
Teil 1

Elektrische Messtechnik

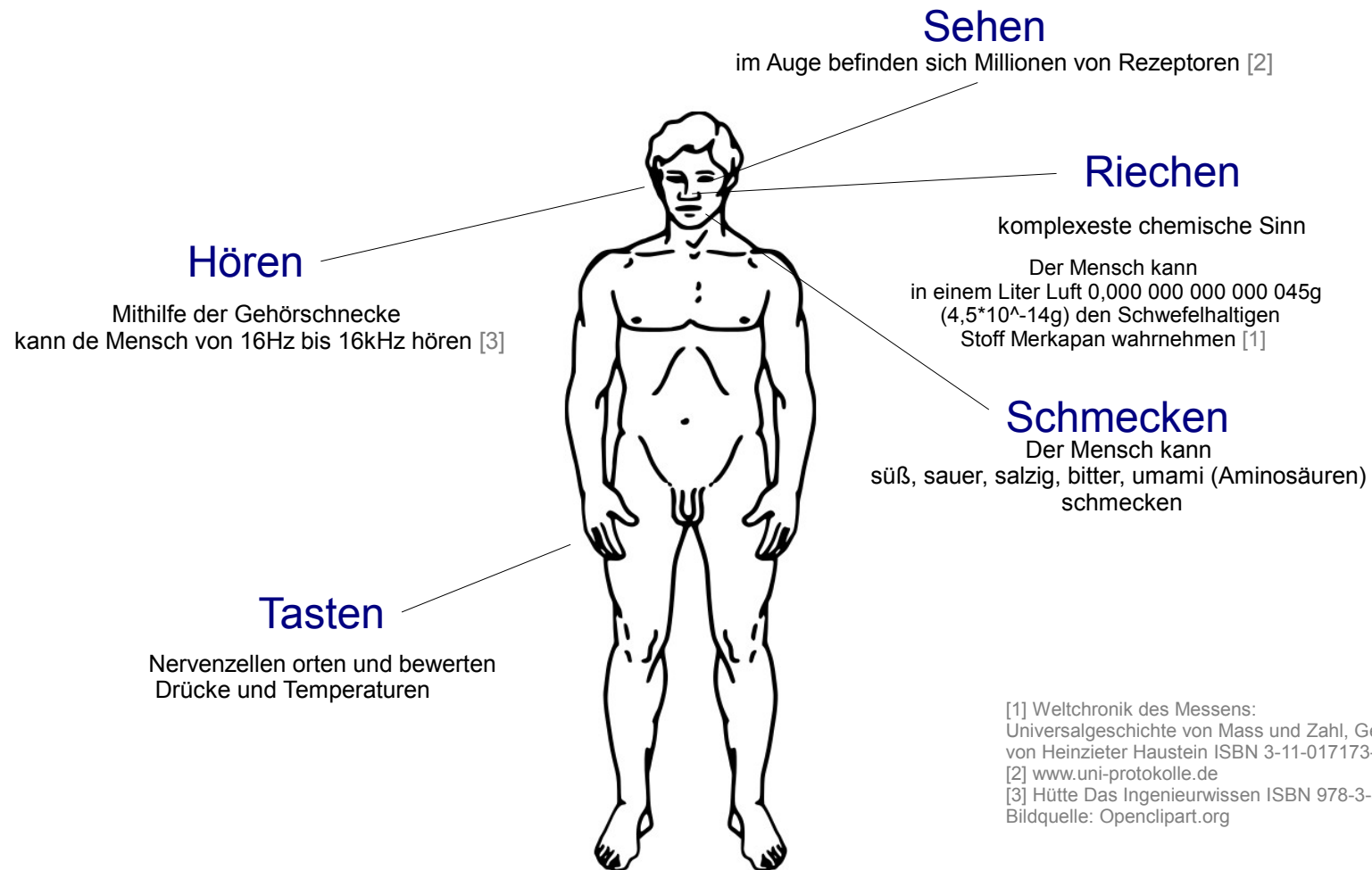
Messen mit Einheiten

- Warum Messen
- Was ist Messen
- SI-Einheitensystem
- SI-Einheitenvorsätze

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 Heinz Dieter 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 ?



Unsere Sinne reichen hierfür nicht aus!

