beobachtungspunkt, daher nimmt der Luftdruck mit zunehmender Höhe ab. Ebenso nimmt die Temperatur in der Troposphäre mit zunehmender Höhe ab.

Die charakteristischen Zustandsgrößen, wie Temperatur, Druck, Dichte und Wassergehalt der Luft in der Troposphäre sind, vor allem durch Wettererscheinungen, starken zeitlichen und örtlichen Schwankungen unterworfen. Um einheitliche Bezugsgrößen für Messungen und Vergleiche von Motorleistungen und Instrumentenanzeigen verwenden zu können, wurde die internationale Normatmosphäre (International Standard Atmosphere, ISA) festgelegt. Ihre wichtigsten Größen auf mittlerem Meeresniveau sind:

Luftdruck p_0 1013,25 Hektopascal [hPa] (29,92 inHg)

Lufttemperatur T_0 15 °C (288,15 K; 59°F)

Luftdichte ρ_0 1,225 kg/m³

Gravitation g 9,80665 m/s²

Die relative Luftfeuchtigkeit beträgt 0%

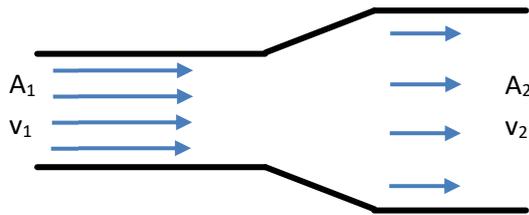
Die Temperatur nimmt in der Troposphäre mit zunehmender Höhe um 6,5 K pro 1000 m ab.

Für die Höhe $H = 0$ m verwendet man gelegentlich anstelle des Ausdruckes mittleres Meeresniveau oder mittlere Meereshöhe auch die englischen Begriffe Mean Sea Level, MSL oder (ungenau) die Bezeichnung Normal Null, NN.

4.2 Grundlagen der Unterschallströmung

4.2.1 Kontinuitätsgleichung

Wenn Energie weder zu- noch abgeführt wird, verhalten sich die Strömungsgeschwindigkeiten einer Flüssigkeit umgekehrt proportional zu den Querschnitten. Da bei zunehmender Geschwindigkeit des Strömungsmediums der Druck sinkt, gilt dies für komprimierbare Gase nur bei geringen Geschwindigkeiten, solange die Änderung der Dichte vernachlässigt werden kann.



Grafik: Kontigl01

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

Abb.: Kontinuitätsgleichung

Die Gesamtenergie bleibt konstant. Wenn die Geschwindigkeitsenergie (E_{Kin}) größer wird muss die Druckenergie (E_{Druck}) kleiner werden. (Änderungen der Energie der Lage E_{Pot} , sind in diesem Zusammenhang Null oder unbedeutend, da sich Ein- und Ausströmquerschnitt auf gleicher Höhe befinden)

$$E_{ges} = E_{Kin} + E_{Druck}$$

Die kinetische Energie eines Strömungsmediums hängt von seiner Masse und von seiner Geschwindigkeit ab. Besonders groß (quadratisch) ist der Einfluss der Geschwindigkeit.

$$E_{Kin} = \frac{mv^2}{2}$$

Betrachtet man die kinetische Energie eines Kubikmeters des Strömungsmediums ergibt sich, da die Dichte $\rho = \frac{m}{V}$ ist:

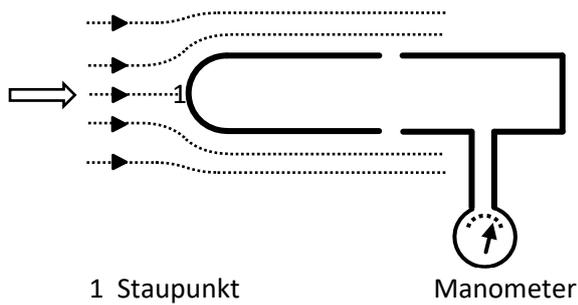
$$\frac{E_{Kin}}{V} = \frac{mv^2}{V \cdot 2} = \frac{\rho v^2}{2} = q$$

Der Staudruck q ist der Druck auf Grund der Geschwindigkeit. Man nennt ihn auch dynamischen Druck. Er wird in N/mm^2 gemessen und man fühlt ihn, wenn man zB die Handfläche in eine Luftströmung hält. Es gilt:

$$p_{ges} = q + p_{stat}$$

Unter den genannten Voraussetzungen ($E_{ges} = \text{const.}$, $H = \text{const.}$, $\rho = \text{const.}$) ist in einem strömenden Medium der Gesamtdruck p_{ges} die Summe aus Staudruck q und statischem Druck p_{stat} .

4.2.2 Statische Drucksonde:

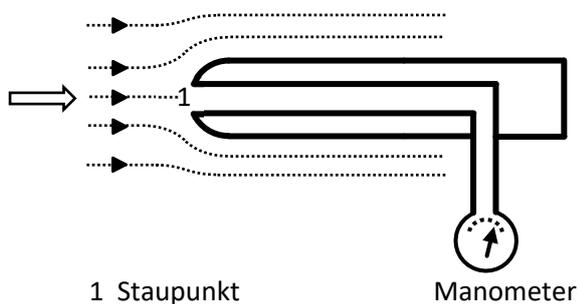


Grafik: Drucksonde01

Abb.: Statische Drucksonde

Durch Öffnungen im Mantel der Drucksonde wird der statische Druck gemessen und mit einem Manometer (Druckmessgerät) angezeigt.

4.2.3 Pitot-Rohr

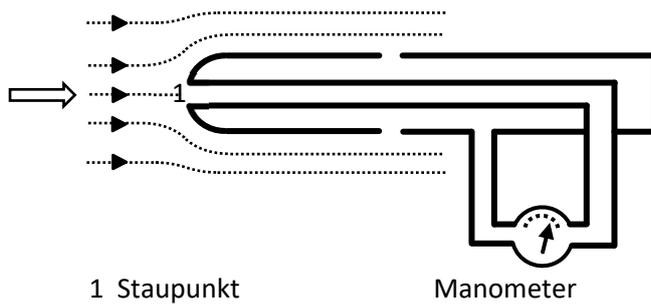


Grafik: Pitot01

Abb.: Pitot-Rohr

Bei einem Pitot-Rohr befindet sich die Öffnung im Staupunkt und misst daher den Gesamtdruck.

4.2.4 Prandtl'sches Staurohr

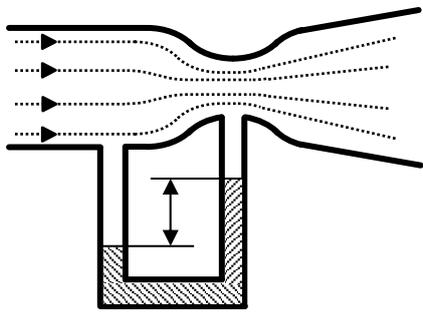


Grafik: Prandtl01

Abb.: Prandtl'sches Staurohr

Im Prandtl'schen Staurohr wird sowohl der Gesamtdruck als auch der statische Druck abgenommen. Die Differenz ist der Staudruck und ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit.

4.2.5 Venturi-Rohr



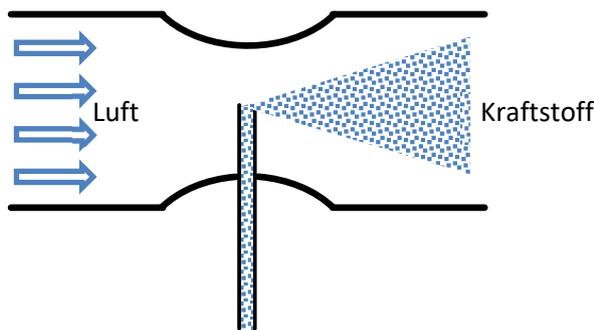
Grafik: Venturi01

Abb.: Venturi-Rohr

Im engsten Querschnitt eines Venturi-Rohres herrscht ein geringerer Druck als in den größeren Querschnitten. Dieser Druckunterschied kann durch eine Flüssigkeitssäule dargestellt werden. Eine praktische Anwendung ist zB ein Vergaser. Hier wird der Unterdruck zur Zerstäubung des Kraftstoffes genutzt. Der von einem Venturi-Rohr erzeugte Unterdruck kann auch für andere Instrumente verwendet werden. Alle Druckmesssonden messen nur dann genau, wenn sie sauber, das heißt für Luftfahrzeuge vor allem frei von Insekten, sind. Heizmöglichkeiten schützen vor Eisbildung.

4.2.6 Exkurs Vergaser

In einem Vergaser wird Luft beschleunigt und der statische Druck sinkt. Dadurch wird Kraftstoff angesaugt und zerstäubt. Die Kraftstofftröpfchen verdampfen und entziehen dabei der Umgebung Wärme. Das kann dazu führen, dass die Feuchtigkeit der Luft gefriert und die Eisbildung die Funktion des Vergasers beeinträchtigt.



Grafik: Vergaser01

Abb.: Vergaser

4.3 Luftströmung (Aerodynamic)

Für aerodynamische Überlegungen ist es egal, ob sich ein Körper in der Luft bewegt oder von Luft angeströmt wird. Entscheidend ist die Relativbewegung zwischen Luft und Körper. Grafisch dargestellt wird eine Luftströmung indem man den Weg einzelner Luftteilchen durch Strömungslinien symbolisiert. Wird ein Körper von Luft angeströmt, entsteht eine Kraft, die der Bewegungsrichtung entgegenwirkt. Diese Kraft heißt Luftwiderstand F_w . Sie hängt von vielen Faktoren, wie Geschwindigkeit, Reibung, Druckverhältnisse an der Körperoberfläche usw. ab.

