
Teil 1

Elektrische Messtechnik

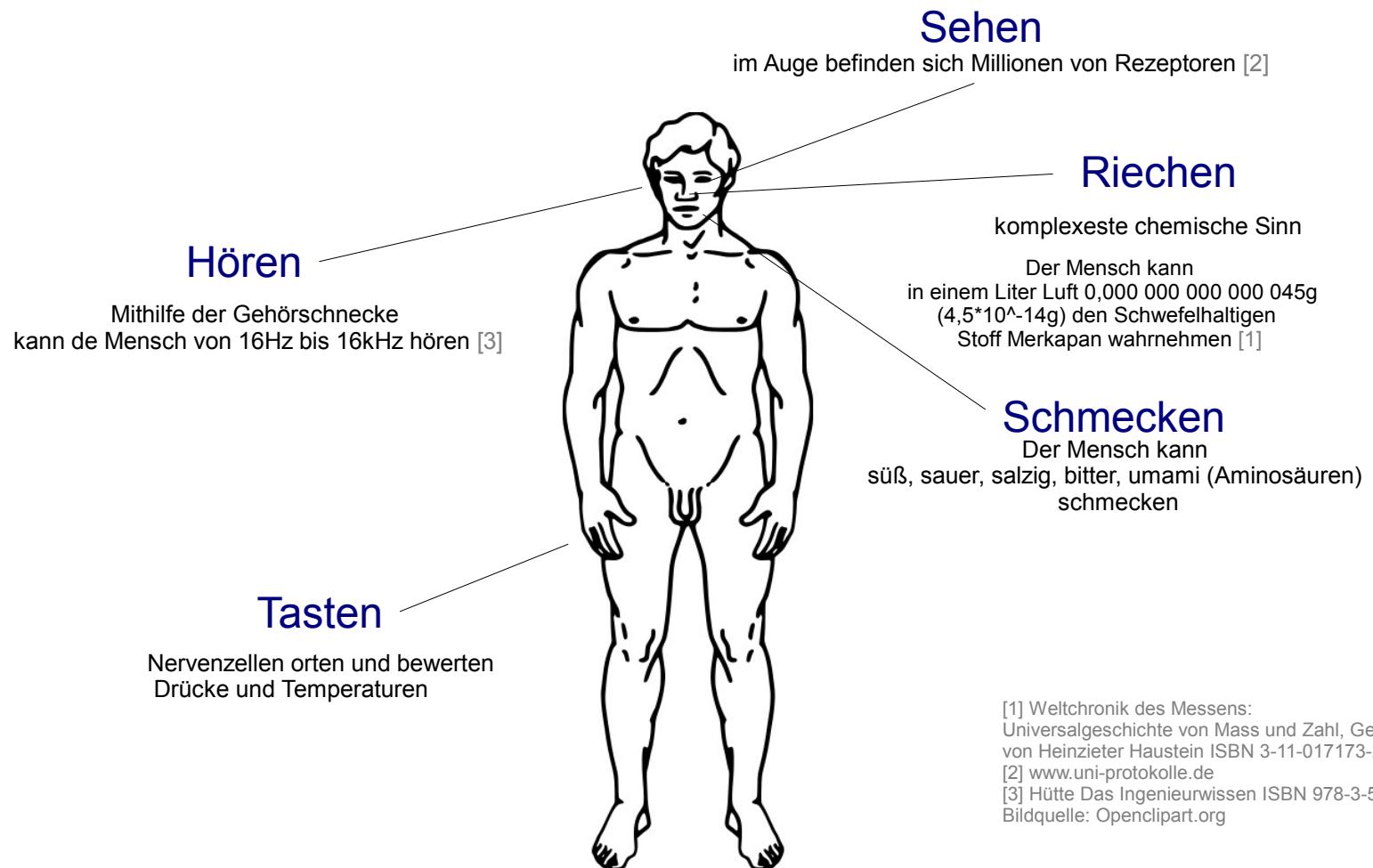
Messen mit Einheiten

- Warum Messen
- Was ist Messen
- SI-Einheitensystem
- SI-Einheitsvorsätze

Warum Messen ?

Warum Messen?

Der Mensch nutzt all seine Sinne
so gut er kann



[1] Weltchronik des Messens:
Universalgeschichte von Mass und Zahl, Geld und Gewicht von Heinzieter Haustein ISBN 3-11-017173-2

[2] www.uni-protokolle.de

[3] Hütte Das Ingenieurwissen ISBN 978-3-540-71851-2
Bildquelle: Openclipart.org



Warum Messen ?

Warum Messen ?