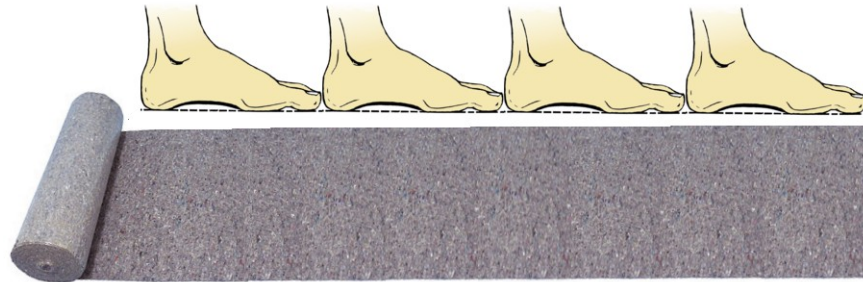
Was ist Messen ?

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])

Messwert = Zahlenwert x Einheit



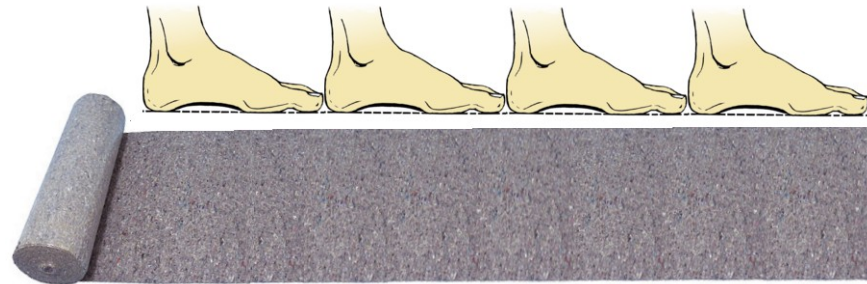
Also: wie oft passt eine Einheit in das Messobjekt

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**

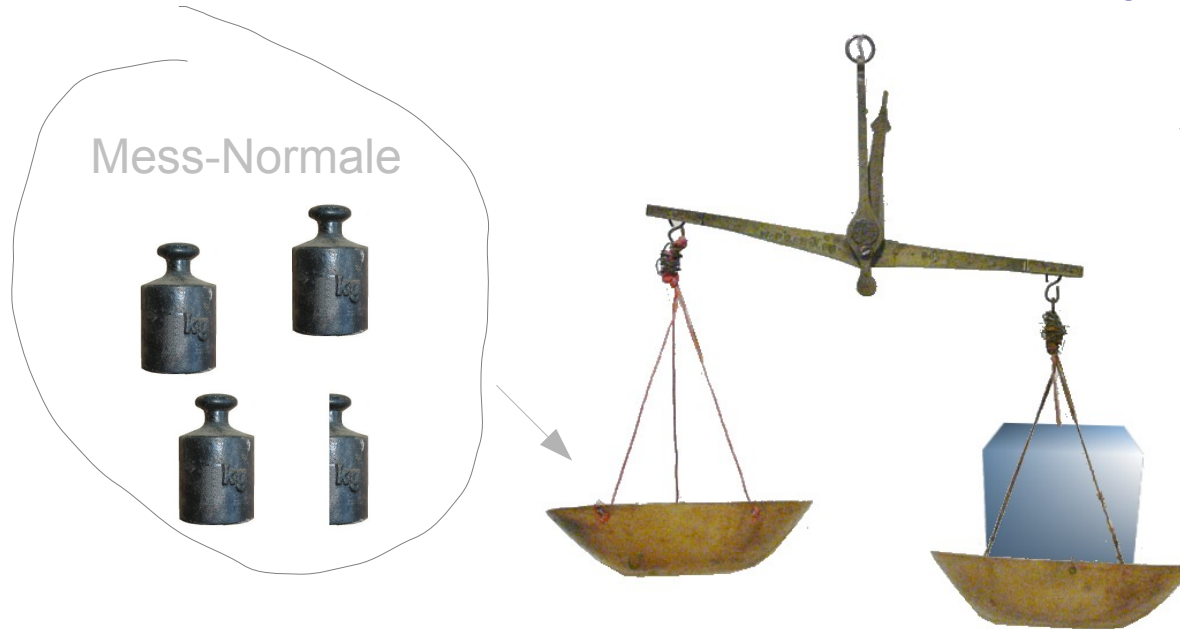


Messwert = Zahlenwert x Einheit

Messwert = 4 x  = 4 Fuß

Was ist Messen

Geplanter quantitativer Vergleich



Wieviele Einheiten sind notwendig um ein Gleichgewicht herzustellen?