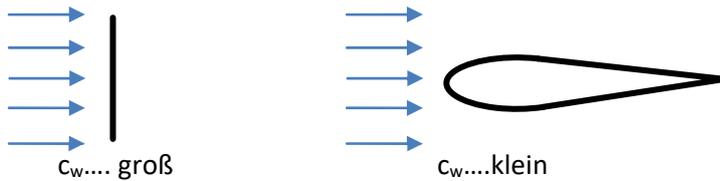
$$F_w = c_w \cdot q \cdot A$$

F_w Luftwiderstandskraft

c_w Luftwiderstandsbeiwert, durch ihn wird die Form und die Oberflächenrauigkeit des angeströmten Körpers berücksichtigt.

q Staudruck

A Querschnittsfläche quer zur Strömungsrichtung

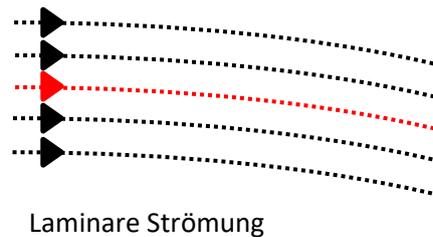


Grafik: cw01

Abb.: Luftwiderstand

4.3.1 Laminare Luftströmung (Laminar flow)

In laminarer Luftströmung bewegen sich die Luftteilchen in Bewegungsrichtung ohne sich mit benachbarten Luftteilchen zu mischen, dadurch ist die Reibung zwischen den Luftteilchen gering. Laminare Strömungen haben daher einen geringen Strömungswiderstand und treten vor allem bei geringen Strömungsgeschwindigkeiten auf.

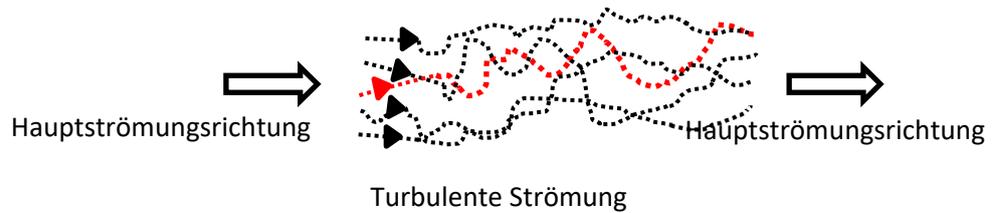


Grafik: laminar01

Abb.: Laminare Strömung

4.3.2 Turbulente Luftströmung (Turbulent flow)

In turbulenter Luftströmung bewegen sich die Luftteilchen auch quer zur Hauptströmungsrichtung. Die strömenden Teilchen vermischen sich untereinander. Turbulente Strömungen haben einen größeren Strömungswiderstand.



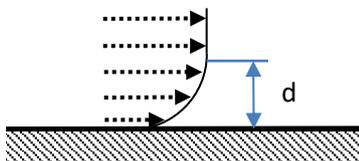
Grafik: turbulent01

Abb.: Turbulente Strömung

4.3.3 Grenzschicht (*Boundary layer*)

Luftströmungen liegen an Rohrwänden oder anderen Begrenzungsflächen wie zB der Flugzeugoberfläche an. Auf Grund der Reibung strömt die Luft in Wandnähe langsamer. Es bildet sich eine Grenzschicht. Ihre Dicke hängt unter anderem von der Rauigkeit der Begrenzungsfläche ab.

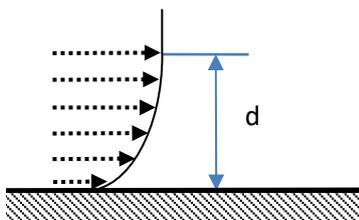
d....Dicke der Grenzschicht bei laminarer Strömung



Grafik: Grenzlam01

Abb.: Grenzschicht laminar

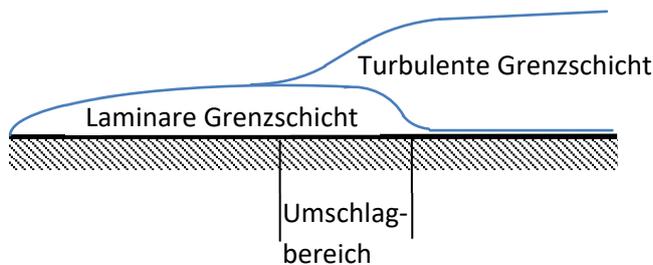
d....Dicke der Grenzschicht bei turbulenter Strömung



Grafik: Grenztur01

Abb.: Grenzschicht turbulent

Strömt Luft laminar entlang einer Begrenzungsfläche, so nimmt auch die Dicke der Grenzschicht der laminaren Strömung zu. Nach einer bestimmten Strecke wird die Strömung unruhig und schlägt in turbulente Strömung um.

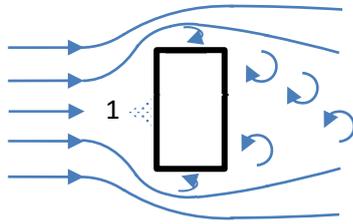


Grafik: Grenzumschlag01

Abb.: Grenzschichtumschlag

Oberflächenrauigkeiten wirken sich bei dünnen Grenzschichten besonders ungünstig aus. Daher ist es wichtig den vorderen Bereich einer Tragfläche besonders glatt zu gestalten. Wie weit die Luft laminar strömt hängt (vereinfacht) von der Reibung der Luftteilchen aneinander und an der Oberfläche der Begrenzung ab. Wegen des hohen Strömungswiderstandes versucht man turbulente Strömungen, zB durch Einblasen energiereicher laminarer Strömung oder durch Absaugen der unruhigen Grenzschicht, zu vermeiden.

4.3.4 Umströmung eines Körpers (Airflow around a body)

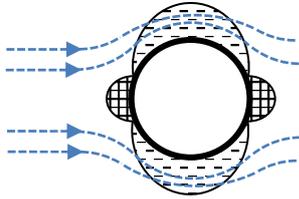


Grafik: Umstroem01

Abb.: Umströmung

Strömt Luft an einen Körper heran, ändern die Stromlinien schon vor dem Körper ihre Richtung. Nur die im Staupunkt auftreffende Stromlinie weicht nicht aus. Im Staupunkt ist die Geschwindigkeit und der Staudruck Null $v = 0$, $q = 0$. Der statische Druck entspricht dem Gesamtdruck. An Kanten lösen sich die Stromlinien von der Oberfläche des Körpers. In den Ablösungsgebieten treten Wirbel auf. Um sie gering zu halten werden Kanten abgerundet, abrupte Querschnittsänderungen vermieden **und** wenn möglich erhalten Körper eine "windschnittige" Form oder werden strömungsgünstig verkleidet.

Betrachtet man einen umströmten Körper mit kreisförmigem Querschnitt so erkennt man, dass in Gebieten mit höherer Strömungsgeschwindigkeit der statische Druck geringer, in Gebieten mit geringeren Strömungsgeschwindigkeiten, zB im Bereich des Staupunktes, der statische Druck höher sein muss. In reibungsfreien Strömungsmedien ergibt sich für einen kreisförmigen Querschnitt ein symmetrisches Bild.

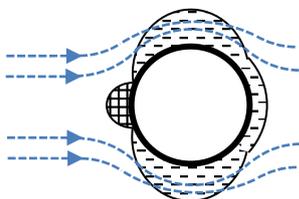


-  Gebiete erhöhten Druckes
-  Gebiete verringerten Druckes

Grafik: Druckkreis01

Abb.: Druckverteilung bei kreisförmigem Querschnitt

Unter praktischen Bedingungen löst sich die Strömung auf der abströmenden Seite ab, es entstehen Wirbel und die Druckverteilung wird ungleichmäßig. Der Druck auf der Anströmseite ist größer als der Druck auf der Abströmseite. Die resultierende Kraft auf Grund dieses Druckunterschiedes nennt man Druckwiderstand. Sie muss überwunden werden, wenn sich der umströmte Körper gegen die Luftströmung bewegt.