Automatisierung
von Prozessen

Vergleichbarkeit

Optimieren von
Systemen

Gerechter Tausch
oder Handel von Waren

Qualitätssicherung

Vereinfachung
der Zusammenarbeit

Analysieren

Technischer und
Wissenschaftlicher
Austausch

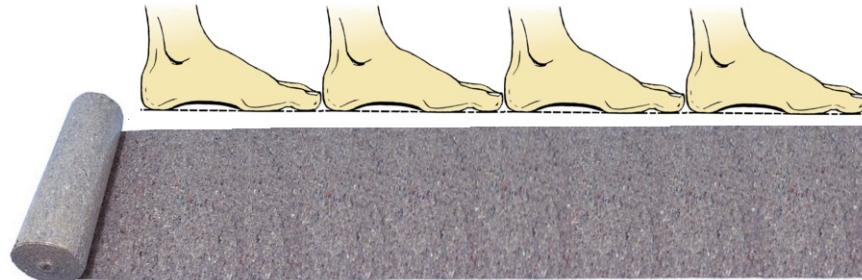
Unsere Sinne reichen hierfür nicht aus!

Was ist Messen ?

Was ist Messen

„Messen ist das Ausführen von geplanten Tätigkeiten zum quantitativen Vergleich einer Messgröße mit einer Einheit“
(siehe DIN 1319-1/1.95 [1])

$$\text{Messwert} = \text{Zahlenwert} \times \text{Einheit}$$



Also: wie oft passt eine Einheit in das Messobjekt

1 ft = 30,48 cm (12 Zoll), was fast der Schuhgröße 48½

[1] Elektrische Meßtechnik , Kurt Bergmann, ISBN 3-528-52080-X

Was ist Messen

Geplanter quantitativer Vergleich

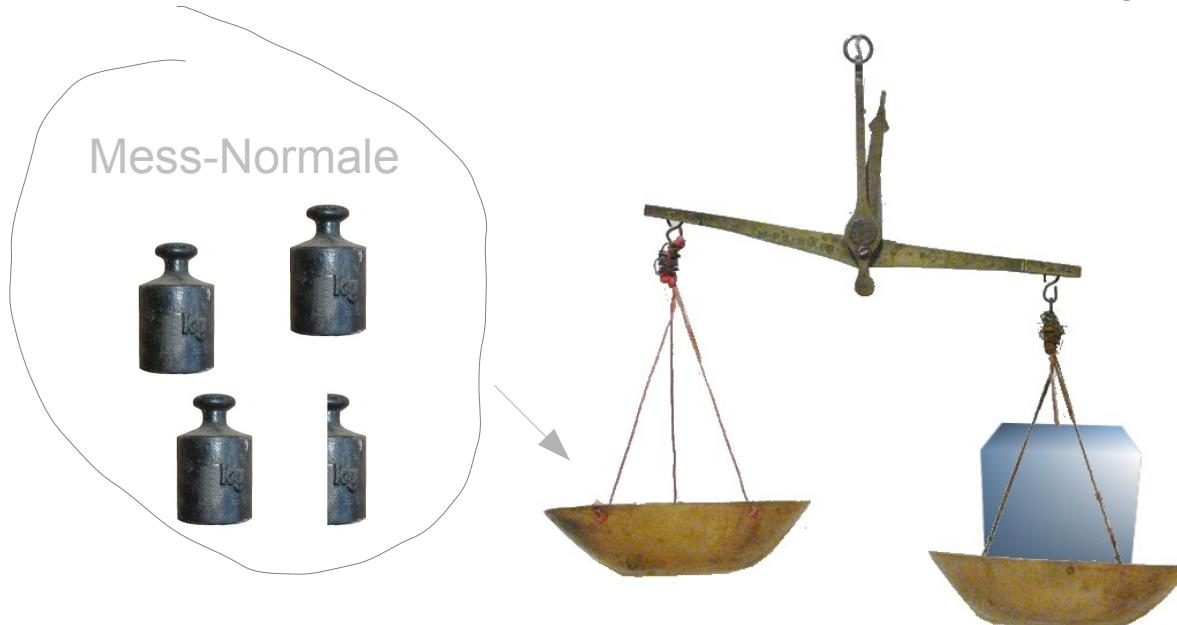


Messwert = Zahlenwert x Einheit

$$\text{Messwert} = 4 \times \text{Fuß} = 4 \text{ Fuß}$$

Was ist Messen

Geplanter quantitativer Vergleich



Wieviele Einheiten sind notwendig um ein Gleichgewicht herzustellen?

Messwert = Zahlenwert x Einheit

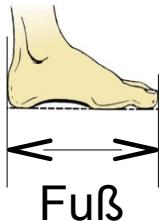
$$\text{Messwert} = \quad 3,5 \quad \times \quad \text{kg} \quad = \quad 3,5 \text{ kg}$$

Einheiten?

Welche gibt's?