Messwert = Zahlenwert x Einheit

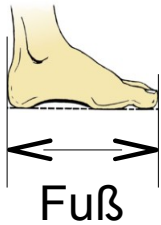
$$\text{Messwert} = 3,5 \times \text{kg} = 3,5 \text{ kg}$$

Einheiten?

Welche gibt's?

Einheiten ursprünglich

Fußlänge



Samen für
Gewicht Länge und Volumen

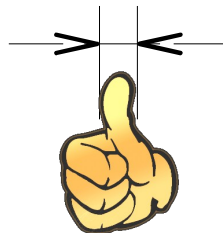


Beispiele:
1 Karat = 1 Samen des
Johannisbrodbaumes [1]

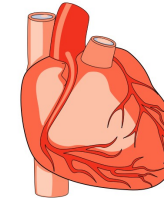
Inch länge von 3 Gerstenkörner [1]

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

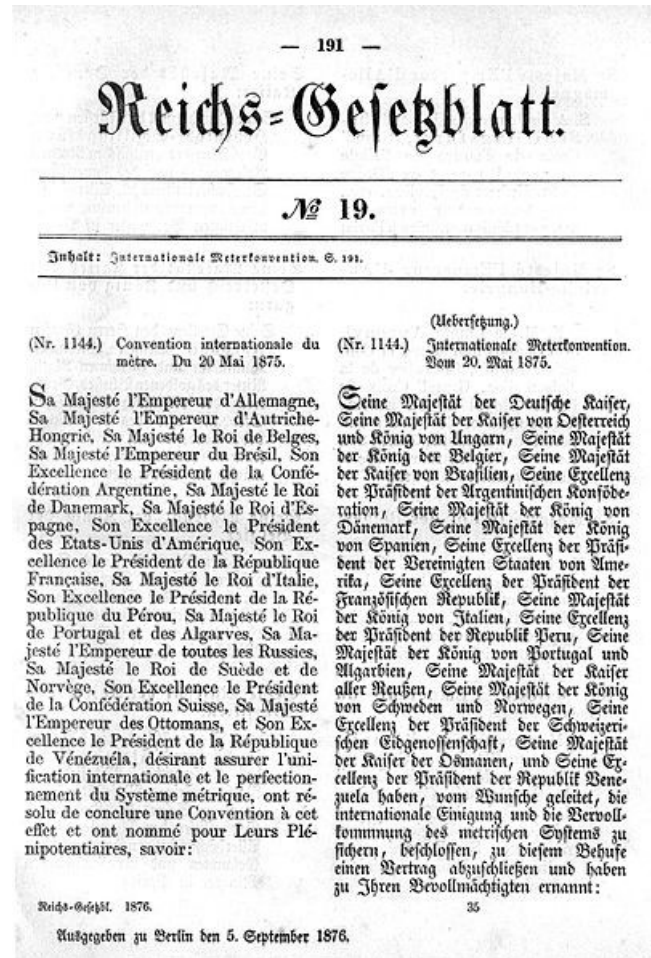


Bild-Quelle: OpenClipart.org

Einheiten jetzt?

