

# Physikalische Größen und Einheiten

28. März 2019

## I Physikalische Größen

Alle Gleichungen in den Versuchsanleitungen sind mathematische Verknüpfungen physikalischer Größen (siehe auch DIN 1313). Jede physikalische Größe ist das Produkt eines Zahlenwertes mit einer Einheit (z. B. *Weg* = 1 Meter oder *elektrische Spannung* = 1 V).

In physikalischen und technischen Abhandlungen werden die Bezeichnungen der verwendeten Größen durch ein Symbol - das Formelzeichen - ersetzt. Viele dieser Formelzeichen von physikalisch-technischen Größen sind international standardisiert (DIN 1304 bzw. ISO 31). Zur besseren Unterscheidung werden alle Formelzeichen, die für physikalische Größen stehen, in den Versuchsanleitungen, wie auch in Büchern und Zeitschriften, kursiv gedruckt (DIN 1338).

Alle physikalischen Größen werden als Potenzprodukte der 7 Basisgrößen (*Länge*, *Masse*, *Zeit*, *elektrische Stromstärke*, *Temperatur*, *Stoffmenge* und *Lichtstärke*) dargestellt. Dieses Potenzprodukt bezeichnet man als **Dimension** der jeweiligen Größe. Sie darf nicht mit der Einheit der Größe verwechselt werden und ist unabhängig vom Maßsystem.

Das Messen physikalisch-technischer Größen bedeutet einen Vergleich mit willkürlich, aber zweckmäßig festgelegten **Maßeinheiten**. Diese bilden in ihrer Gesamtheit ein Maß- oder Einheitensystem. Im Laufe der Zeit wurden viele Maßsysteme entwickelt, die aber häufig nur für bestimmte Teilbereiche der Physik oder Technik geeignet waren. Heute hat man sich weltweit auf die Verwendung des **Internationalen Maßsystems (SI)** geeinigt. Mit Einführung dieses Systems werden auf dem Gebiet der Einheiten erstmals klare Verhältnisse geschaffen und deren Anzahl erheblich reduziert.

## II Gleichungen

Zur Verknüpfung physikalischer Größen sollten grundsätzlich nur **Größengleichungen** verwendet werden. In ihnen steht jedes Formelzeichen (ausgenommen sind die mathematischen Symbole  $\pi$ ,  $e$ ,  $\ln$ ,  $\sin$  etc.) für eine **phy-**

**sikalische Größe**, ist also das **Produkt eines Zahlenwertes mit einer Einheit**. Solche Gleichungen sind deshalb unabhängig von der verwendeten Einheit und gelten prinzipiell.

Bei Gleichungen, die Konstanten, Tabellenwerte o. ä. enthalten, ist es in der Regel zweckmäßig, bestimmte Einheiten einzusetzen. Diese Gleichungen nennt man **zugeschnittene Größengleichungen**. Die zu verwendenden Einheiten werden durch einen Bruchstrich vom Formelzeichen abgetrennt. So schreibt man z. B. die Gleichung

$$\frac{m}{\text{kg}} = \frac{\rho}{\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}} \cdot \frac{V}{\text{dm}^3} \quad (1)$$

da die Dichte in Tabellen üblicherweise in  $\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$  angegeben wird. Nach Einsetzen der Größen mit Einheiten kürzen sich die Einheiten weg.

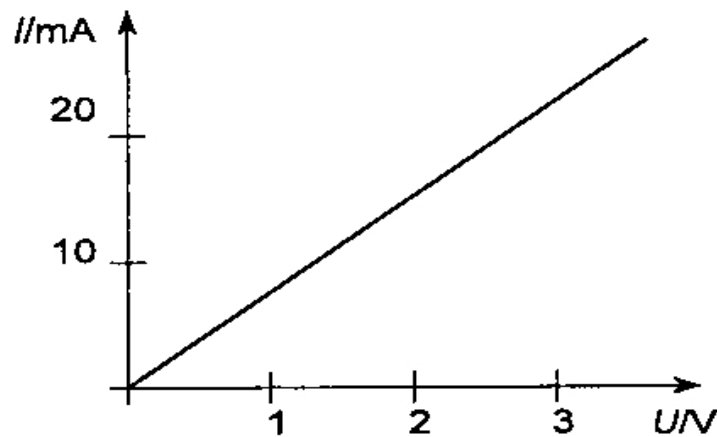


Abbildung 1: Achsenbeschriftung in einem Diagramm.