Einheiten ursprünglich

Fußlänge



Fuß

Samen für
Gewicht Länge und Volumen

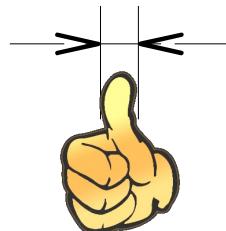


Beispiele:
1 Karat = 1 Samen des
Johannisbrotbaumes [1]

Inch lange von 3 Gerstenkörner [1]

Anzahl von Körnern entspricht
Volumen [1]

Fingerbreite



Herz-Puls
zur Zeitmessung



Girolamo Cardano benutzt 1570
den Puls für astronomische Zeitmessungen [2]

[1] Wikipedia.org

[2] <http://www.mikrolisk.de/show.php/201>

Einheiten ursprünglich

Alte Längen-Normale



Referenzkörper am Altstadt-Rathaus von Braunschweig [1]



Wiener Tuch- und Leinenelle [1]



Etalon für Längenmaße an der Wand des Königlichen Observatoriums in Greenwich, London .[1]



Preußische Elle und Preußischer Fuß am Rathaus Bad Langensalza.[1]

[1] Wikipedia

Einheiten ursprünglich

Im alten China wurde der Ton einer Rohrflöte gegebener Länge als Urmaß und Basis für die Längen Gewichts- und Volumsmessung.

Frequenz der Rohrflöte wurde in der Gelben Glocke, Huang Böschung konserviert

Quelle: Weltchronik des Messens:
Universalgeschichte von Mass und Zahl, Geld und Gewicht Von Heinz-Dieter Haustein
ISBN 3-11-017173-2

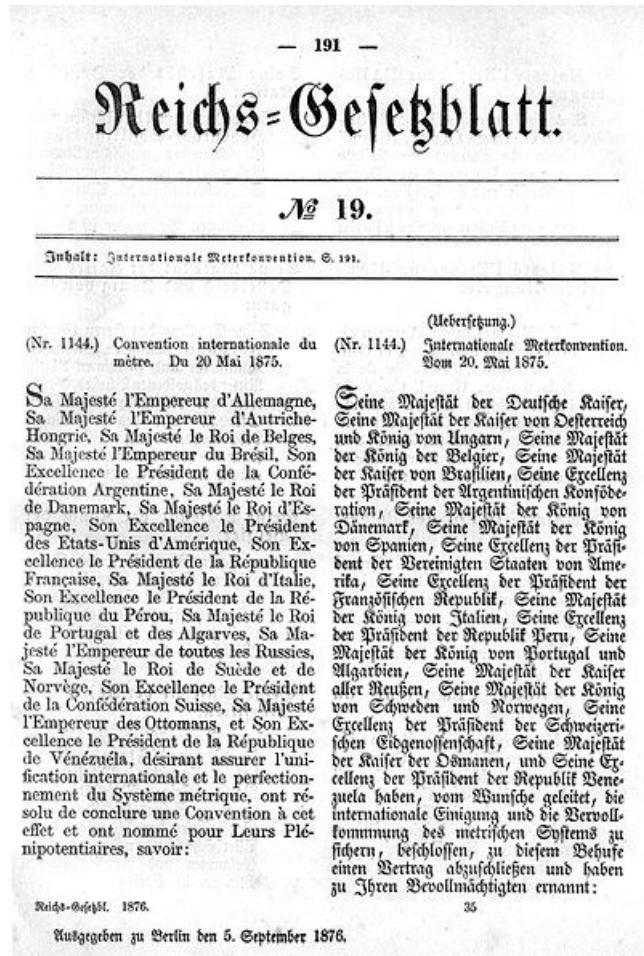


Bild-Quelle: OpenClipart.org

Einheiten jetzt?

Seit 1875

Staaten beschließen einen internationalen Vertrag



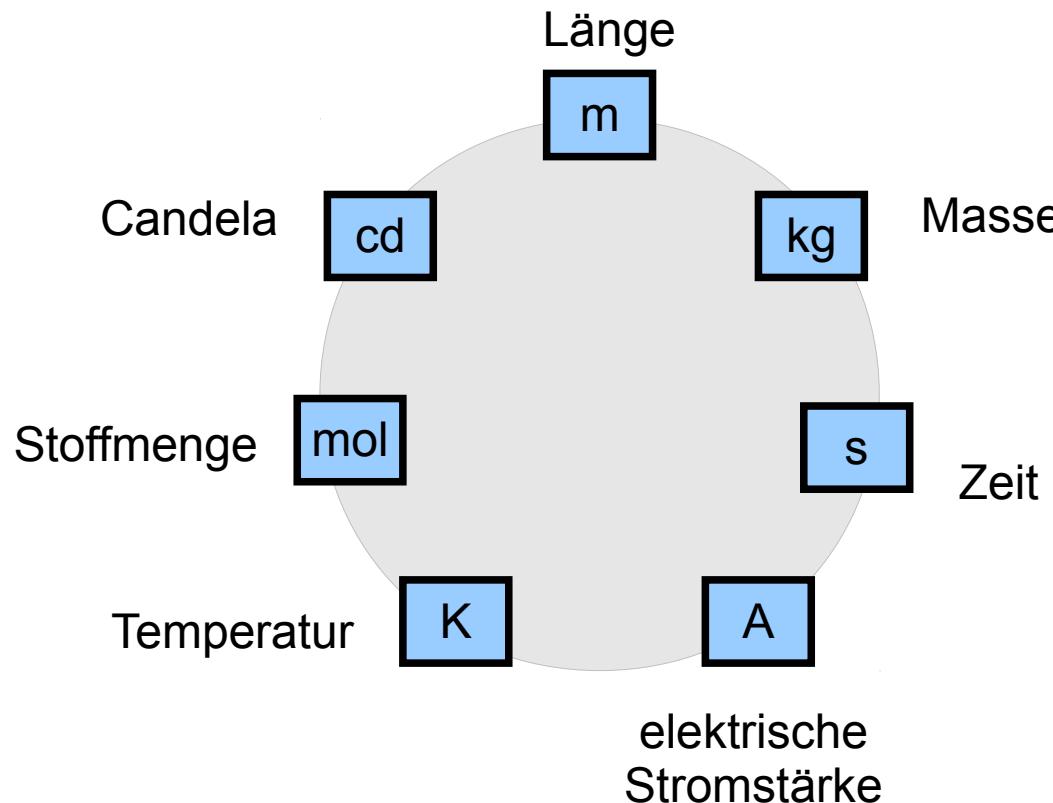
Reichsgesetzblatt vom 5. September 1876:
Internationale Meterkonvention. Vom 20. Mai 1875.^[1]