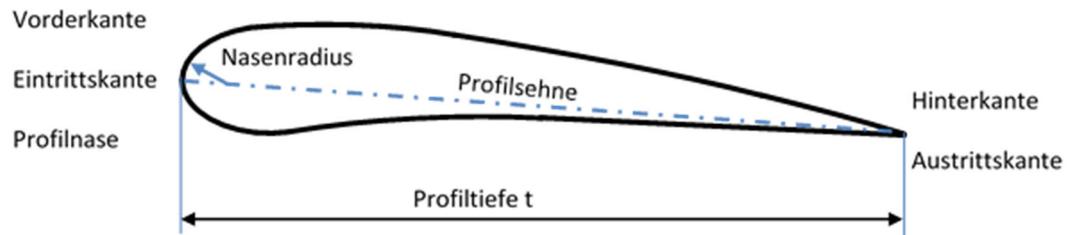


-  Gebiete erhöhten Druckes
-  Gebiete verringerten Druckes

Grafik: Druckprakt01

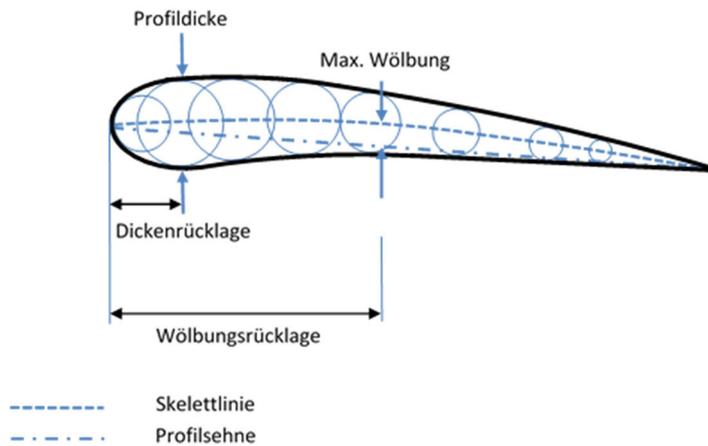
Abb.: Praktische Druckverteilung bei kreisförmigem Querschnitt

4.3.5 Begriffe zur Geometrie eines Profils, Anstellwinkel (Angle of attack)



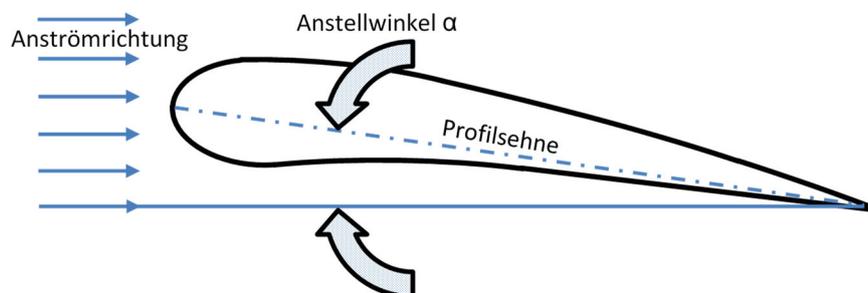
Grafik: Begriffprof01

Abb.: Profilbegriffe



Grafik: Dickrueck01

Abb.: Dicken- und Wölbungsrücklage



Grafik: Anstell01

Abb.: Anstellwinkel

Die Profilsehne s (engl. chord) ist die gerade Verbindung zwischen Vorderkante und Hinterkante. Die Skelettlinie (engl. camber) ist die Verbindung der Mittelpunkte der

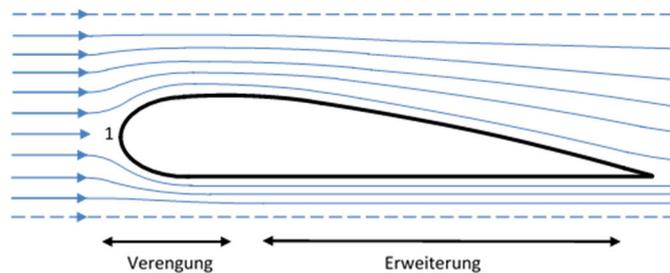
eingeschriebenen Kreise. Den Winkel zwischen Profelsehne und Anströmrichtung nennt man Anstellwinkel α (angel of attack).

Vorderkante (engl. leading edge)

Hinterkante (engl. trailing edge)

Profiltiefe t (engl. chord length)

4.3.6 Umströmung eines Tragflügelprofils (*Generation of lift and drag*)

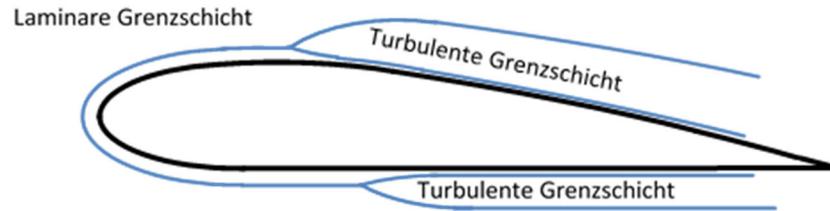


Grafik: Umstrtrag02

Abb.: Umströmung eines Tragflügelprofils

Die Luft strömt laminar an. Durch den umströmten Körper werden die Stromlinien in der Nähe des Profils in ihrer Richtung abgelenkt. Die vom Körper weit entfernten Stromlinien (strichliert) erfahren keine Ablenkung. Betrachtet man nun die Profiloberseite und die geradlinige Strömung oberhalb des Profils, erkennt man, dass sich der Strömungsquerschnitt verengt und ab der größten Profildicke wieder erweitert. Im sich verengenden Querschnitt nimmt die Geschwindigkeit zu, der statische Druck sinkt. Im sich erweiternden Querschnitt verringert sich die Geschwindigkeit und der Druck steigt wieder. Wäre die Strömung reibungsfrei, würde die Zunahme der kinetischen Energie in der Verengung ausreichen, um den Druckanstieg zwischen engstem Querschnitt und Austrittskante zu überwinden.

Grenzschichten an einem Tragflügelprofil

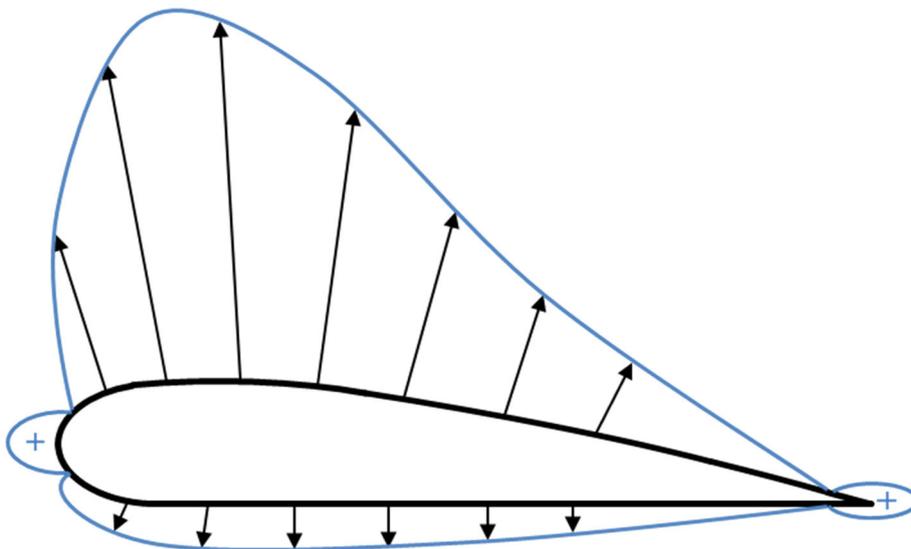


Grafik: Grenztrag01

Abb.: Grenzschicht an einem Tragflügelprofil

Die Oberseite eines Tragflügelprofils ist gewöhnlich stärker gekrümmt als die Unterseite. Daher liegt der Übergangsbereich von laminarer in turbulente Grenzschicht an der Profiloberseite gewöhnlich weiter vorne. Die laminare Grenzschicht hat eine deutlich geringere Reibung als die turbulente. Man versucht daher den Umschlagpunkt an Tragflächen möglichst weit nach hinten zu verlegen um den Reibungswiderstand gering zu halten.

4.3.7 Druckverteilung am Profil, Auftrieb und Widerstand (Generation of lift and drag)



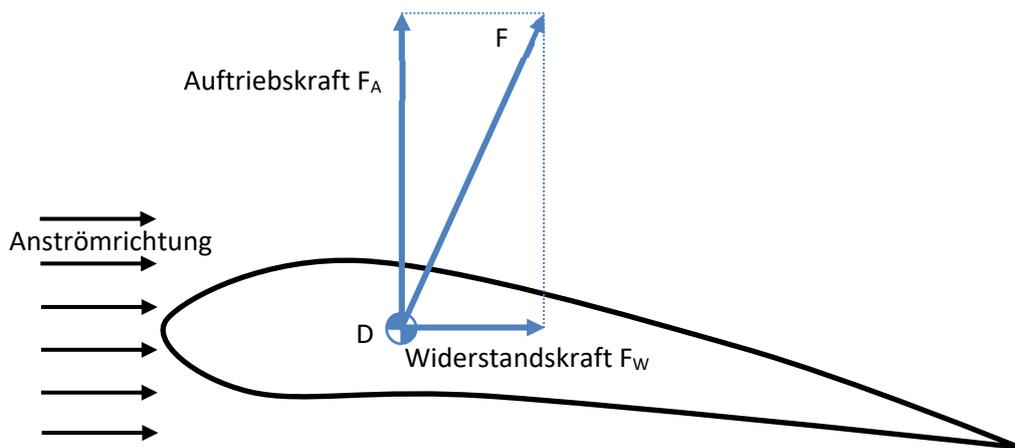
Grafik: Drucktrag01

Abb.: Druckverteilung

Bei einem Profil dessen Oberseite stärker gekrümmt ist als seine Unterseite wird die Luft oberhalb stärker beschleunigt als unterhalb. Daher sinkt der Druck oberhalb des Profils wesentlich stärker als unterhalb. Die Umströmung von Flugzeugtragflächen

bewirkt sozusagen, dass ein Flugzeug nach oben „gesaugt“ wird. In den Bereichen um Vorder- und Hinterkante befinden sich kleine Gebiete erhöhten Druckes. Form und Größe der Druckverteilung am Profil hängen von der Form des Profils und von der Anströmrichtung, d.h. vom Anstellwinkel α ab. Symmetrische Profile die in Sehnenrichtung ($\alpha = 0$) angeströmt werden, haben eine symmetrische Druckverteilung.

Aus der dargestellten Druckverteilung ergibt sich eine am Profil im sogenannten Druckpunkt angreifende resultierende Luftkraft. Sie kann in zwei Kräfte zerlegt werden. Die Auftriebskraft F_A wirkt senkrecht und die Widerstandskraft F_W parallel zur Strömungsrichtung.