Auch die Beschriftung von Tabellenköpfen und Koordinatenachsen erfolgt im Sinne von zugeschnittenen Größengleichungen. Der an den entsprechenden Stellen stehende Quotient aus physikalischer Größe und Einheit ist der Zahlenwert der betreffenden Größe. In der Tabelle oder an der Koordinatenachse dürfen demzufolge auch nur Zahlenwerte stehen (siehe Abb. 1).

**Hinweis:** Die Angabe von Einheiten innerhalb eckiger Klammern ist grundsätzlich falsch und darf nicht verwendet werden!

# III Das Internationale Einheitensystem (SI)

## III.1 Allgemeines

Das Internationale Einheitensystem (SI - Systeme International d'Unites) ist das für die Anwendung in allen Ländern empfohlene System von Einheiten für physikalische und technische Größen. Das SI umfasst die **Basiseinheiten** und die aus ihnen **kohärent abgeleiteten Einheiten** sowie einige **ergänzende Einheiten**.

Die **Basiseinheiten** sind die Einheiten der bereits erwähnten sieben Basisgrößen (Tab. 1).

Basisgröße	Formelzeichen	Basiseinheit	Einheitszeichen
Länge	$l, s, r$	Meter	m
Masse	$m$	Kilogramm	kg
Zeit	$t$	Sekunde	s
elektrische Stromstärke	$I$	Ampere	A
Temperatur	$T$	Kelvin	K
Stoffmenge	$n$	Mol	mol
Lichtstärke	$l$	Candela	cd

Tabelle 1: SI-Basiseinheiten.

**Kohärent abgeleitete Einheiten** werden als Potenzprodukte mit dem Zahlenfaktor 1 aus den Basiseinheiten gebildet. Die wichtigsten von ihnen haben eigene Namen (z. B. Watt, Joule, Lux, Newton etc.). Jeder dieser Einheiten ist ein Einheitszeichen zugeordnet (DIN 1301). Die Kurzzeichen der von Personennamen abgeleiteten Einheiten werden immer groß, die anderen klein geschrieben (z. B. W, J, N, aber lx etc.).

Ein allgemeines Zeichen für eine Einheit ist das in eckige Klammern gesetzte Symbol dieser Größe, z. B. ist  $[l]$  = Längeneinheit (z. B. Meter),  $[U]$  = Einheit der elektr. Spannung (z. B. Volt).

Die meisten Einheiten des früheren "Technischen Maßsystems" sind inkohärent abgeleitet, also nur mit Hilfe von Zahlenfaktoren auf die Basiseinheiten zurückzuführen und damit SI-fremd. Dazu gehört z. B. das Kilopond:  $1 \text{ kp} = 9,81 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

Für den praktischen Gebrauch sind die SI-Einheiten häufig zu groß oder zu klein.

Es dürfen dann von ihnen dezimale Vielfache oder Teile durch besondere Vorsätze (Tab. 2) gebildet werden, sofern dies nicht im Einzelfall ausdrücklich

ausgeschlossen ist (z. B. bei kg).

Vorsatz	Zeichen	Bedeutung	Vorsatz	Zeichen	Bedeutung
Deka	da	$10^1$	Dezi	d	$10^{-1}$
Hekto	h	$10^2$	Zenti	c	$10^{-2}$
Kilo	k	$10^3$	Milli	m	$10^{-3}$
Mega	M	$10^6$	Mikro	$\mu$	$10^{-6}$
Giga	G	$10^9$	Nano	n	$10^{-9}$
Tera	T	$10^{12}$	Piko	p	$10^{-12}$
Peta	P	$10^{15}$	Femto	f	$10^{-15}$
Exa	E	$10^{18}$	Atto	a	$10^{-18}$

Tabelle 2: Einheitenvorsätze.