[1] Wikipedia

SI-Einheiten ?

Beginnend mit der internationalen Meterkonvention von 1875
SI-Basiseinheiten

(Système International d'Unités)

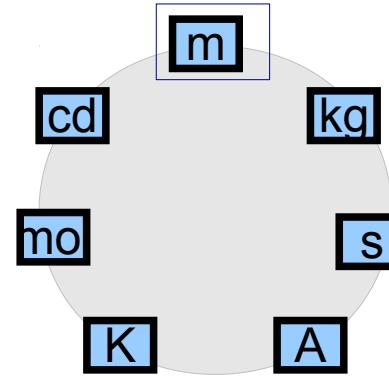


SI-Einheiten ?

Längeneinheit - Meter



Abstandsmessung zu Mond [1]



Seit 1983

Definition über **Lichtgeschwindigkeit** und **Zeiteinheit**:

„1 Meter (m) ist die Länge der Strecke, die Licht im Vakuum während der Dauer von $1/299\ 792\ 458$ Sekunden durchläuft (10^{-14})“ [3]

Ursprünglich 40 millionster Teil eines Erdmeridians [2]

Bis 1960 Urmeter [2]

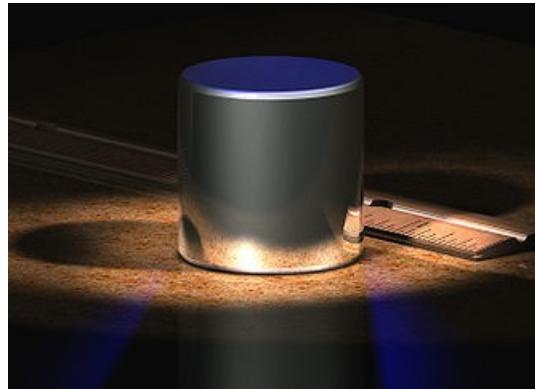
[1] www.wikipedia.org

[2] Goldmann Lexikon ISBN 3-442-90000-X

[3] Hütte Das Ingenieurwissen ISBN 978-3-540-71851-2

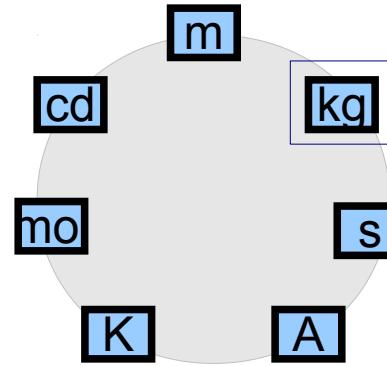
SI-Einheiten ?

Massen - Kilogramm



Ur Kilo (bei Paris)

Bild-Quelle: wikipedia.org



Seit 1889

„1 Kilogramm (kg) ist die Masse des internationalen **Kilogrammprototyps** (10^{-9}).“ [2]

Ursprünglich: 1 Liter Wasser bei maximaler Dichte (Urkilo ist geringfügig schwerer) [Quelle Wikipedia]

Wird alle paar Jahrzehnte aus den Schutzglocken entnommen und mit den nationalen Kilogrammprototypen verglichen [1]

Gewichtsschwund seit 100 Jahren 40µg (entspricht einem Salzkorn) oder 60Tonnen Reis der Weltjahresproduktion von 825Mill Tonnen [1]

[1] www.tuev.at TÜV TIMES > Ausgabe 03 Sept. 08

[2] Hütte Das Ingenieurwissen ISBN 978-3-540-71851-2

[3] http://www.ptb.de/de/publikationen/download/pdf/einheiten.pdf

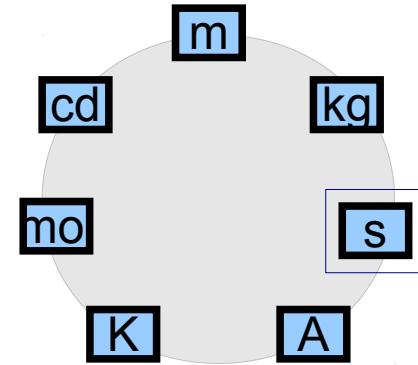
SI-Einheiten ?

