

Elementare Maßeinheiten

Allgemeine Bemerkungen

Basics

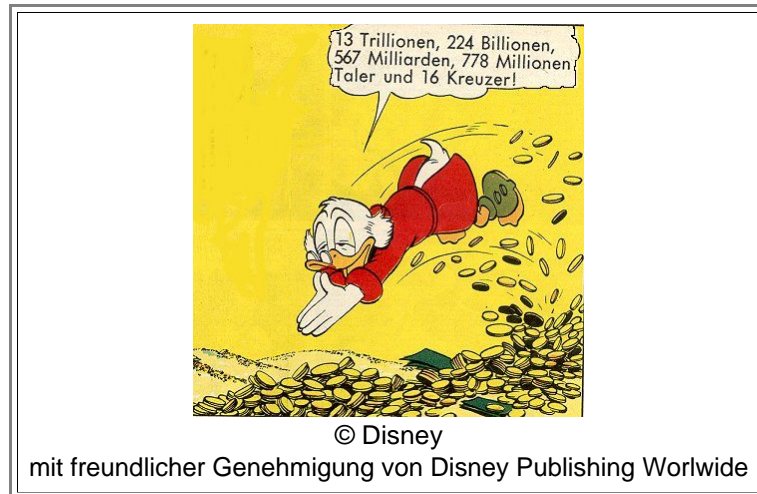
- Maßeinheiten (wie Vorzeichen) sind einerseits trivial, andererseits der Fluch der konkreten Ausübung einer Natur- oder Ingenieurwissenschaft. Sie scheinen einen für ihr Leben gern zur Verzweiflung zu treiben. Das liegt unter anderem auch daran, daß irgendwelche Kommissionen - so scheint es - ständig daran arbeiten, die zu verwendenden Maßeinheiten zu ändern, was dann noch zusätzliche Verwirrung stiftet.
 - Wer wußte vor Tschernobyl schon was ein "*Bequerel*" war? Vorher war als Einheit "*Curie*", oder eher sogar die *milli*-Curie, gebräuchlich (und ein Millicurie ist ja irgendwie auch viel niedlicher und ungefährlicher als ein Becquerel).
 - Wer kann das angloamerikanische Längenmaß "*yard*" ohne nachzuschlagen in "*meter*" umrechnen? Oder *psi*, pounds per square inch in - ja in was eigentlich?
 - Am schlimmsten ist vielleicht der *Druck*: Es gab (und gibt noch): **at, atü, mm Hg-Säule, torr, bar, Pascal**. Ähnlich war und ist es bei Magnetfeldern.
 - Die etwas ältere Generation ist deshalb mit den neuen Einheiten oft in keinsten Weise vertraut, z.B würde sie "*Pascal*" absolut nicht mit Druck verbinden, wohl aber "*atü*". Man kommt leicht ins Schleudern; es empfiehlt sich bei konkreten Rechnungen genau hinzuschauen, ob sich nicht doch der eine oder andere Fehler unbemerkt eingeschlichen hat.
- Diese Seite bietet Informationen über *elementare* Einheiten inkl. der Einheiten der anglosächsischen Welt. Elementare Einheiten sind die im Volk gebräuchlichen Einheiten - im wesentlichen Längen, Flächen, Volumen, Gewicht und Druck.
 - Hier gibt es noch viele Mischungen mit alten Einheiten, historische Anekdoten von Interesse, und einige Konfusion.
 - Bei den nicht so elementaren Einheiten, die im Volk sowieso keiner kennt, ist die Lage einfacher. Diese Einheiten sind in einem [anderen Modul](#) abgehandelt. Dort gibt es auch Umrechnungstabellen.
 - In allen elementaren Maßeinheiten stecken Geschichten (in den nicht so elementaren meist auch) - langweilige, spannende und überaus skurrile - sie werden zusammen mit kurzen geschichtlichen Erläuterung gelegentlich erzählt.
- Zunächst wollen wir aber nicht vergessen: *Es gibt auch viele Größen, die keine Maßeinheit besitzen!*
 - Dazu gehören *Verhältnisse*, die dann gern mit der uneigentlichen Maßeinheit *Prozent* (%) oder *decibel* (dB) versehen werden.
 - *Nummern*, z.B. die Zahl der Atome in einem Mol, oder Verunreinigungsgehalte (die dann z.B. mit der uneigentlichen Maßeinheit "*parts per million*" (**ppm**) oder "*parts per billion*" (**ppb**) versehen werden. Auch Dielektrizitätskonstanten usw. gehören dazu.
 - Und zu guter Letzt noch *Größen, bei denen sich die Maßeinheiten "zufällig" herauskürzen* (z. B. die *Dehnung*, die eigentlich die Maßeinheit Länge pro Länge hat).
- Auch die Zahlen sind nicht ganz ohne. Heutzutage könne zwar die meisten auf drei zählen - aber wie sieht es mit *Quintillionen* aus? Gibt's die? Wieviel ist es denn? Und ist eine amerikanische *Quadrillion* dasselbe wie eine deutsche?
 - Schau'n mer mal