Seit 1875

Staaten beschließen einen internationalen Vertrag



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

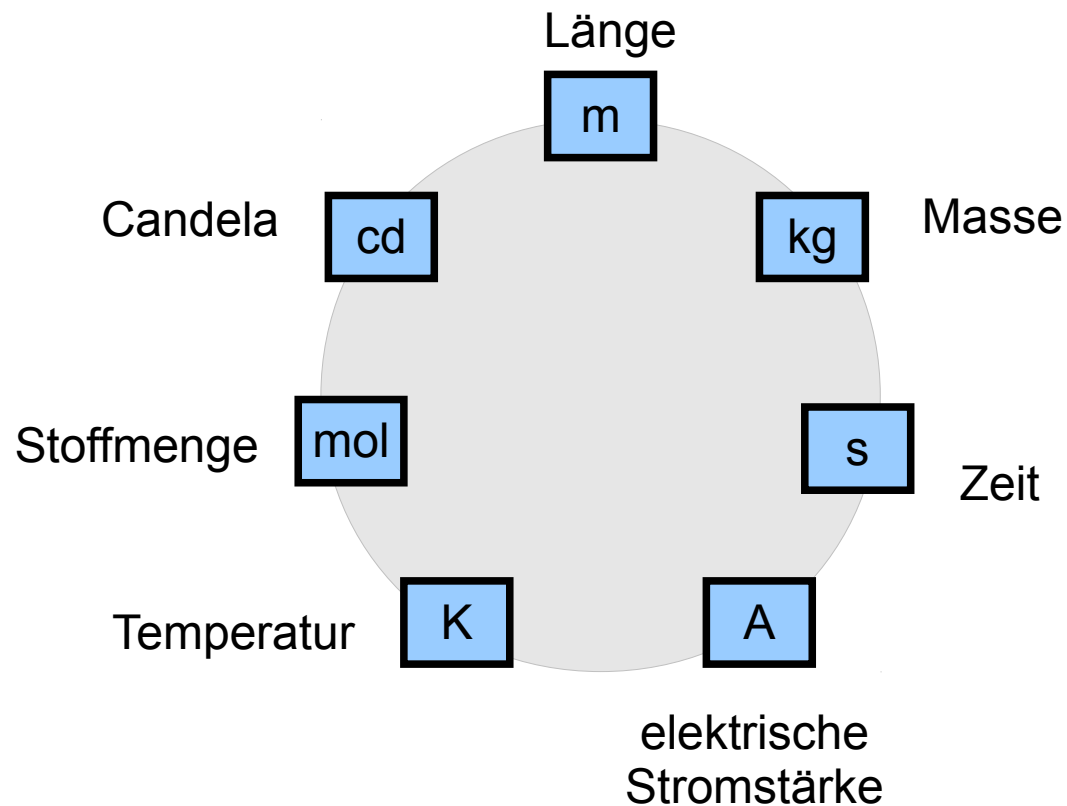
[1] Wikipedia

SI-Einheiten ?

Beginnend mit der internationalen Meterkonvention von 1875

SI-Basiseinheiten

(Système International d'Unités)

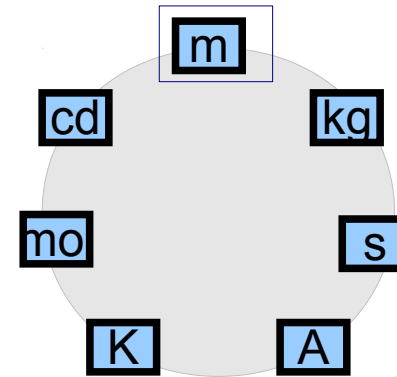


SI-Einheiten ?

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]

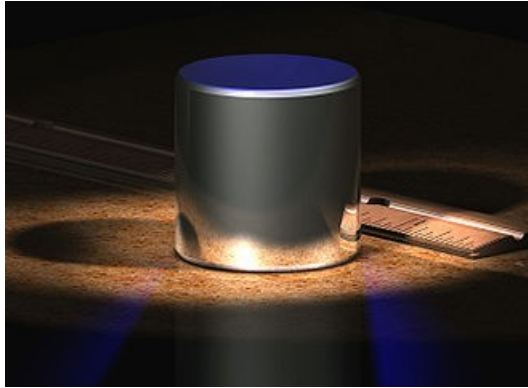
[1] www.wikipedia.org

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

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

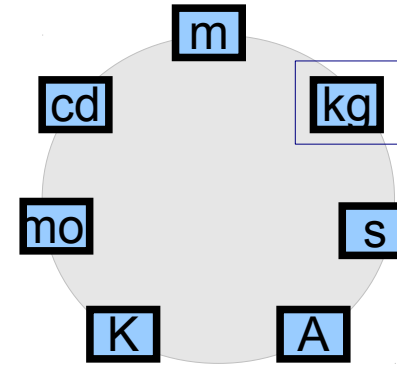
SI-Einheiten ?

Masse - 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 $40\mu\text{g}$ (entspricht einen Salzkorn) oder 60 Tonnen Reis der Weltjahresproduktion von 825 Mill. Tonnen [1]

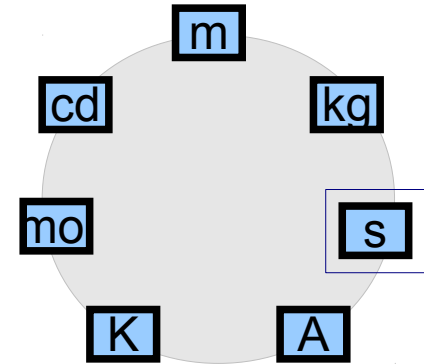
SI-Einheiten ?