F.... resultierende Strömungskraft

 Druckpunkt D

Grafik: Luftkraefte01

Abb.: Luftkräfte

$$F_A = c_a \cdot q \cdot A$$

F_AAuftriebskraft

c_aAuftriebsbeiwert, dimensionslos, abhängig von Form, Oberflächengüte und Anstellwinkel

qStaudruck ($q = \frac{\rho v^2}{2}$) d.h. von Luftdichte und besonders von der Geschwindigkeit abhängig.

A Fläche des Tragflügels normal zur Auftriebskraft (Flügelgrundfläche)

$$F_W = c_w \cdot q \cdot A$$

F_w ...Widerstandskraft

c_w ...Widerstandsbeiwert, dimensionslos, abhängig von Form, Oberflächengüte und Anstellwinkel

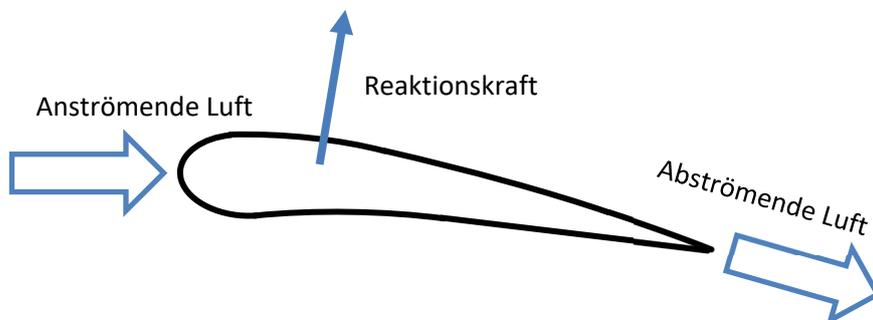
q ...Staudruck ($q = \frac{\rho v^2}{2}$) d.h. von Luftdichte und besonders von der Geschwindigkeit abhängig.

A ... Fläche des Tragflügels (Flügelgrundfläche)

Für Auftriebskörper (Tragflächen, Leitwerk) wird auch zur Ermittlung der Widerstandskraft F_w die Flügelgrundfläche herangezogen.

Auftrieb und Widerstand eines Profils sind daher abhängig von der Profilform, seiner Oberfläche, der Luftdichte und der Anströmrichtung, sowie besonders von der Strömungsgeschwindigkeit. Für einen ganzen Tragflügel natürlich auch von dessen Abmessungen.

Es gibt auch andere Erklärungsmodelle für die Entstehung des Auftriebs. Eine davon ist die Erklärung mit Hilfe des dritten Newton'schen Grundgesetzes. Wirkt ein Körper auf einen anderen Körper eine Kraft aus (Aktion), so wirkt eine gleich große, aber entgegen gerichtete Kraft auf den Körper zurück (Reaktion). Die Tragfläche wirkt auf die strömende Luft und lenkt sie aus ihrer Richtung ab. Als Reaktionskraft wirkt die Luft auf die Tragfläche.



Grafik: Reaktion01

Abb.: Auftrieb als Reaktionskraft

[4.3.8 Die Kräfte am Flugzeug \(Thrust, weight, aerodynamic resultant\)](#)

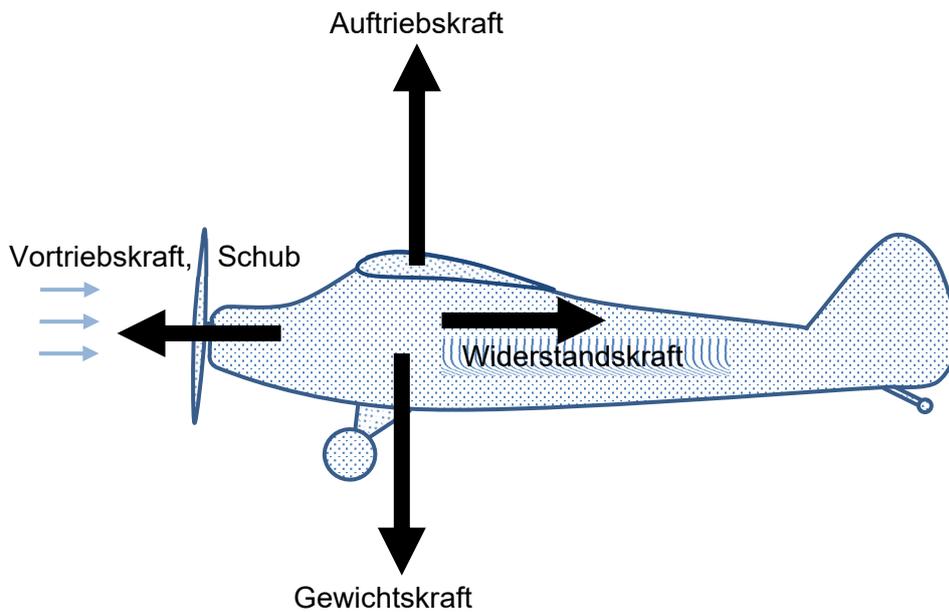
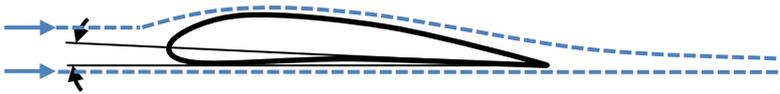


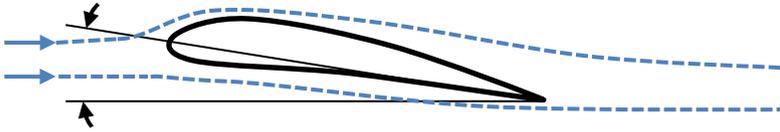
Abb.: Kräfte am Flugzeug

4.4 Polardiagramm, Strömungsabriss (Polar curve, stall)

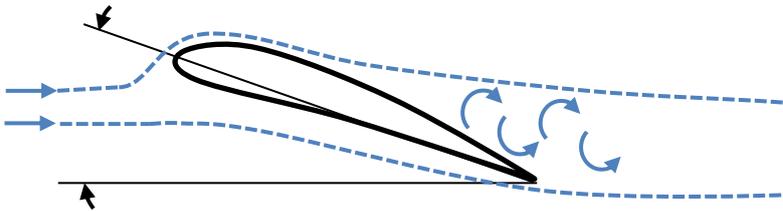
Zur Beschreibung der Eigenschaften einer Profilform betrachtet man die Änderungen von Auftriebs- und Widerstandsbeiwert (c_a und c_w) bei unterschiedlichen Anstellwinkeln α . Mit zunehmendem Anstellwinkel wird Auftrieb und Widerstand steigen. Ab einem bestimmten Anstellwinkel beginnt sich die Luftströmung von der Profilerseite abzulösen. Man spricht von einem Strömungsabriss oder Stall.



Kleiner Anstellwinkel, geringer Auftrieb, geringer Widerstand



Größerer Anstellwinkel, größerer Auftrieb, größerer Widerstand



Zu großer Anstellwinkel, kaum Auftrieb, großer Widerstand

Abb.: Strömungsabriss bei zu großem Anstellwinkel

Der Auftriebsbeiwert c_a soll möglichst groß, der Widerstandsbeiwert c_w möglichst klein sein. Besonderes Augenmerk gilt daher dem Verhältnis von $\frac{c_w}{c_a}$.

4.4.1 Aufgelöstes Polardiagramm

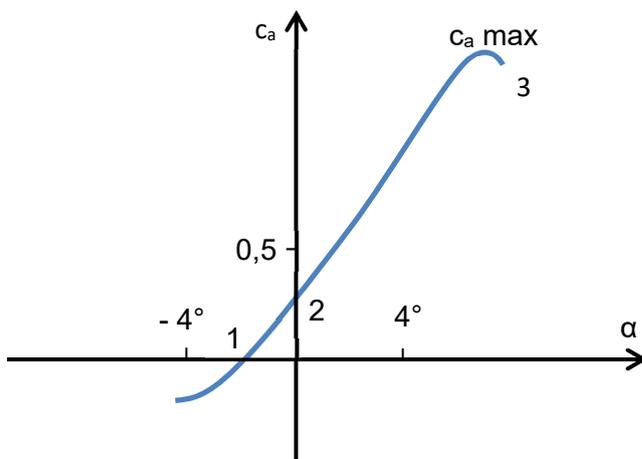


Abb.: Aufgelöstes Polardiagramm $c_a - \alpha$

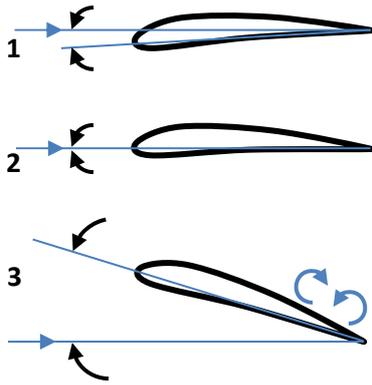
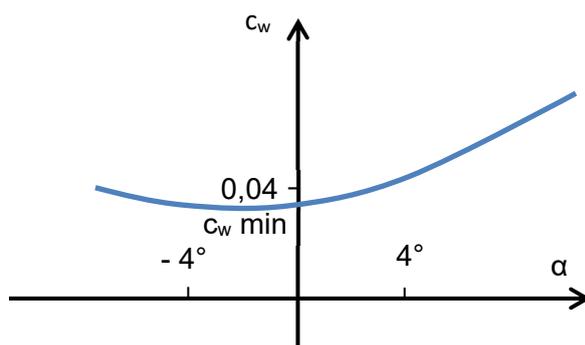


Abb.: Anstellwinkelvergrößerung (symbolisch)

Schematische Darstellung von c_a bei unterschiedlichen Anstellwinkeln: Bei 1 ist trotz negativem Anstellwinkel $c_a = 0$, offenbar ist die Profilerseite stärker gekrümmt. Bei 2 ist trotz Anstellwinkel $\alpha = 0$ c_a schon deutlich positiv. Bei höheren Anstellwinkeln als bei $c_a \text{ max}$, fällt c_a stark ab.