Da Einheiten mit Vorsatz inkohärent sind, gelten sie nicht als SI-Einheiten, sind aber gesetzliche und damit gültige Einheiten.

## III.2 Gesetzliche Einheiten

Folgende Einheiten wurden als gesetzlich festgelegt und dürfen deshalb in Wissenschaft und Technik verwendet werden<sup>1</sup>:

1. die SI-Einheiten (Basiseinheiten nach Tab. 1 und abgeleitete Einheiten),
2. SI-Einheiten mit Vorsatz nach Tab. 2 für dezimale Vielfache und Teile,
3. SI-fremde Einheiten für bestimmte Anwendungen.

Zu den letzteren gehören z. B. Einheiten wie Bar, Minute, Stunde, sowie die in speziellen Bereichen verwendeten Einheiten wie Seemeile, Lichtjahr, Hektar, etc... .

## IV Zahlen

### IV.1 Schreibweise

Für die Zahlenangaben bei physikalischen oder technischen Meßgrößen gelten

---

<sup>1</sup>Gesetz über die Einheiten im Meßwesen, letzte Änderung vom 25. Juli 1978

eine Reihe von Regeln die in verschiedenen DIN-Normen festgelegt sind (DIN 1333 und DIN 5477).

Als **Dezimalzeichen** ist vorzugsweise das **Komma** zu verwenden (alternativ kann auch noch der Punkt benutzt werden). Zur besseren Lesbarkeit von Zahlenangaben dürfen die Zahlen vom Dezimalzeichen ausgehend in Gruppen von jeweils drei Ziffern aufgeteilt werden. Die Trennung dieser Gruppen erfolgt durch ein Leerzeichen. Punkt oder Komma sind hier nicht erlaubt.

Bei der Angabe von Messwerten sollte die Zahlenangabe durch Wahl eines passenden Vorsatzes vor die Einheit (siehe Tab. 2) immer so erfolgen, dass sich ein Zahlenwert in dem Bereich 0,1 ... 1000 ergibt. Wird die Schreibweise mit Zehnerpotenzen verwendet, ist ein durch drei teilbarer Exponent zu bevorzugen.

Bsp.:

$$m = 0,827\,35 \cdot 10^6 \text{ g oder } m = 827,35 \cdot 10^3 \text{ g (nicht } m = 8,273\,5 \cdot 10^5 \text{ g)}$$

## IV.2 Runden

Beim Runden wird die letzte Stelle, die nach dem Runden bei der Zahl verbleibt, Rundestelle genannt. Für das Runden gilt folgende Regel (DIN 1333):

1. Steht rechts neben der Rundestelle eine der Ziffern 0 bis 4, so wird abgerundet, steht rechts neben der Rundestelle eine der Ziffern 5 bis 9, so wird aufgerundet.

Bsp.:

zu rundende Zahl:	8,579 413	8,579 613
Rundestelle:	↑	↑
Rundeverfahren:	Abrunden	Aufrunden
gerundete Zahl:	8,579	8,580

## IV.3 Messunsicherheiten

Messwerte sind grundsätzlich mit einer **Unsicherheit** behaftet. Diese Unsicherheit wird entweder explizit angegeben (siehe dazu auch die Hinweise zur "Fehlerabschätzung und Fehlerrechnung" in den Praktikumsunterlagen) oder durch geeignetes Runden deutlich gemacht.

Bei der Angabe von Messwerten mit Unsicherheiten gelten folgende Rundungsregeln:

- Die Unsicherheit wird an der ersten von 0 verschiedenen Stelle gerundet, außer wenn diese ein 1 oder 2 ist. In diesem Fall ist an der Stelle rechts daneben zu runden.
- Unsicherheiten werden immer aufgerundet.
- Der Messwert wird an der gleichen Stelle gerundet wie die Unsicherheit.