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]

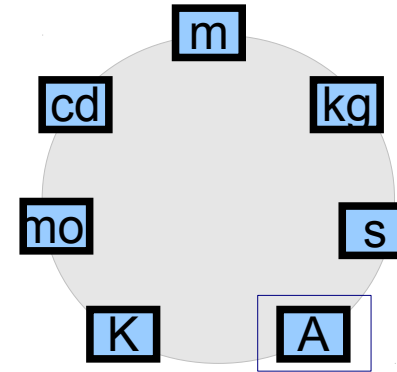
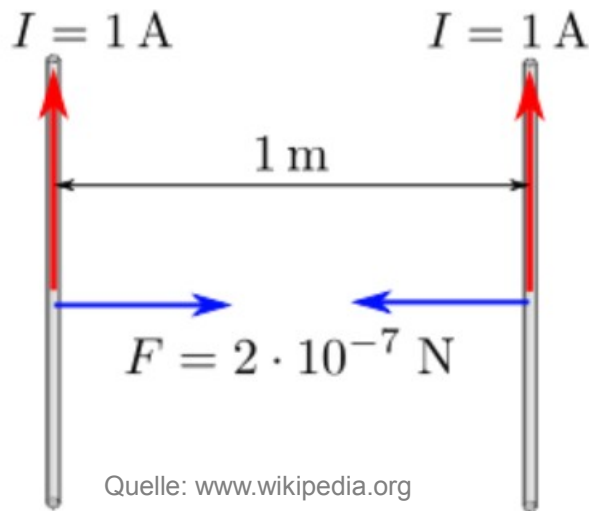
Ursprünglich 1/86400 ste Teil eines mittleren Sonnentages [1]

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

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

SI-Einheiten ?

Elektrische Stromstärke - Ampere



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]

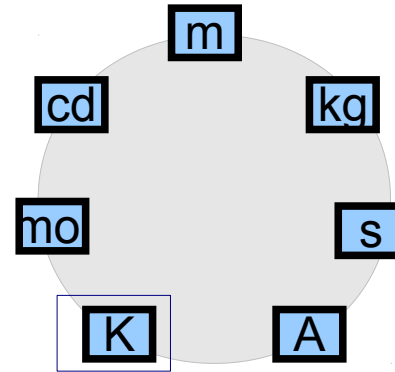
[1] Hütte Das Ingenieurwissen ISBN 978-3-540-71851-2

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 Aggregat-Zuständen 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

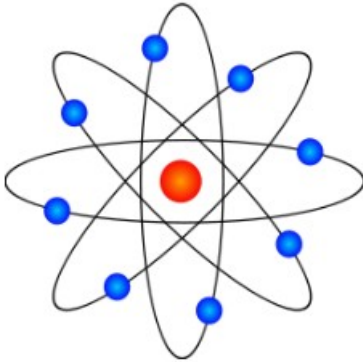
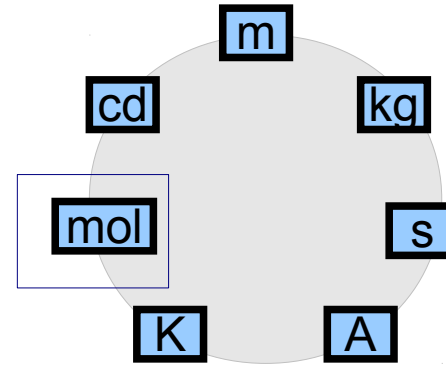


Bild-Quelle[3]



„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

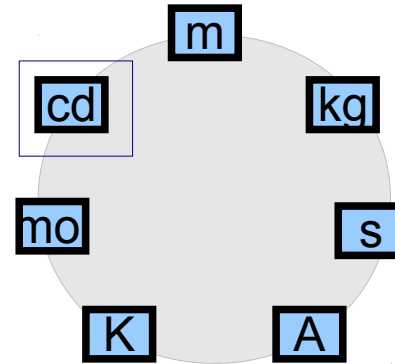
SI-Einheiten ?