Grafik: Polarcw01

Abb.: Aufgelöstes Polardiagramm $c_w - \alpha$

Schematische Darstellung von c_w bei unterschiedlichen Anstellwinkeln: Für das dargestellte Profil ist $c_w \text{ min}$ bei geringfügig negativem Anstellwinkel α .

4.4.2 Lilienthalsches Polardiagramm

Auf Otto Lilienthal (1848 - 1896), einen deutschen Flugpionier, geht die Darstellung von c_a über c_w und die Eintragung des zugehörigen Anstellwinkels auf dem entstehenden Graph zurück. Das Lilienthalsche Polardiagramm zeigt das Verhältnis von $\frac{c_a}{c_w}$ bei veränderlichem Anstellwinkel α .

Grafik: Lilienthal01

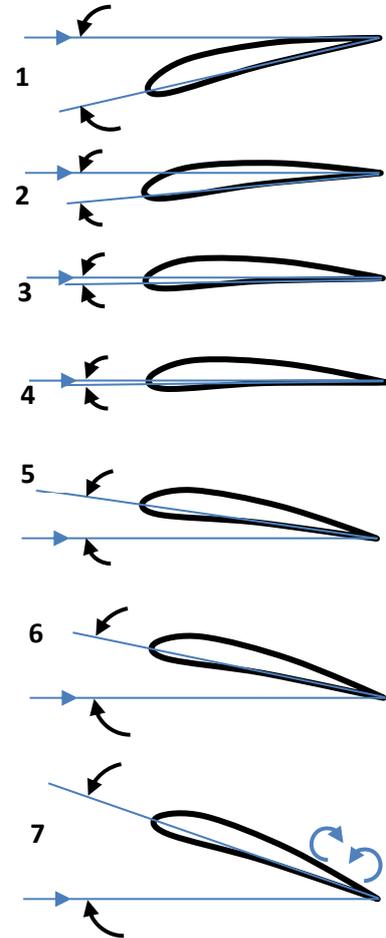
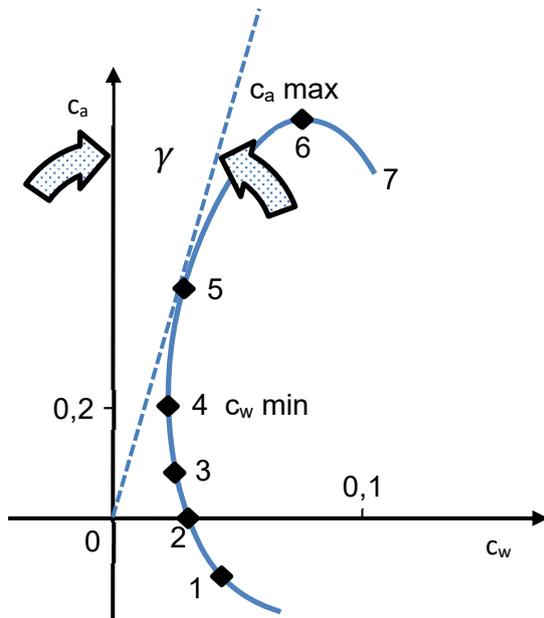


Abb.: Lilienthalsches Polardiagramm (symbolisch)

Die schematische Darstellung eines Lilienthalschen Polardiagrammes zeigt beispielhaft:

- 1.... Anstellwinkel $z_B -6^\circ$, c_a negativ
- 2.... Anstellwinkel $z_B -4^\circ$, c_a null
- 3.... Anstellwinkel noch negativ, c_a schon positiv
- 4.... Anstellwinkel gerade noch negativ, c_w Minimum
- 5.... Anstellwinkel deutlich positiv, hier liegt eine Tangente aus dem Ursprung an, geringster Gleitwinkel γ (*Gamma*).
- 6.... Anstellwinkel $z_B 10^\circ$, c_a Maximum, den Anstellwinkel bei $c_a \text{ max}$ nennt man kritischen Anstellwinkel, weil bei noch höheren Anstellwinkeln c_a stark abfällt und die Strömung abreißt.

7.... Strömungsabriss

Da c_a deutlich größer als c_w ist, sind die Maßstäbe auf den Diagrammachsen oft unterschiedlich gewählt.

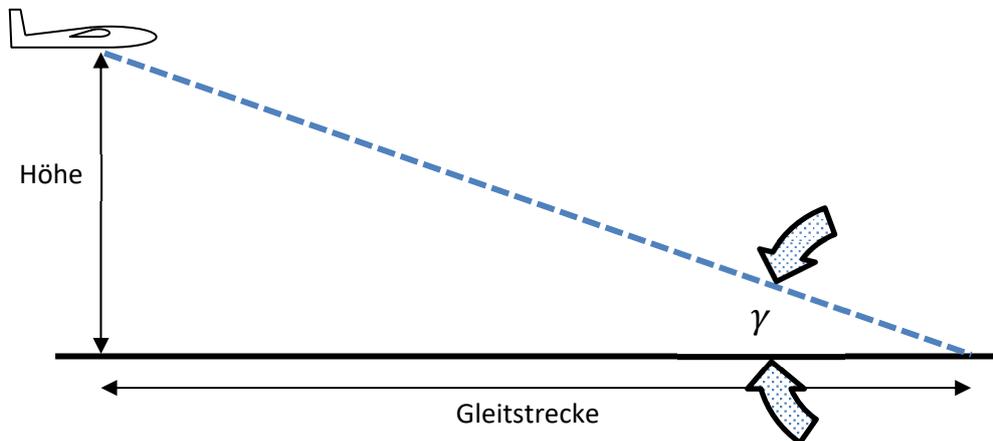
4.4.3 Gleitwinkel**Grafik: Gleitwinkel01**

Abb.: Gleitwinkel

Der Gleitwinkel γ ergibt sich aus dem Verhältnis von c_w zu c_a $\left(\frac{c_w}{c_a}\right)$. Das Verhältnis von c_w zu c_a nennt man Gleitzahl ε (Epsilon). Von vielen Piloten wird im allgemeinen Sprachgebrauch auch der Kehrwert als Gleitzahl (richtiger wäre Gleitverhältnis) bezeichnet. Man sagt zB das Segelflugzeug hat eine Gleitzahl von 42 und meint, 1/42 d.h. aus einem Kilometer Höhe kann das Flugzeug theoretisch 42 Kilometer weit gleiten. Theoretisch, weil ruhige Luft und „sauberer“ Flug vorausgesetzt werden.