Bsp.:

Ergebnis einer Messung mit Fehlerabschätzung:	$U = 5,384\,12\text{ V} \pm 0,046\,9\text{ V}$
Rundung der Unsicherheit an der 2. Stelle:	$\Delta U = 0,05\text{ V}$
Rundung des Meßwertes an der gleichen Stelle:	$U = 5,38\text{ V}$
Endergebnis:	$U = (5,38 \pm 0,05)\text{V}$

Soll die Unsicherheit nicht explizit angegeben werden, so ist an der Stelle zu runden, die um eins weiter links steht als oben beschrieben, um Ziffern mit zweifelhafter Sicherheit an der letzten Stelle zu vermeiden. Bei Rundungen links vom Dezimalzeichen ist mit einer entsprechenden Anzahl Nullen aufzufüllen.

Bei der Umrechnung von Größenwerten, die in veralteten Einheiten angegeben sind, verfährt man nach den gleichen Regeln.

Bsp.:

Messwert:	$P = (75,0 \pm 0,5)\text{ PS}$
Umrechnung:	$P = (55,1625 \pm 0,3678)\text{ kW}$
Rundung:	$P = (55,2 \pm 0,4)\text{ kW}$

Der Zahlenwert von Größenverhältnissen (Quotienten aus Größen gleicher Dimension) darf durch Abspalten eines Faktor  $10^{-2}$  oder  $10^{-3}$  umgeformt werden. Statt des Faktors  $10^{-2}$  schreibt man dann das Zeichen % (Prozent), statt  $10^{-3}$  das Zeichen ‰ (Promille). Unsicherheiten werden häufig unter Benutzung dieser Zeichen angegeben. Dabei muss immer eindeutig sein, auf welchen Wert sich diese Angabe bezieht. Da Angaben in Prozent oder Promille immer dimensionslos sind, ist bei der Verwendung auf die richtige Schreibweise zu achten.

Bsp.:

$$m = (8,580 \pm 0,004)\text{ kg} = 8,580\text{ kg} \cdot (1 \pm 0,05\%)$$

# V Übersicht über wichtige gesetzliche Einheiten

Mechanische Einheiten				
Größe	Formelzeichen	Einheit	Zeichen	Vorsatz
Arbeit, Energie	$W$	Joule = $N \cdot m = W \cdot s = kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$	J	ja
Beschleunigung	$a$	$m \cdot s^{-2}$		
Dichte	$\rho$	$kg \cdot m^{-3}$ $kg \cdot dm^{-3} = g \cdot cm^{-3} = 10^3 kg \cdot m^{-3}$		
Drehimpuls	$L$	$N \cdot m \cdot s = kg \cdot m^2 \cdot s^{-1}$		
Drehmoment, Kraftmoment	$M$	$N \cdot m = kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$		
Drehzahl	$n$	$s^{-1}$ min <sup>-1</sup>		nein nein
Druck, mech. Spannung	$p$	Pascal = $N \cdot m^{-2}$	Pa	ja
Elastizitätsmodul	$E$	Pascal = $N \cdot m^{-2}$	Pa	ja
Fläche	$A$	$m^2$ Ar = $100 m^2$ Hektar = $100 a = 10^4 m^2$	a ha	ja nein nein
Frequenz	$f$	Hertz = $s^{-1}$	Hz	ja
Geschwindigkeit	$v$	$m \cdot s^{-1}$		
Impuls	$p$	$N \cdot s = kg \cdot m \cdot s^{-1}$		
Kompressionsmodul	$K$	Pascal = $N \cdot m^{-2}$	Pa	ja
Kraft	$F$	Newton = $kg \cdot m \cdot s^{-2}$	N	ja
Kreisfrequenz	$\omega$	$s^{-1}$		
Länge	$l, s, r$	Meter (Basiseinheit)	m	ja
Leistung, Energiestrom	$P$	Watt = $kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$	W	ja
Masse	$m$	Kilogramm (Basiseinheit) Gramm = $10^{-3} kg$ Tonne = $10^3 kg$	kg g t	nein ja ja
Raumwinkel	$\Omega$	Steradian = $m^2 \cdot m^{-2} = 1$	sr	ja
Schubmodul, Torsionsmodul	$G$	Pascal = $N \cdot m^{-2}$	Pa	ja
Trägheitsmoment	$J$	$kg \cdot m^2$		
Viskosität (dynamisch)	$\eta$	$Pa \cdot s = kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$ (Poise = $0,1 Pa \cdot s$ )	(P)	ja
Volumen	$V$	$m^3$ Liter = $dm^3 = 10^3 m^3$	I	ja ja
Winkel (eben)	$\alpha, \beta, \gamma$	Radian = $m \cdot m^{-1} = 1$ Grad = $1,745329 \cdot 10^{-2} rad$	rad °	ja nein
Winkelgeschwindigkeit	$\omega$	$rad \cdot s^{-1} = s^{-1}$		ja
Zeit	$t$	Sekunde (Basiseinheit) Minute = $60 s$ Stunde = $60 min = 3600 s$ Tag = $24 h = 1440 min = 86400 s$	s min h d	ja