Zeiteinheit - Sekunde



Atomuhr

Bild-Quelle: www.wikipedia.org



Seit 1967

Definition über **atomphysikalische** Eigenschaft:

„1 Sekunde (s) ist das 9 192 631 770-fache (~9 Milliarden fache) der Periodendauer der dem Übergang zwischen den beiden Hyperfeinstrukturniveaus des Grundzustands von Atomen des Nuklids ^{133}Cs entsprechenden Strahlung (10^{-14})“ [2]

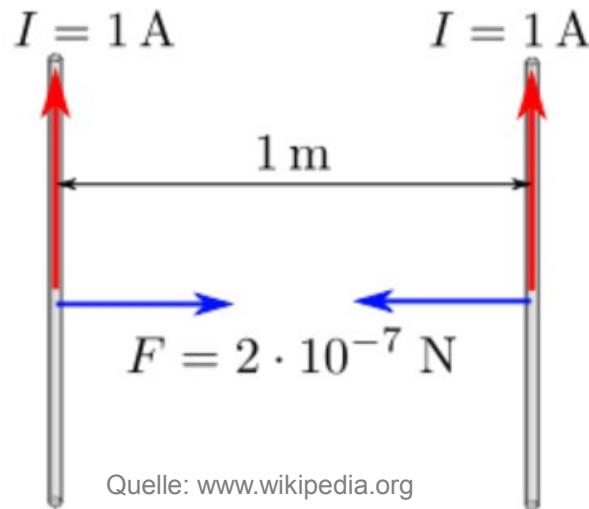
Ursprünglich 1/86400 ste Teil eines mittleren Sonnentages [1]

[1] Goldmann Lexikon ISBN 3-442-90000-X

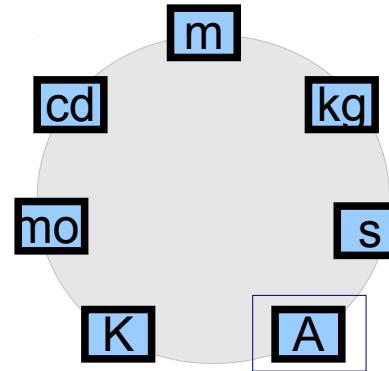
[2] Hütte Das Ingenieurwissen ISBN 978-3-540-71851-2

SI-Einheiten ?

Elektrische Stromstärke - Ampere



Quelle: www.wikipedia.org



Seit 1946

„1 Ampere (A) ist die Stärke eines zeitlich unveränderlichen Stroms, der durch zwei im Vakuum parallel im Abstand von 1 Meter angeordnete, geradlinige, unendlich lange Leiter von vernachlässigbar kleinem kreisförmigem Querschnitt fließend, **zwischen diesen Leitern** je 1 Meter Leiterlänge die **Kraft** $2 \cdot 10^{-7}$ **Newton** hervorruft (10^{-6}).“ [1]

[1] Hütte Das Ingenieurwissen ISBN 978-3-540-71851-2

SI-Einheiten ?

Temperatureinheit -**Kelvin**

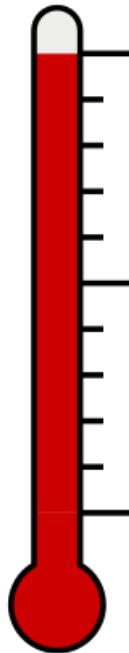
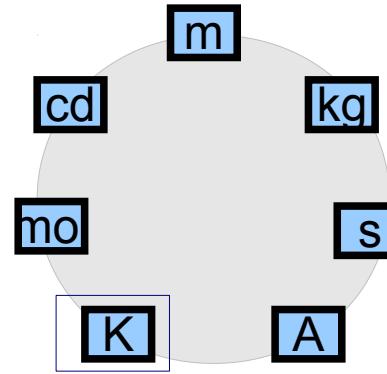


Bild-Quelle[2]



„1 *Kelvin* (K) ist der 273,16-te Teil der thermodynamischen **Temperatur** des Tripelpunktes des Wassers (10^{-6})“ [1]

(Der Tripelpunkt ist der Punkt wo Wasser in 3 Aggregatzuständen auftritt (bei niedrigen Drücken). Die Temperatur dieses Punkts liegt ungefähr dort wo Wasser gefriert!)

[1] Hütte Das Ingenieurwissen ISBN 978-3-540-71851-2

[2] openclipart.org

SI-Einheiten ?