Lichtstärke-Candela

[lat. Kerze] [2]



Bild-Quelle[3]

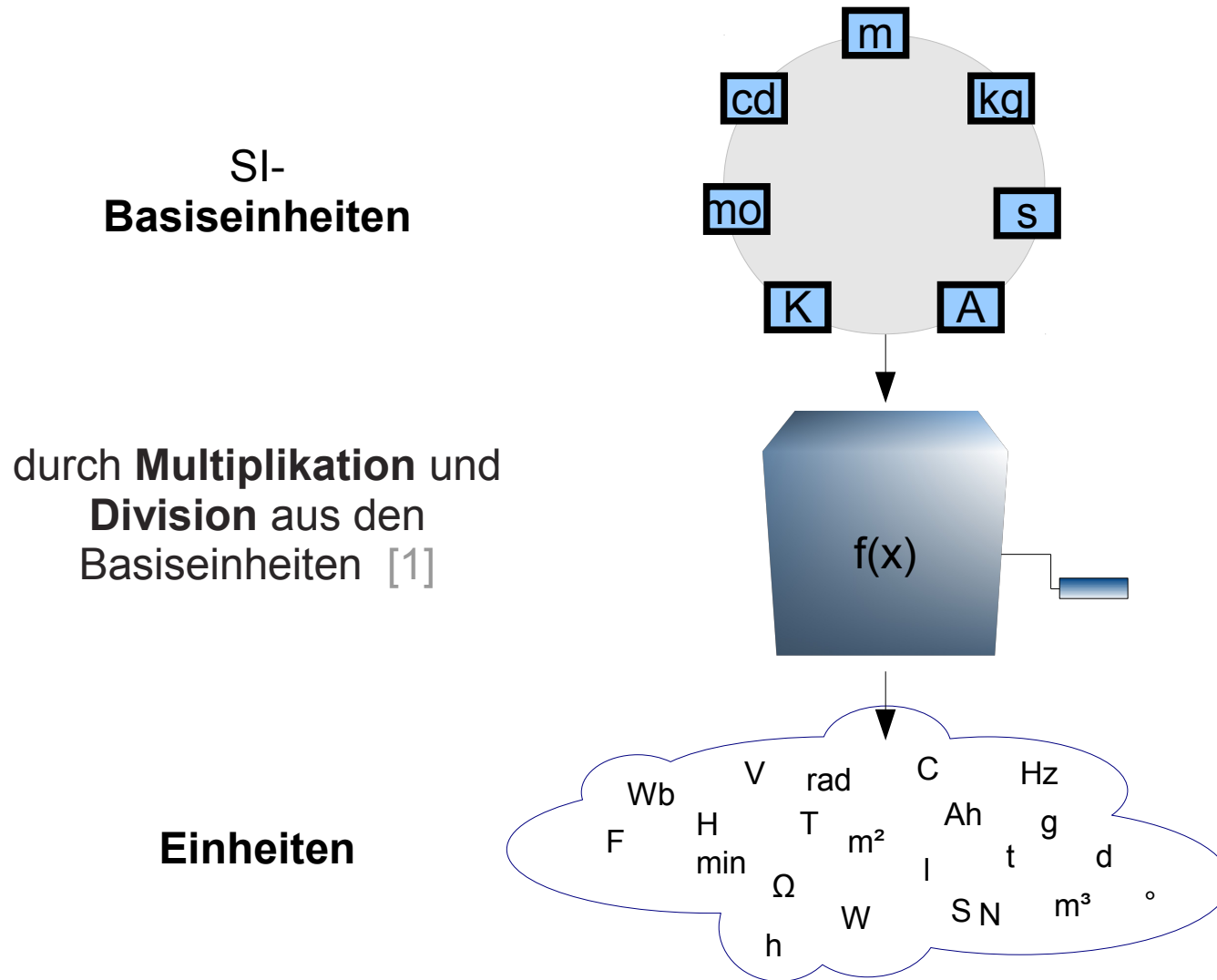


„1 *Candela* (cd) ist die **Lichtstärke** in einer bestimmten Richtung einer Strahlungsquelle, die monochromatische Strahlung der Frequenz 540 THz aussendet und deren Strahlstärke in dieser Richtung 1/683 W/sr beträgt ($5 \cdot 10^{-3}$).“ [1] 540 THz = 555 nm = grün

Lichtquelle	Lichtstärke in Candela (cd)
Stearinkerze (1 cm)	1
Petroleumlampe	12
Glühlampe 15 W	11
Glühlampe 60 W	66
Glühlampe 100 W	110
Leuchtstofflampe 36 W	180 bis 330 (je nach Lichtfarbe)