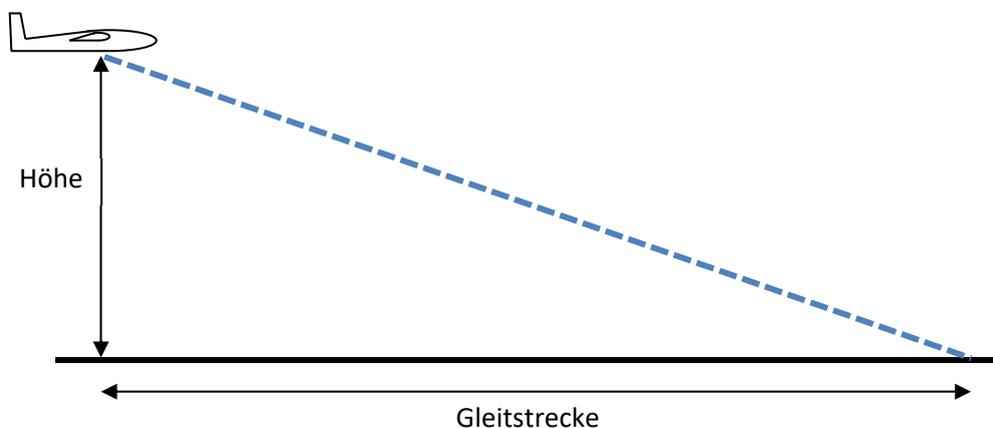
**Grafik: Gleitzahl01**

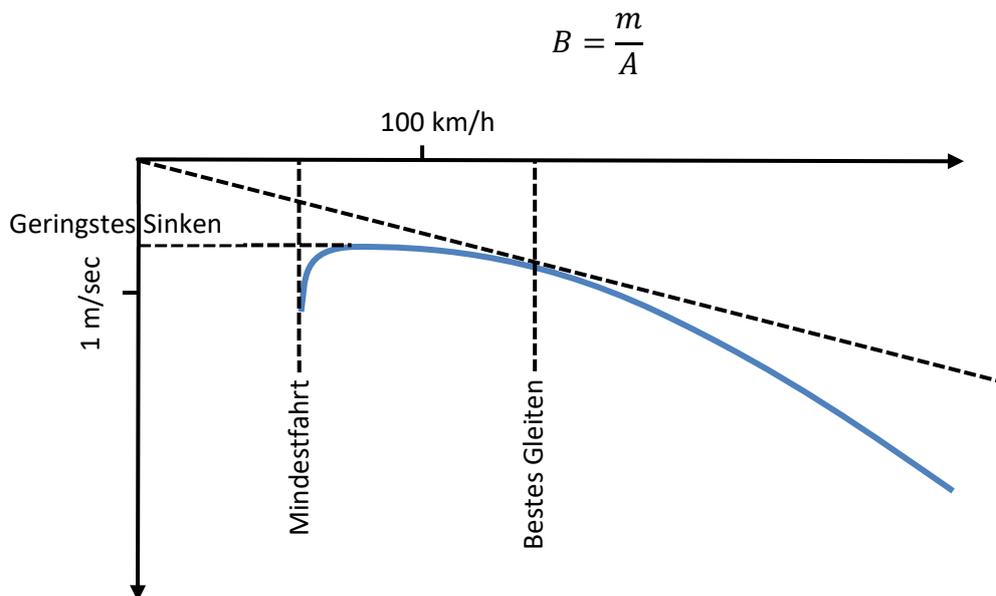
Abb.: Gleitzahl

$$\varepsilon = \frac{c_w}{c_a}$$

$$\frac{1}{\varepsilon} = \text{Gleitverhältnis}$$

4.4.4 Geschwindigkeitspolare

Für manche Fluggeräte ist der Zusammenhang zwischen Sinkgeschwindigkeit und Fluggeschwindigkeit von besonderem Interesse. [Der Graph der diesen Zusammenhang darstellt, wird Geschwindigkeitspolare genannt](#). Seine Form ist besonders von Flügel- und Profilform, sowie von der Flächenbelastung B des Flügels abhängig. Unter Flächenbelastung B versteht man [das Verhältnis der Masse \$m\$ eines Flugzeugs zur Flügelfläche \$A\$](#) . Sie wird in kg/m^2 angegeben.



Grafik: Geschwpol01

Abb.: Geschwindigkeitspolare

Der höchste Punkt der Polaren gibt das geringste Sinken an. Hier fliegt man bei relativ geringer Geschwindigkeit am längsten. Etwas links davon befindet sich die geringste mögliche Fluggeschwindigkeit. Bei geringerer Geschwindigkeit reißt die Strömung ab. Der Berührungspunkt der Tangente an der Polaren zeigt die Fluggeschwindigkeit mit dem besten Gleiten. Bei dieser Fluggeschwindigkeit kann man bei gegebener Höhe die weiteste Strecke zurücklegen.

4.4.5 Druckpunktwanderung

Auch der Druckpunkt, das ist der Punkt des Profils, in dem die resultierende Luftkraft angreift, ist vom Anstellwinkel abhängig. Bei kleinen Anstellwinkeln liegt der Druckpunkt weiter hinten um mit zunehmenden Anstellwinkel Richtung Vorderkante zu wandern. Bei einem bestimmten Anstellwinkel erreicht er ein vorderes Maximum und wandert wieder nach hinten.

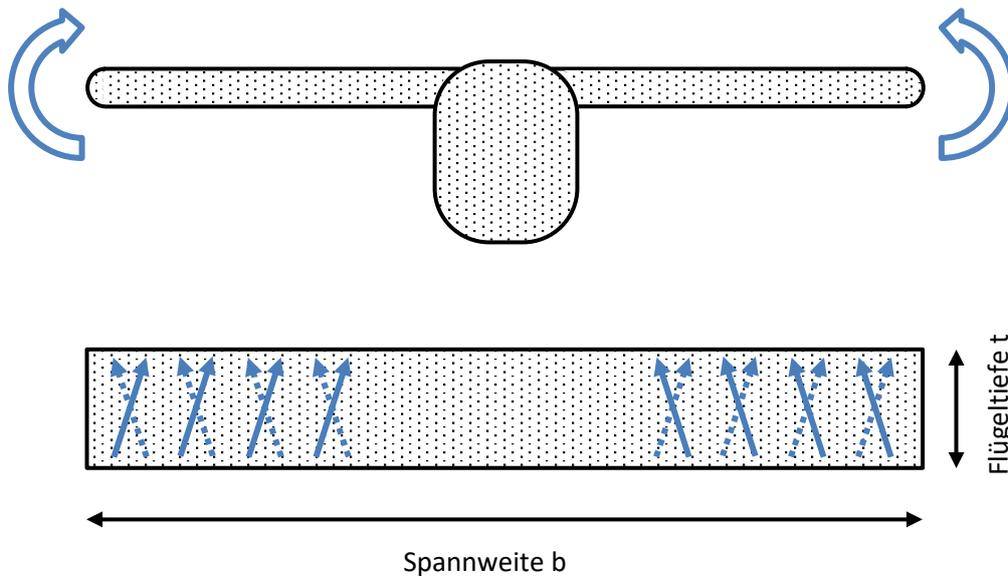
4.5 Gesamtwiderstand

Der Gesamtwiderstand eines Luftfahrzeuges setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen:

Druckwiderstand: Er resultiert aus der ungleichen Druckverteilung um einen umströmten Körper. Wenn es gelingt das Rückströmgebiet an der Rückseite eines umströmten Körpers gering zu halten ist der Druckwiderstand geringer.

Reibungswiderstand: In der Grenzschicht haben benachbarte Luftteilchen, die aneinander entlang gleiten, unterschiedliche Geschwindigkeiten. Der Reibungswiderstand ist in laminarer Strömung geringer als in turbulenter. Man versucht daher den Umschlagpunkt am Profil möglichst weit nach hinten zu verlegen. Druck- und Reibungswiderstand gemeinsam nennt man *Profilwiderstand*.

Induzierter Widerstand: An der Unterseite eines Tragflügels mit bestimmter Länge herrscht höherer Druck als auf der Oberseite. Die Luftströmung hat daher das Bestreben, an den Tragflügelenden von der Unterseite zur Oberseite der Tragflügel zu strömen. Dadurch entstehen Randwirbel. Die Randwirbel von Großflugzeugen stellen für kleine Luftfahrzeuge eine beachtliche Gefahr dar. Diese Umströmung bewirkt eine Ablenkung der Luftströmung auf der Oberseite zur Flügelmitte und auf der Unterseite zu den Flügelenden. An der Hinterkante eines Tragflügels treffen daher Luftströmungen mit unterschiedlichen Richtungen aufeinander. Dies führt zusätzlich zu Wirbeln an der Flügelhinterkante.



Grafik: IndWiderst01

- Strömung an der Flügeloberseite
- Strömung an der Flügelunterseite

Abb.: Induzierter Widerstand

Der induzierte Widerstand hängt vor allem vom Anstellwinkel α , von der Form des Tragflügels und der Gestaltung des Flügelquerschnittes d.h. des Profils ab. Lange, schlanke Tragflächen wie bei Segelflugzeugen haben einen geringeren induzierten Widerstand. Die Schlankheit eines Tragflügels wird durch die Streckung Λ (Lambda) ausgedrückt.

$$\Lambda = \frac{b^2}{A} = \frac{b \cdot b}{b \cdot t} = \frac{b}{t}$$

bSpannweite

AFlügelfläche

tmittlere Flügeliefe

Neben besonderer Gestaltung von Flügelform und Profil versucht man mit Winglets, Randkeulen, Endscheiben und Grenzschichtzäunen den induzierten Widerstand gering zu halten.

Interferenzwiderstand: Der Interferenzwiderstand ergibt sich durch die gegenseitige Beeinflussung der einzelnen Luftfahrzeugkomponenten. Ein Beispiel ist der

Übergang von Rumpf zur Tragfläche. Hier beeinflussen einander die unterschiedlichen Grenzschichten und Strömungsverhältnisse. Durch Abrundungen wird bei manchen Luftfahrzeugen versucht den Interferenzwiderstand gering zu halten.

Aerodynamik Aufgaben

1) Luft besteht hauptsächlich aus (vervollständige den Satz durch Markieren der richtigen Zeile)

- a Wasserstoff und Sauerstoff
- b Wasserdampf und Kohlendioxid
- c Wasserstoff und Stickstoff
- d Stickstoff und Sauerstoff

2) Welche der Aussagen gilt für eine Flüssigkeit, die durch ein Rohr, dessen Durchmesser zunimmt, strömt?

- a Die Strömungsgeschwindigkeit wird im gleichen Verhältnis größer wie der Durchmesser größer wird.
- b Die Strömungsgeschwindigkeit wird geringfügig größer
- c Die Strömungsgeschwindigkeit wird kleiner
- d Der statische Druck wird kleiner

3) Wovon hängt der Staudruck q ab?

- a Leistung P und Beschleunigung a
- b Dichte ρ und Geschwindigkeit v
- c Beschleunigung a und Geschwindigkeit v
- d Fläche A und Geschwindigkeit v

4) Welche physikalische Größe ermittelt man mit einem Prandtl'schen Staurohr?

- a Luftdichte ρ
- b Staudruck q
- c Innendruck p
- d Benzindruck P_{Benz}

5) Was versteht man unter einem Venturi-Rohr?