Potenz	Deutscher Name	Amerikanischer Name
10 ³	Tausend	Thousand
10 ⁶	Million	Million
10 ⁹	Milliarde	Billion
10 ¹²	Billion	Trillion
10 ¹⁵	Billiarde	Quadrillion
10 ¹⁸	Trillion	
10 ²¹	Trilliarde	
10 ²⁴	Quadrillion	
10 ²⁷	Quadrilliarde	

10³⁰

Quintillion;
Quinquillion

- Daß die amerikanische billion und die deutsche Billion zu vielen Verwechslungen Anlaß geben versteht sich von selbst. Wahrscheinlich müssen wir froh sein, daß die deutsche Quadrillion und die amerikanische Quatrillion derzeit beim Staatsdefizit noch keine Rolle spielen.
- Das Problem geht im übrigen tiefer: Experten unterscheiden eine "long scale" und eine "short scale" für Zahlen. In Deutschland gilt die "long scale", in anderen Ländern, wie den USA, die "short scale". Damit es nicht zu einfach wird, haben die Länder England, Neu Seeland, Irland usw. vor einigen Jahren von der "long scale" zur "short scale" gewechselt. Ob's jeder und jede mitbekommen hat, ist aber eine andere Frage. Mehr dazu bei [Wikipedia](#).
- ▶ Dann gibt es auch ein Beispiel für *eine* Maßeinheit, die für verschiedene Dinge verwendet wird. Die Maßeinheit "**DM**" bzw. heute "**Euro**", wird für *alles* benutzt was irgendwie mit Geld zu tun hat, auch wenn es sich um grundverschiedenen Dinge handelt. Die Betriebswirtschaft wäre für Anfänger viel einfacher zu verstehen, wenn man "Kapital", "Liquidität", "Cash flow", "Umsatz", usw. zunächst mit verschiedenen Maßeinheiten versehen würde.
- Um ein Beispiel aus neuerer Zeit zu nehmen: Die Schleswig-Holsteinische Regierung hat für spezielle Maßnahmen einen Sondertopf in Höhe von **100 Mio Euro** bereit gestellt. Das Problem ist nur, dass sie das Geld gar nicht hat, sondern dafür Schulden machen muß. Wieviel klarer wäre doch, diese Sorte Geld z.B. mit der Maßeinheit "**Noro**" zu bezeichnen. Der Haushaltplan für das neue Jahr hätte dann zum Beispiel die Eckwerte **13 Milliarden Euro** und **2 Milliarden Noro** statt undifferenzierten **15 Milliarden Euro** - der Zugewinn an Klarheit für den **Wähler** wäre beträchtlich (allerdings für die zu Wählenden eher unerwünscht).
- ▶ Schließlich kommt es auch sehr auf die **Schreibweise** der Zahl an. Mit Zehnerpotenzen erweckt man schnell den Eindruck, daß bei großen Zahlen ungefähre Gleichheit vorliegt.
- Ob die Staatsverschuldung **\$ 10¹²** oder **\$10¹³** ist (die der Amis liegt zwischen diesen Grenzen), interessiert den normalen Menschen nicht mehr; es ist offensichtlich ungefähr gleichviel. Der Unterschied beläuft sich aber immerhin auf **9 000 Milliarden Dollar (\$ 9 000 000 000 000)**, oder **9 000 000** Schulen, die man damit bauen könnte.
- Ein Test bei amerikanischen Kongressabgeordneten hat in der Tat auch ergeben, daß die meisten keine Ahnung hatten, wie die damalige (ca. **1990**) Staatsverschuldung von ca. "**two trillion Dollars**" sich in Zahlen schreibt.
- Nur am Rande sei illustriert, daß noch in der **60er** Jahren "eine Trillion" bei Geld synonym war für "unvorstellbar viel". Wie sich die Zeiten doch geändert haben!