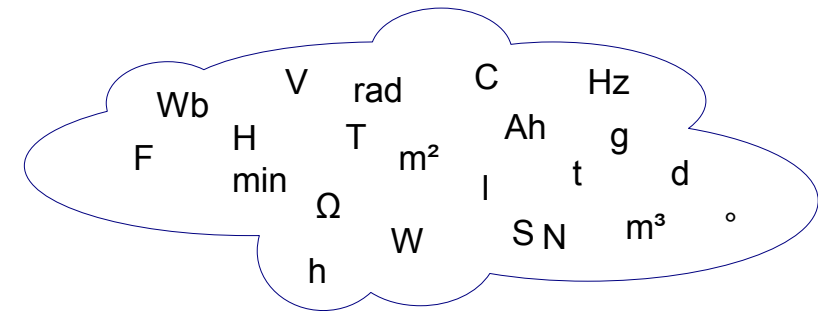
Quelle [2]

SI-Basiseinheiten → Einheiten



Die wichtigsten Einheiten

Größe	Einheitenname	Zeichen	Beziehungen und Bemerkungen
Länge	Meter	m	SI-Basiseinheit
ebener Winkel	Radian	rad	1 rad= 1 m/m
	Grad	°	1°=(π /180)*rad
Fläche	Quadratmeter	m ²	
Volumen	Kubikmeter	m ³	
	Liter	l	1 l=1 dm ³
Masse	Kilogramm	kg	
	Gramm	g	1 g=10 ⁻³ kg
	Tonne	t	1 t=10 ³ kg
Zeit	Sekunde	s	SI-Basiseinheit
	Minute	min	1 min=60 s
	Stunde	h	1 h=60 min=3600 s
	Tag	d	1 d=24 h= 1440 min=86400 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

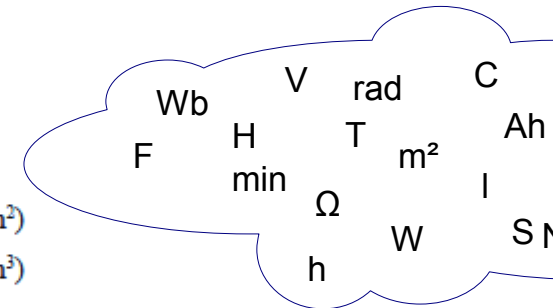


Quelle: <http://www.ptb.de/de/publikationen/download/pdf/einheiten.pdf>

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	$= 1 \text{ W/A}$	$= 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / (\text{A} \cdot \text{s}^3)$
elektr. Widerstand	Ohm	Ω	1 Ω	$= 1 \text{ V/A}$	$= 1/\text{S} = 1 \text{ W/A}^2 = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / (\text{A}^2 \cdot \text{s}^3)$
elektr. Leitwert	Siemens	S	1 S	$= 1 \text{ A/V}$	$= 1/\Omega = 1 \text{ W/V}^2 = 1 \text{ A}^2 \cdot \text{s}^3 / (\text{kg} \cdot \text{m}^2)$
elektr. Ladung, Elektrizitätsmenge	Coulomb Amperestunde	C A · h	1 C 1 A · h	$= 1 \text{ A} \cdot \text{s}$ $= 3600 \text{ A} \cdot \text{s} = 3600 \text{ C}$	
elektr. Ladungsdichte		C/m ³	1 C/m ³	$= 1 \text{ A} \cdot \text{s/m}^3$	
elektr. Flußdichte, Verschiebung		C/m ²	1 C/m ²	$= 1 \text{ A} \cdot \text{s/m}^2$	
elektr. Kapazität	Farad	F	1 F	$= 1 \text{ C/V}$	$= 1 \text{ A} \cdot \text{s/V} = 1 \text{ A}^2 \cdot \text{s}^4 / (\text{kg} \cdot \text{m}^2)$
Permittivität		F/m	1 F/m	$= 1 \text{ A} \cdot \text{s}/(\text{V} \cdot \text{m})$	$= 1 \text{ A}^2 \cdot \text{s}^4 / (\text{kg} \cdot \text{m}^3)$
elektr. Feldstärke		V/m	1 V/m	$= 1 \text{ kg} \cdot \text{m}/(\text{A} \cdot \text{s}^3)$	• DIN 1357
magn. Fluß	Weber	Wb	1 Wb	$= 1 \text{ V} \cdot \text{s} = 1 \text{ T} \cdot \text{m}^2$	$= 1 \text{ A} \cdot \text{H} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / (\text{A} \cdot \text{s}^2)$
magn. Flußdichte, magn. Induktion	Tesla	T	1 T	$= 1 \text{ Wb/m}^2 = 1 \text{ V} \cdot \text{s/m}^2$	$= 1 \text{ kg}/(\text{s}^2 \cdot \text{A})$
Induktivität, magn. Leitwert	Henry	H	1 H	$= 1 \text{ Wb/A} = \text{V} \cdot \text{s/A}$	$= 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / (\text{A}^2 \cdot \text{s}^2)$
Permeabilität		H/m	1 H/m	$= 1 \text{ V} \cdot \text{s}/(\text{A} \cdot \text{m})$	$= 1 \text{ kg} \cdot \text{m}/(\text{A}^2 \cdot \text{s}^2)$
magn. Feldstärke		A/m			