- a ein Rohr mit einer Engstelle
- b ein Röhrenmanometer
- c ein Auspuffrohr
- d die Kapillarwirkung

6) Wie errechnet man die Luftwiderstandskraft?

a $F_W = F_R - F_A$

b $F_W = \frac{mv^2}{2}$

c $F_W = c_w \cdot q \cdot A$

d $F_W = \rho \cdot c_w \cdot v$

7) Unter sonst gleichen Bedingungen ist die Grenzschicht bei welcher Strömung dünner?

a bei laminarer Strömung

b bei turbulenter Strömung

c bei Sekundärströmung

d die Grenzschichtdicke ist immer gleich

8) Im Staupunkt (vervollständige den Satz durch Markieren der richtigen Zeile)

a erreicht der Staudruck ein Maximum

b erreicht die Geschwindigkeit ein Maximum

c entsteht ein Wirbel

d sind Geschwindigkeit und Staudruck null $v=0$, $q=0$

9) Was versteht man unter Profilhöhe?

a Die geradlinige Verbindung zwischen Unterkante und Oberkante

b Die geradlinige Verbindung zwischen Vorderkante und Eintrittskante

c Die geradlinige Verbindung zwischen Vorderkante und Hinterkante

d Die Profildicke

10) Was versteht man unter Anstellwinkel?

a Den Winkel zwischen Längsachse und Profilhöhe

b Den Winkel zwischen Anströmrichtung und Skelettlinie

c Den Winkel zwischen Anströmrichtung und Längsachse

d Den Winkel zwischen Anströmrichtung und Profilhöhe

11) Wie verhält sich der Auftriebsbeiwert c_a von üblichen Tragflügelprofilen bei geringem Anstellwinkel α ?

- a Steigt der Anstellwinkel α sinkt c_a .
- b Steigt der Anstellwinkel, steigt c_a bis zu einem Maximum und fällt bei weiterer Anstellwinkelvergrößerung stark ab.
- c Steigt der Anstellwinkel α bleibt c_a praktisch konstant.
- d Sinkt der Anstellwinkel α steigt c_a .

12) Welche Größen werden im Lilienthalschen Polardiagramm auf den Achsen aufgetragen?

- a Der Widerstandsbeiwert c_w und der Anstellwinkel α
- b Der Auftriebsbeiwert c_a und der Anstellwinkel α
- c Der Auftriebsbeiwert c_a und der Widerstandsbeiwert c_w
- d Der Anstellwinkel α und die Fluggeschwindigkeit v_{FL}

13) Ein Segelflugzeug hat eine Masse von 500 kg und eine Flügelfläche von 10 m². Wie groß ist die Flächenbelastung?

- a 5000 kg/m²
- b 50 N/m²
- c Hängt von der Geschwindigkeit ab
- d 50 kg/m²

14) Was versteht man unter Interferenzwiderstand?

- a Den Widerstand der sich durch die gegenseitige Beeinflussung der Flugzeugkomponenten ergibt.
- b Den Widerstand der sich durch die Umströmung der Tragflügelenden ergibt.
- c Den Widerstand der durch Vibrationen der Grenzschicht entsteht.
- d Den Widerstand der im Staupunkt entsteht.

15) Wie beeinflusst die Flügelstreckung, unter sonst gleichen Voraussetzungen, den induzierten Widerstand?

- a Bei geringer Streckung ist der induzierte Widerstand gering.
- b Bei hoher Streckung ist der induzierte Widerstand gering.
- c Die Streckung beeinflusst den induzierten Widerstand nicht.

d Die Streckung steigt wenn die Fluggeschwindigkeit steigt.

5 Arbeitssicherheit und Umweltschutz (Workplace safety and environmental protection)

Bei Betrieb und Wartung von Luftfahrzeugen entstehen gelegentlich Situationen durch die nicht nur die unmittelbar Beteiligten, sondern auch unbeteiligte Dritte gefährdet werden können. Aus diesem Grund sind viele grundlegende Verfahren auch in gesetzlichen und anderen Vorschriften geregelt. Die Kenntnis aller dieser Vorschriften, von den entsprechenden Gesetzen und Verordnungen bis zu den speziellen Wartungsvorschriften und Bedienungsanleitungen, ist von außerordentlicher Bedeutung. Über Websites ist es heute leichter in die zutreffenden Vorschriften Einsicht zu nehmen. Darüber hinaus sind **Reparaturen von** Schäden an Luftfahrzeugen wegen des hohen Qualitätsanspruches bei Material und Arbeit, auch besonders teuer. Es ist daher große Aufmerksamkeit, sowie eine positive Einstellung zu Themen der Arbeitssicherheit und des Umweltschutzes auch unter praktischen Bedingungen sehr wichtig. In der Umgebung von Flugplätzen fühlen sich oft Menschen durch den Lärm gestört. Auch hier ist neben der Vermeidung unnötiger Lärmemissionen verständnisvolle Kommunikation hilfreich.

Für Österreich sind Rechtsvorschriften über das Rechtsinformationssystem des Bundes (RIS, <https://www.ris.bka.gv.at/>) zugänglich. Allgemeine Themen zur Unfallvermeidung können unter anderem über die Website der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt (AUVA, <https://www.auva.at>) bezogen werden. Darüber hinaus bieten viele Hersteller von Maschinen bzw. Luftfahrzeugen und Geräten Bedienungsanleitungen und Wartungsvorschriften zum Download auf ihren Websites an. Informationsmöglichkeiten zu Themen des Umweltschutzes findet man unter anderem auch auf der Website des Umweltbundesamtes (<https://www.umweltbundesamt.at/>).

Viele Maschinen und Vorrichtungen bedürfen einer regelmäßigen Kontrolle bzw. Überprüfung. Die Dokumentation dieser Tätigkeiten hat sich auch in Bereichen bewährt wo sie nicht vorgeschrieben ist.

Allgemeine Arbeitsanweisungen

- **Vermeidung von Risiken und Gefährdungen. Wenn Risiken nicht gänzlich vermieden werden können, dann Minimierung der Risiken. Überlegung weiterer Handlungsmöglichkeiten.**

- Berücksichtigung des „Faktors Mensch“. Menschen machen Fehler.
- Verwendung zeitgemäßer Arbeitsverfahren und Arbeitsmittel. Keine unzulässigen Improvisationen. (zB Verwendung einer standfesten Leiter und nicht Benutzung eines Tisches mit darauf platziertem Sessel).
- Instandhaltung und Reinigung von Arbeitsräumen, Maschinen, Werkzeugen und Arbeitskleidung.
- Schutzvorrichtungen nicht abmontieren oder verändern.
- Lasten vor Abstürzen, Umkippen, Abrutschen usw. sichern. Lasten manuell möglichst „ergonomisch“ heben.
- Wenn irgendwie möglich, sollte man zu zweit arbeiten oder zumindest sicherstellen, dass jemand zweiter regelmäßig am Arbeitsplatz vorbeischaut.

5.1 Persönliche Voraussetzungen

Um Gefahren und Schäden zu vermeiden, müssen sich die an Betrieb und Wartung beteiligten Personen die dafür nötigen Kenntnisse aneignen. Die Einsicht der Notwendigkeit von Vorsichts- und Schutzmaßnahmen ist unerlässlich. Dies umfasst auch das Wissen um Ort und Bedienung von Feuerlöschern, Ort und Verwendung von Erste Hilfe Material und die Kenntnis von Notrufnummern. Eine den jeweiligen Erfordernissen angepasste Schutzkleidung, wie Arbeitshandschuhe, Atemschutzmaske, Schutzbrillen, Gehörschutz usw. muss verwendet werden. Für manche Arbeiten zB Reinigung von Flugzeugen, hat sich Arbeitskleidung mit abgedeckten Reisverschlüssen und abgedeckten Metallknöpfen, **bzw Gürtelschnallen** bewährt, um Kratzspuren am Lack oder an Plexiglashauben zu vermeiden. Taschen sollten sicher verschließbar sein um zu vermeiden, dass Teile heraus und in Innenräume des Luftfahrzeuges fallen.

Besonders wichtig ist auch die Kommunikation aller Beteiligten. Das können alle Flugplatznutzer, alle Vereinsmitglieder oder nur die Beteiligten an einem Arbeitsvorgang sein. Beobachtungen und Erfahrungen sind weiter zu geben. Bewährt haben sich in manchen Fällen große Schilder mit der Aufschrift UNKLAR, eventuell mit zusätzlichen Informationen, am Pilotensitz. **Um größere Personengruppen zu informieren können auch moderne Medien und Messengerdienste hilfreich sein.**

5.2 Der Arbeitsplatz (safe working practices and precautions when working with oils and chemicals, gases (especially oxygen))

Der Betrieb und die Wartung von Luftfahrzeugen sind so vielfältig, dass in einer Lernunterlage nicht alle möglichen Gefahrenquellen behandelt werden können. Es sind daher immer die letztgültigen Publikationen zu beachten. Ein Änderungsdienst der für aktuelle Versionen sorgt, muss sichergestellt sein. Hilfreich für die Verwendung ist die Verwahrung dieser Publikationen an dem Ort, wo sie gebraucht werden, zB in Werkstätten, Flugzeughangars usw. und nicht versperrt in einem Büro. **Eine unabdingbare Voraussetzung zur Minimierung von Gefahren ist Ordnung und Sauberkeit am Arbeitsplatz, in den Hallen und in den Luftfahrzeugen.** Für Wartungsarbeiten bewähren sich Behälter passender Größe die beschriftet werden können und in denen Kleinteile aufbewahrt werden. Stoffe von denen Gefahren ausgehen, zB leicht entzündliche oder ätzende Flüssigkeiten, sind entsprechend der für sie geltenden Vorschriften zu lagern und zu verwenden.