Elektrische Einheiten				
Größe	Formelzeichen	Einheit	Zeichen	Vorsatz
Dielektrizitätskonstante	$\epsilon$	$F \cdot m^{-1} = s^4 \cdot A^2 \cdot kg^{-1} \cdot m^{-3}$		
Feldstärke	$E$	$V \cdot m^{-1} = kg \cdot m \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$		
Kapazität	$C$	Farad = $C \cdot V^{-1} = s^4 \cdot A^2 \cdot kg^{-1} \cdot m^{-2}$	F	ja
Ladung	$Q$	Coulomb = $A \cdot s$	C	ja
Leitwert	$G$	Siemens = $\Omega^{-1} = s^3 \cdot A^2 \cdot kg^{-1} \cdot m^{-2}$	S	ja
Spannung	$U$	Volt = $W \cdot A^{-1} = kg \cdot m^2 \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$	V	ja
spezifischer Widerstand	$\rho$	$\Omega \cdot m = kg \cdot m^3 \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$		
Stromdichte	$j$	$A \cdot m^{-2}$		
Stromstärke	$I$	Ampere (Basiseinheit)	A	ja
Verschiebungsdichte	$D$	$C \cdot m^2 = A \cdot s \cdot m^2$		
Widerstand	$R$	Ohm = $V \cdot A^{-1} = kg \cdot m^2 \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$	$\Omega$	ja

Magnetische Einheiten				
Größe	Formelzeichen	Einheit	Zeichen	Vorsatz
Feldstärke	$H$	$A \cdot m^{-1}$ (Oersted = $79,577 A \cdot m^{-1}$ )	(Oe)	
Fluss	$\Phi$	Weber = $V \cdot s = kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$ (Maxwell = $10^{-8} Wb$ )	Wb (M)	ja
Induktion, Flussdichte	$B$	Tesla = $Wb \cdot m^{-2} = kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$ (Gauß = $10^{-4} T$ )	T (G)	ja
Induktivität	$L$	Henry = $Wb \cdot A^{-1} = kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$	H	ja
Permeabilität	$\mu$	$H \cdot m^{-1} = kg \cdot m \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$		



Einheiten aus der Optik				
Größe	Formelzeichen	Einheit	Zeichen	Vorsatz
Beleuchtungsstärke	$E$	Lux = $\text{lm} \cdot \text{m}^{-2} = \text{cd} \cdot \text{sr} \cdot \text{m}^{-2}$	lx	ja
Leuchtdichte	$L$	$\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ (Stilb = $\text{cd} \cdot \text{cm}^{-2} = 10^4 \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ )	(sb)	ja
Lichtstärke	$I$	Candela (Basiseinheit)	cd	ja
Lichtstrom	$\Phi$	Lumen = $\text{cd} \cdot \text{sr}$	lm	ja