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

SI- Einheiten**vorsätze**

SI- Einheiten**vorsätze**

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- Einheiten**vorsätze**

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**

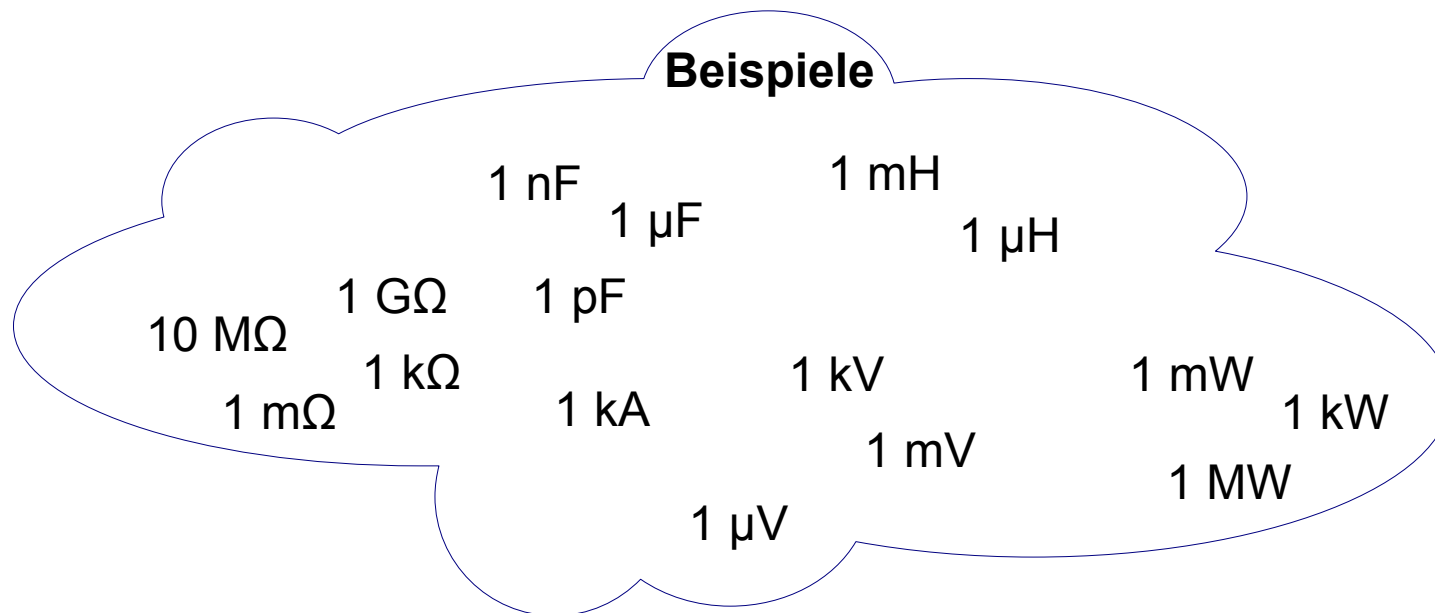
$$= \quad 2,5 \quad \times \quad \mu \quad \times \quad F \quad = \quad 2,5 \mu F$$

→ 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

Beispiele



Danke für die Aufmerksamkeit!

mszivatz@gmx.at