5.2.1 Umgang mit gefährlichen Stoffen (labelling, storage and disposal of hazardous (to safety and environment) materials)

Für Chemikalien von denen Gefahren ausgehen können, gibt es Sicherheitsdatenblätter in denen nicht nur die Gefahren, sondern auch Handhabungshinweise und Lagerungsvorschriften (zB in Blechkästen, nicht gemeinsam mit bestimmten anderen Stoffen, in Wannen usw.) enthalten sind. Für den Umgang mit giftigen Chemikalien ist ein Sachkundefausweis erforderlich. Bindemittel für Öl und andere Stoffe sind bereit zu halten. Behälter mit Flüssigkeiten sind zu beschriften und zu kennzeichnen. Unbrauchbare Betriebs- und Reinigungsmittel sind einer ordnungsgemäßen Entsorgung bei einem berechtigten Entsorgungsbetrieb zuzuführen. Druckbehälter und Reifen sollten immer auf ihren Zustand überprüft und nur bis zum maximal zulässigen Druck befüllt werden. Besonders gefährlich ist der Umgang mit Sauerstoff (O₂). Sauerstoff fördert Entflammbarkeit und Intensität der Verbrennung. Beim Hantieren mit Sauerstoff ist auf Sauberkeit und auf eine öl- und fettfreie Umgebung zu achten. Es ist sicherzustellen, dass sich in der Umgebung des Arbeitsbereiches keine offenen Flammen befinden. Ein absolutes Rauchverbot ist unbedingt einzuhalten. **Gasflaschen werden durch Farben an den Flaschenschultern gekennzeichnet.**

Werkzeuge sind in einem guten Zustand zu halten. Viele Messeinrichtungen sind regelmäßig zu kalibrieren. Diese Prüfungen müssen dokumentiert werden.

Bedienungsanleitungen von Werkzeugmaschinen sind aufzubewahren und zu beachten.

Bei Arbeiten an und in Luftfahrzeugen sollte man einen Überblick über verwendete Werkzeuge und Materialien behalten. Nach der Arbeit ist durch Kontrolle sicherzustellen, dass kein Werkzeug und kein Material im Luftfahrzeug verbleibt.

5.3 Hallenvorfeld und Bewegungsflächen am Flugplatz

Hallenvorfeld und andere Bewegungsflächen sollten regelmäßig gepflegt werden.

Befestigte Flächen sind sauber zu halten. Umherliegende Steinchen,

Sicherungsdrahtreste, Unterlagscheiben, Splinte usw. können Schäden an

Luftfahrzeugen verursachen. Grasflächen sollten regelmäßig kontrolliert,

Maulwurfshügel, Ziesellöcher und andere Hindernisse beseitigt werden. Wird im

Rahmen von Wasserchecks Kraftstoff abgelassen, sind geeignete Gefäße zu

verwenden. Im Bereich laufender Maschinen ist, besonders auch am Hallenvorfeld,

Gehörschutz zu verwenden. Zu Luftfahrzeugen mit laufenden Motoren ist

entsprechend Abstand zu halten. Es ist immer zu bedenken, dass die Sicht des

Piloten eingeschränkt sein kann. Flugzeuge mit Spornrad erlauben oft keine Sicht auf den Bereich vor dem Flugzeug. Eine besondere Gefahr sind Propeller.

Propellerflugzeugen mit dem Propeller vorne, nähert man sich daher von schräg

hinten. Hubschraubern mit Heckrotor unter Beachtung des Hauptrotors von schräg

vorne. Auch bei der Wahl eines Abstellplatzes für Kraftfahrzeuge ist an die

eingeschränkte Sicht aus vielen Cockpits zu denken und zusätzlich ein

entsprechender Sicherheitsabstand einzuhalten. Abgestellte Luftfahrzeuge sollten so

abgestellt werden, dass sie durch Wind oder Luftstrahl eines Propellers keinen

Schaden nehmen können. Andererseits sollten Piloten darauf achten, dass der

Propellerstrahl ihres Flugzeuges, bzw der Downwash ihres Hubschraubers nicht

andere Flugzeuge beschädigt oder Schmutz in die Halle bläst.

5.4 Feuergefahr ([Remedial action in the event of fire or another accident with one or more hazards, including knowledge of extinguishing agents](#))

Viele Betriebsmittel oder Chemikalien sind leicht entzündlich. Die entsprechenden Warnhinweise sind zu beachten. Rauchen in Flugzeughallen oder in der Nähe von

Luftfahrzeugen ist zu vermeiden. Gefahren stellen aber auch Funken von elektrischen Anlagen oder Schleifmaschinen und Fehlzündungen von Verbrennungsmotoren dar. Brennbare Gase können durch Funken eines elektrischen Schalters entzündet werden.

Auch Abfalleimer können eine potentielle Gefahr darstellen, wenn sich zB Kraftstoffdämpfe und aushärtende (und daher heiße) Polyesterteile im Behälter befinden. Aus diesem Grunde sind verschließbare Metallabfalleimer vorzuziehen. Feuerlöscher müssen gut sichtbar angebracht sein. Ihre Handhabung sollte allen in Frage kommenden Personen geläufig sein. Es ist auch zu beachten, dass je nach brennendem Material unterschiedliche Löschmittel erforderlich sind.

Wasser ist ein häufig verwendetes Löschmittel. Seine Löschwirkung beruht auf Abkühlung. Nicht geeignet ist Wasser für brennende Metalle und brennendes Öl. In beiden Fällen kann Löschen mit Wasser zu Explosionen führen. Wegen seiner elektrischen Leitfähigkeit darf Wasser auch nicht zur Brandbekämpfung bei elektrischen Anlagen verwendet werden.

Weiters werden Löschschaum, Löschpulver oder Gase (zB Kohlendioxid) die chemisch nicht bzw. nicht leicht reagieren zur Brandbekämpfung verwendet.

Auf Feuerlöschern ist angegeben für welche Brände sie geeignet sind und wann sie überprüft werden müssen.



Abb.: Feuerlöscherbeschriftung



Abb.: Feuerlöscherüberprüfungsdatum

Feuerlöscher müssen regelmäßig überprüft werden.

Im Bedarfsfall rechtzeitig Feuerwehr oder Rettungskräfte alarmieren und für Zufahrtsmöglichkeit und Einweisung sorgen.

Besonders kurios empfanden die Mitglieder eines Fliegerclubs den Brand eines GFK-Segelflugzeuges, das, als es mit dem Auto zur Startstelle gezogen wurde, im Fahrwerk Feuer fing und vollständig verbrannte. Offenbar hatte die Bremse geschliffen und Staub und Heu in der Bremstrommel in Brand gesetzt.

5.5 Gefahren durch Elektrizität ([safe working practices and precautions when working with electricity](#))

Arbeiten mit elektrischem Strom bergen besondere Gefahren, die von Spannung und Stromstärke abhängen. Der Stromkreis ist vor der Arbeit zu unterbrechen und es ist sicherzustellen, dass er nicht während der Arbeit aktiviert wird. (zB Sicherung deaktivieren, Sicherungskasten absperren und Schlüssel einstecken.

Gegebenenfalls Sicherungskastentür mit einem erklärenden Warnhinweis versehen.)

Man verwendet besonderes Werkzeug mit entsprechenden Isolierungen,

Schutzhandschuhe und gegebenenfalls Isoliermatten. Fließt in einem elektrischen

Leiter Strom erwärmt sich der Leiter. [Das führt dazu, dass sich Kabeltrommeln, wenn sie nicht abgewickelt werden, erhitzen, weil die inneren Wicklungen die Wärme nicht](#)

abgeben können. Ist der Widerstand im Leiter zB durch eine Beschädigung, sehr hoch, kann auch die Erwärmung hoch und die Brandgefahr groß sein. Elektrische Leiter sind daher regelmäßig auf Beschädigungen zu kontrollieren.

Arbeitssicherheit und Umweltschutz Aufgaben

1) Warum gibt es für Betrieb und Wartung von Luftfahrzeugen so viele Vorschriften?

- a weil Luftfahrzeuge kompliziert gebaut sind
- b weil unbeteiligte Dritte geschädigt werden können
- c weil schneller was passieren kann als man schaut
- d weil Flugzeuge zusammenstoßen können

2) Betrieb und Wartung von Luftfahrzeugen erfordern ...(vervollständige den Satz durch Markieren der richtigen Zeile)

- a ein Auto mit Anhängerkupplung
- b Einsicht über die Notwendigkeit von Vorsichts- und Schutzmaßnahmen
- c Widerstandfähigkeit gegen aggressive Dämpfe
- d ein Höchstgewicht von 80kg

3) Warum sollen bei Arbeitskleidung Metallteile wie Knöpfe oder Metallreißverschlüsse abgedeckt sein?

- a weil sonst der Kompass beeinflusst wird
- b weil sonst die Gefahr besteht, dass man Lack oder Plexiglasscheiben zerkratzt
- c weil man die Sitze beschädigt
- d weil sonst die Kleidung verwechselt wird

4) Beim Ablassen von Kraftstoff sollte man...(vervollständige den Satz durch Markieren der richtigen Zeile)

- a dafür sorgen, dass der Kraftstoff im Erdreich versickert
- b dafür sorgen, dass der Kraftstoff verdampft
- c dem Kraftstoff Zusätze beimischen
- d den Kraftstoff in geeigneten Behältern auffangen

5) Feuerlöscher müssen(vervollständige den Satz durch Markieren der richtigen Zeile)

- a kühl gelagert werden
- b regelmäßig überprüft werden
- c am Hallenvorfeld stehen
- d von fachkundigen Personen entleert werden

6) Welche Notrufnummer hat die Feuerwehr?

- a 111
- b 166
- c 122
- d 212