Stoffmenge - Mol

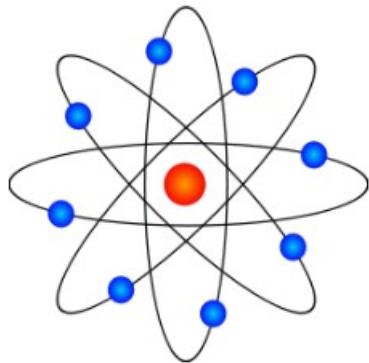
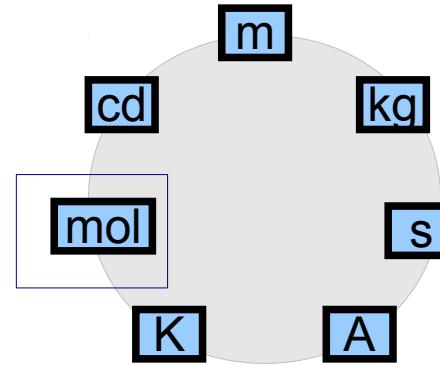


Bild-Quelle[3]



„1 *Mol* (mol) ist die **Stoffmenge** eines Systems, das aus ebenso viel Teilchen besteht, wie **Atome** in 0,012 **Kilogramm** des Kohlenstoff-Nuklids ^{12}C enthalten sind (10^{-6})“ [1]

Definition der atomaren Masseneinheit (u) beträgt die Masse von $6,022\,141\,79\,(30) \cdot 10^{23}$ (Avogadro-Zahl) Atomen ^{12}C im Grundzustand exakt 12 g.[2]

[1] Hütte Das Ingenieurwissen ISBN 978-3-540-71851-2

[2] www.wikipedia.org

[3] openclipart.org

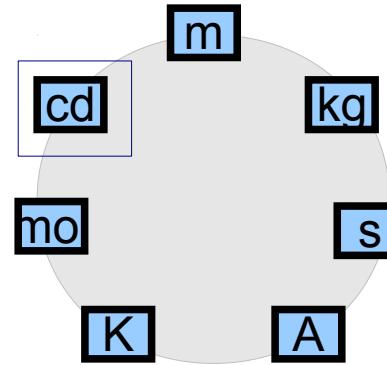
SI-Einheiten ?

Lichtstärke-Candela

[lat. Kerze] [2]



Bild-Quelle[3]



„1 *Candela* (cd) ist die **Lichtstärke** in einer bestimmten Richtung einer Strahlungsquelle, die monochromatische Strahlung der Frequenz 540 THz aussendet und deren Strahlstärke in dieser Richtung $1/683\text{W/sr}$ beträgt $(5 \cdot 10^{-3})$.“ [1] $540\text{THz} = 555\text{nm} = \text{grün}$

Lichtquelle	Lichtstärke in Candela (cd)
Stearinkerze (1cm)	1
Petroleumlampe	12
Glühlampe 15W	11
Glühlampe 66W	66
Glühlampe 100W	110
Leuchtstofflampe 36W	180 bis 330 (je nach Lichtfarbe)

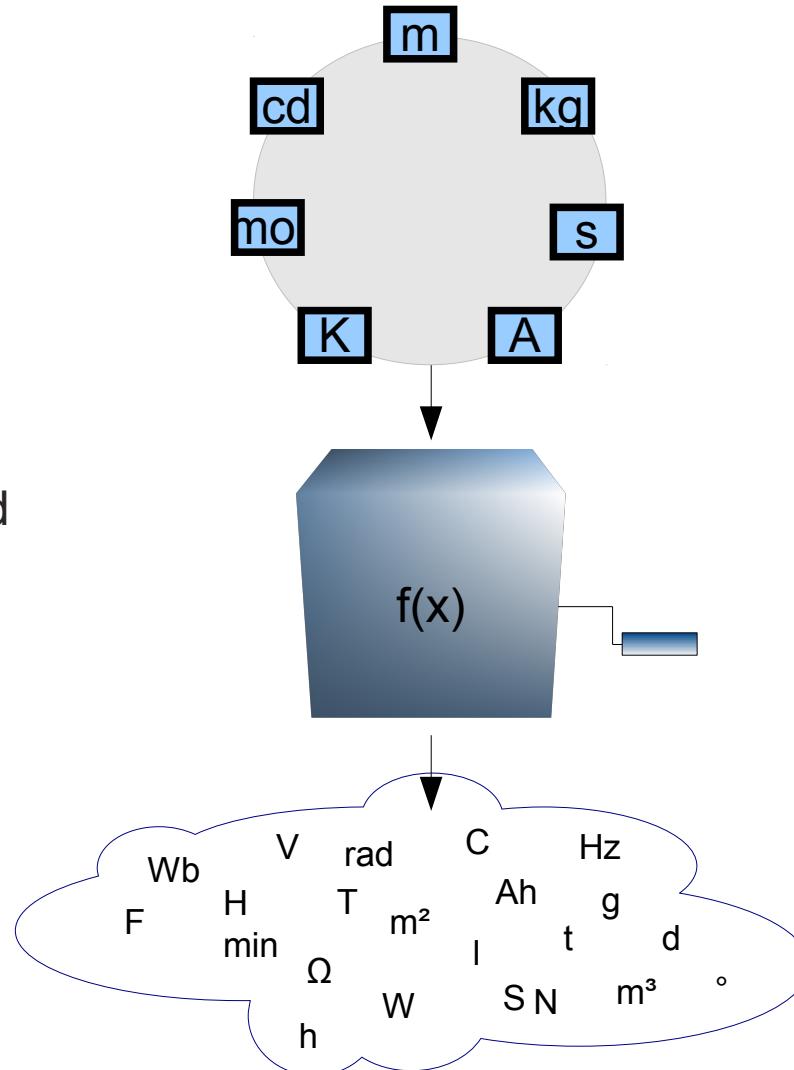
Quelle [2]