Einheiten aus der Wärmelehre				
Größe	Formelzeichen	Einheit	Zeichen	Vorsatz
Celsius-Temperatur	$t$	Grad Celsius ( $t = T - 273,15 \text{ K}$ )	$^{\circ}\text{C}$	nein
Temperatur	$T$	Kelvin (Basiseinheit)	K	ja
Temperaturdifferenz	$\Delta T$	Kelvin	K	ja
Wärmekapazität	$C$	$\text{J} \cdot \text{K}^{-1} = \text{W} \cdot \text{s} \cdot \text{K}^{-1} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$		
Wärmekapazität (spez.)	$c$	$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$		
Wärmeleitfähigkeit	$\lambda$	$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$		
Wärmemenge	$Q$	Joule = $\text{W} \cdot \text{s} = \text{N} \cdot \text{m} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$	J	ja

Einheiten aus der Atomphysik				
Größe	Formelzeichen	Einheit	Zeichen	Vorsatz
Aktivität	$A$	Becquerel = $\text{s}^{-1}$ (Curie = $3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$ )	Bq (Ci)	ja ja
Äquivalentdosis	$D_q$	Sievert = $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Rem = $10^{-2} \text{ Sv}$ )	Sv (rem)	ja ja
Energiedosis	$D$	Gray = $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} = \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ (Rad = $10^{-2} \text{ Gy}$ )	Gy (rd)	ja ja
Ionendosis	$X$	$\text{C} \cdot \text{kg}^{-1} = \text{A} \cdot \text{s} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Röntgen = $2,56 \cdot 10^{-4} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	(R)	ja

Einheiten aus der Chemie				
Größe	Formelzeichen	Einheit	Zeichen	Vorsatz
Molare Masse	$M$	$\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$		
Molares Volumen	$V_m$	$\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$		
Molare Wärmekapazität	$C_m$	$\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$		
Stoffmenge	$n$	Mol (Basiseinheit)	Mol	ja

Die in Klammern gesetzten Einheiten sind nicht mehr zulässige Einheiten und dürfen deshalb nicht mehr verwendet werden. In der letzten Spalte ist unter Vorsatz vermerkt, ob mit der jeweiligen Einheit ein Vorsatz nach Tab. 2 benutzt werden darf.

## VI Umrechnung von Einheiten

In den nachfolgenden Tabellen (gesetzliche Einheiten sind fett hervorgehoben) sind die wichtigsten Umrechnungsfaktoren zwischen den SI-Einheiten und anderen älteren, aber häufig in Tabellenwerken noch verwendeten Einheiten aufgeführt. Nach Möglichkeit sollten diese Einheiten heute nicht mehr verwendet werden. Bei der Rechnung mit Größen in diesen Einheiten sollte man sich immer an den Grundsatz halten, in allen Gleichungen die Einheiten der Größen mitzuschreiben. So können auch bei Verwendung veralteter Einheiten keine Fehler entstehen.

Kraft				
N	kp	Mp	p	dyn
1	0,102	$1,02 \cdot 10^{-4}$	102	$10^5$
9,81	1	$10^{-3}$	$10^3$	$9,81 \cdot 10^5$
$9,81 \cdot 10^3$	$10^3$	1	$10^6$	$9,81 \cdot 10^8$
$9,81 \cdot 10^{-3}$	$10^{-3}$	$10^{-6}$	1	981
$10^{-5}$	$1,02 \cdot 10^{-6}$	$1,02 \cdot 10^{-9}$	$1,02 \cdot 10^{-3}$	1