SI-Basiseinheiten → Einheiten

SI-Basiseinheiten

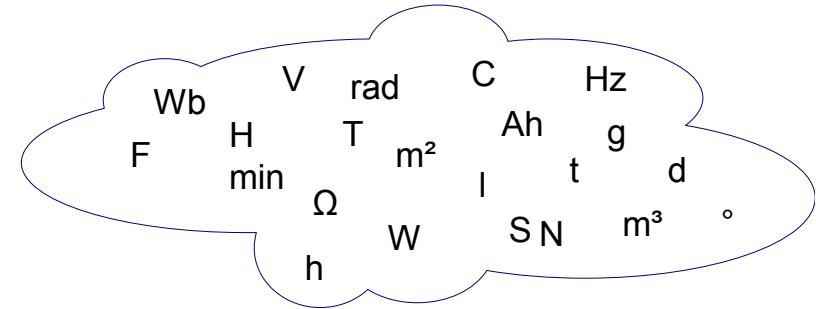
durch Multiplikation und
Division aus den
Basiseinheiten [1]

Einheiten



Die wichtigsten Einheiten

Größe	Einheitenname	Zeichen	Beziehungen und Bemerkungen
Länge	Meter	m	SI-Basiseinheit
ebener Winkel	Radiant Grad	rad °	1 rad= 1 m/m 1°=(Pi/180)*rad
Fläche	Quadratmeter	m ²	
Volumen	Kubikmeter Liter	m ³ l	1 l=1 dm ³
Masse	Kilogramm Gramm Tonne	kg g t	1 g=10 ⁻³ kg 1 t=10 ³ kg
Zeit	Sekunde Minute Stunde Tag	s min h d	SI-Basiseinheit 1 min=60 s 1 h=60 min=3600 s 1 d=24 h= 1440 min=85400 s
Frequenz	Herz	Hz	1 Hz=1/s
Kraft	Newton	N	1 N=1 kg*m/s ²
Leistung	Watt	W	1 W=1 J/s=1 N*m/s = 1 V*A=1 m ² kg/s ³

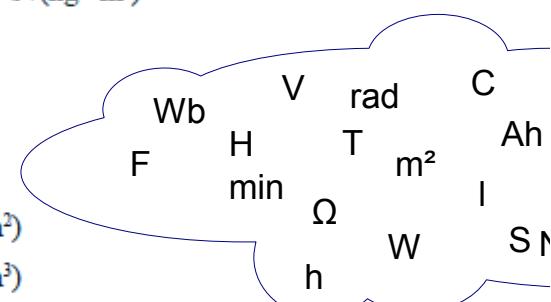


Quelle: <http://www.ptb.de/de/publikationen/download/pdf/einheiten.pdf>

Die wichtigsten Einheiten

Elektrische

Größe	Einheitenname	Zeichen	Beziehungen und Bemerkungen		
elektr. Stromstärke	Ampere	A	SI-Basiseinheit		
elektr. Spannung, elektr. Potential,					
elektromotor. Kraft	Volt	V	1 V	= 1 W/A	= 1 kg · m ² /(A · s ³)
elektr. Widerstand	Ohm	Ω	1 Ω	= 1 V/A	= 1/S = 1 W/A ² = 1 kg · m ² /(A ² · s ³)
elektr. Leitwert	Siemens	S	1 S	= 1 A/V	= 1/Ω = 1 W/V ² = 1 A ² · s ³ /(kg · m ²)
elektr. Ladung, Elektrizitätsmenge	Coulomb Amperestunde	C A · h	1 C	= 1 A · s	
			1 A · h	= 3600 A · s = 3600 C	
elektr. Ladungsdichte		C/m ³	1 C/m ³	= 1 A · s/m ³	
elektr. Flußdichte, Verschiebung		C/m ²	1 C/m ²	= 1 A · s/m ²	
elektr. Kapazität	Farad	F	1 F	= 1 C/V	= 1 A · s/V = 1 A ² · s ⁴ /(kg · m ²)
Permittivität		F/m	1 F/m	= 1 A · s/(V · m)	= 1 A ² · s ⁴ /(kg · m ³)
elektr. Feldstärke		V/m	1 V/m	= 1 kg · m/(A · s ³)	• DIN 1357
magn. Fluß	Weber	Wb	1 Wb	= 1 V · s	= 1 T · m ² = 1 A · H = 1 kg · m ² /(A · s ²)
magn. Flußdichte, magn. Induktion	Tesla	T	1 T	= 1 Wb/m ² = 1 V · s/m ²	= 1 kg/(s ² · A)
Induktivität, magn. Leitwert	Henry	H	1 H	= 1 Wb/A	= V · s/A = 1 kg · m ² /(A ² · s ²)
Permeabilität		H/m	1 H/m	= 1 V · s/(A · m)	= 1 kg · m/(A ² · s ²)
magn. Feldstärke		A/m			