Arbeit, Energie					
J	kp · m	kWh	kcal	erg	eV
1	0,102	$2,78 \cdot 10^{-7}$	$2,39 \cdot 10^{-4}$	$10^7$	$6,24 \cdot 10^{18}$
9,81	1	$2,72 \cdot 10^{-6}$	$2,34 \cdot 10^{-3}$	$9,81 \cdot 10^7$	$6,12 \cdot 10^{19}$
$3,6 \cdot 10^6$	$3,67 \cdot 10^5$	1	860	$3,6 \cdot 10^{13}$	$2,25 \cdot 10^{25}$
4187	427	$1,16 \cdot 10^{-3}$	1	$4,19 \cdot 10^{10}$	$2,61 \cdot 10^{22}$
$10^{-7}$	$1,02 \cdot 10^8$	$2,78 \cdot 10^{-14}$	$2,39 \cdot 10^{-11}$	1	$6,24 \cdot 10^{11}$
$1,6 \cdot 10^{-19}$	$1,63 \cdot 10^{-20}$	$4,45 \cdot 10^{-26}$	$3,83 \cdot 10^{-23}$	$1,6 \cdot 10^{-12}$	1

Leistung					
W	kW	kp · m · s <sup>-1</sup>	PS	cal · s <sup>-1</sup>	kcal · h <sup>-1</sup>
1	$10^3$	0,102	$1,36 \cdot 10^3$	0,239	0,86
$10^3$	1	102	1,36	239	860
9,81	$9,81 \cdot 10^{-3}$	1	$1,33 \cdot 10^{-2}$	2,34	8,43
735,5	0,7355	75	1	175,7	632
4,187	$4,19 \cdot 10^{-3}$	0,427	$5,69 \cdot 10^{-3}$	1	3,6
1,16	$1,16 \cdot 10^{-3}$	0,119	$1,58 \cdot 10^{-3}$	0,278	1

Druck					
Pa = N · m <sup>-2</sup>	at = kp · cm <sup>-2</sup>	atm	bar	Torr	mm WS = kp · m <sup>-2</sup>
1	$1,02 \cdot 10^{-5}$	$9,87 \cdot 10^{-6}$	$10^{-5}$	$7,5 \cdot 10^{-3}$	0,102
$9,81 \cdot 10^4$	1	0,968	0,981	736	$10^4$
$1,013 \cdot 10^5$	1,033	1	1,013	760	$1,033 \cdot 10^4$
$10^5$	1,02	0,987	1	750	$1,02 \cdot 10^4$
133	$1,36 \cdot 10^{-3}$	$1,32 \cdot 10^{-3}$	$1,33 \cdot 10^{-3}$	1	13,6
9,81	$10^{-4}$	$9,68 \cdot 10^5$	$9,81 \cdot 10^{-5}$	$7,36 \cdot 10^{-2}$	1

## VII Wichtige physikalische Konstanten

Physikalische Konstanten		
Normalfallbeschleunigung	$g$	$9,80665 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
Gravitationskonstante	$Y$	$6,673 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$
Gaskonstante, molare	$R$	$8314,5 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$
Avogadro-Konstante	$N_A$	$6,02214 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Loschmidt-Konstante	$N_L$	$2,6868 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$
Boltzmann-Konstante	$k_B$	$1,38066 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$
Strahlungskonstante	$\sigma$	$5,6705 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$
Lichtgeschwindigkeit (Vakuum)	$c_0$	$299792,5 \cdot 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
elektrische Feldkonstante	$\epsilon$	$8,85419 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$
magnetische Feldkonstante	$\mu$	$1,256637 \cdot 10^{-6} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$
Faraday-Konstante	$F$	$9,6485 \cdot 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$
elektrische Elementarladung	$e$	$1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Elektronruhmasse	$m_e$	$9,1094 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Plancksches Wirkungsquantum	$h$	$6,6262 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Normvolumen, molares	$V_m$	$22,414 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
Protonenruhmasse	$m_p$	$1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Neutronenruhmasse	$m_n$	$1,6750 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

## VIII Literatur

- Krötzsch: Physikalisches Praktikum, Kap. 1.1, 1.2, 1.5
- Walcher: Praktikum der Physik, Kap. 1.1 (Teubner, Stuttgart)
- Walther (Hrsg.): Technische Formeln für die Praxis (Fachbuchverlag Leipzig)
- German, Drath: Handbuch SI-Einheiten (Vieweg, Braunschweig)