Quelle: <http://www.ptb.de/de/publikationen/download/pdf/einheiten.pdf>

SI- Einheitenvorsätze

SI- Einheitenvorsätze

Zur Vervielfachung und Unterteilung der Einheiten wurden, im Internationalen System der Einheiten, folgende Vorsätze definiert:

Factor	Name	Symbol	Factor	Name	Symbol
10^1	deca	da	10^{-1}	deci	d
10^2	hecto	h	10^{-2}	centi	c
10^3	kilo	k	10^{-3}	milli	m
10^6	mega	M	10^{-6}	micro	μ
10^9	giga	G	10^{-9}	nano	n
10^{12}	tera	T	10^{-12}	pico	p
10^{15}	peta	P	10^{-15}	femto	f
10^{18}	exa	E	10^{-18}	atto	a
10^{21}	zetta	Z	10^{-21}	zepto	z
10^{24}	yotta	Y	10^{-24}	yocto	y

Quelle: http://www.bipm.org/utils/common/pdf/si_brochure_8_en.pdf 8th edition 2006

SI- Einheitenvorsätze

1000 000 000 000	= 1 T
1000 000 000	= 1 G
1000 000	= 1 M
1000	= 1 k
0,001	= 1 m
0,000 001	= 1 μ
0,000 000 001	= 1 n
0,000 000 000 001	= 1 p

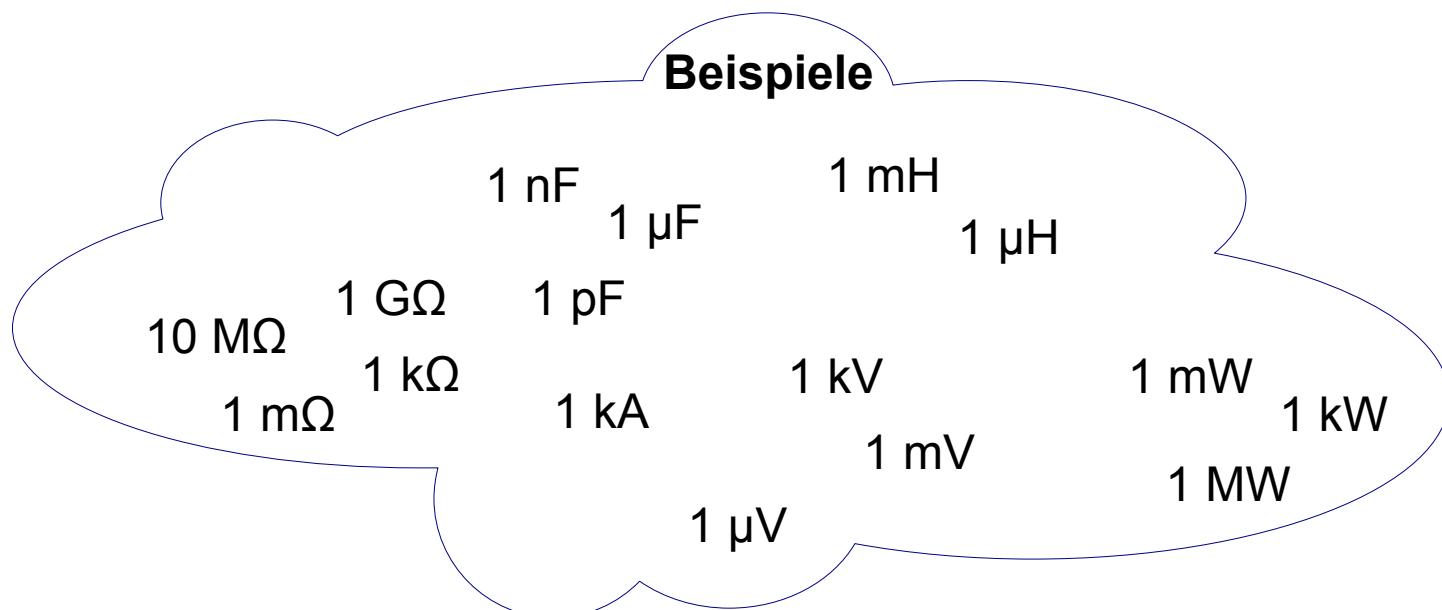
Messwert = Zahlenwert x Einheitenvorsatz x Einheit

$$= \quad 2,5 \quad \times \quad \mu \quad \times \quad F \quad = \quad 2,5 \mu F$$

→ Besser als 0,000 0025F

SI- Einheitenvorsätze

1000 000 000 000	= 1 T
1000 000 000	= 1 G
1000 000	= 1 M
1000	= 1 k
0,001	= 1 m
0,000 001	= 1 μ
0,000 000 001	= 1 n
0,000 000 000 001	= 1 p



Danke für die Aufmerksamkeit!

mszivatz@gmx.at