- Hier wurde übrigens korrekt übersetzt - Frau Erika **Fuchs** wurde nicht umsonst bereits zu Lebzeiten eine Legende.
- Aber wie ist es hiermit?: **9** Phantastilliarden **657** Zentrifugillionen Taler und **16** Kreuzer (= **9** fantasticatillions, **4** billion-jillions, centrifugalillion dollars and **16** cents).
- ▶ Dann gibt es natürlich noch die der Zahl vorangestellte Abkürzung für die **Zehnerpotenz**:

Potenz	Name	Zeichen		Potenz	Name	Zeichen	Als "parts per .."
10^{24}	Yotta	Y		10^{-1}	Dezi	d	
10^{21}	Zetta	Z		10^{-2}	Zenti	c	
10^{18}	Exa	E		10^{-3}	Milli	m	
10^{15}	Peta	P		10^{-6}	Mikro	μ	ppm million
10^{12}	Tera	T		10^{-9}	Nano	n	ppb billion
10^9	Giga	G		10^{-12}	Piko	p	ppt trillion
10^6	Mega	M		10^{-15}	Femto	f	ppqt quadrillion
10^3	Kilo	k		10^{-18}	Atto	a	
10^2	Hekto	h		10^{-21}	Zepto	z	
10^1	Deka	da		10^{-24}	Yocto	y	

- Wer braucht Atto, Zepto und Yocto? Oder Yotta, Zetta oder Exa? Nun ja - wer weiß. Immerhin kann man [gelegentlich darauf stoßen 2\)](#)!
- ▶ Politiker and Betriebswirte benutzen noch weitere Systeme, z.B. die Abkürzungen *Mio* und *tsd* - **2,5 Mio DM**, oder (z.B. bei Siemens) "." für 10^3 , "' " für 10^6 und "' "' für 10^9 .
- ▶ Damit läßt sich trefflich manipulieren; auch können Hierarchien subtil, aber eindeutig klargemacht werden.
- **13 Mio DM**, beispielsweise, ist doch irgendwie viel mehr Geld, als **20.000 tsd DM**. Ein sehr schönes Beispiel dazu aus der politischen Praxis findet sich im [Link](#).
- Im zweiten System schreibt man für **DM 50.000 000.- = 50 Mio DM = $5 \cdot 10^7$ DM = 0,05 Milliarden DM = 0,05 billion DM** bei Siemens entsprechend
 - **50 000.** - falls man zum mittleren Management gehört,
 - **50'** - falls man zum oberen Management gehört,
 - **0,05"** - falls man ein Vorstand ist, und
 - **"peanuts"¹⁾** - falls man ein Deutscher Bank Vorstand ist.

Längen und abgeleitete Größen

Längen

- ▶ Basiseinheit ist nach wie vor der [Meter \(m\)](#) mit seinen gebräuchlichen Vielfachen vom Kilometer bis zum Nano-, Femto- oder gar Attometer.
 - Das angloamerikanische Gegenstück zum Meter ist der [Yard](#) und seine abgeleiteten Größen *Foot* und *Inch* bzw. das verwandte deutsche *Zoll*.
- ▶ Die Menschheit hat sich im Laufe der Zeit eine unüberschaubare Zahl von anderen Längenmaßeinheiten einfallen lassen. Wir wollen Einheiten, die (fast) nur noch historisches Interesse besitzen, wie z.B. die *Elle*, nicht weiter betrachten, sondern nur einige noch heute verwendete spezielle Einheiten.
- ▶ Da sind zunächst die Einheiten für *große* Längen. Nach dem Kilometer klafft eine große Lücke, denn als nächste Einheit kommen schon die astronomischen Einheiten.
 - [Lichtjahr, Parsec und die Astronomische Einheit](#).
- ▶ Im Bereich der **kleinen Dimensionen** gibt es noch:
 - Das klassische (und noch viel verwendete) **Ångström**. Es wurde eingeführt als die natürlich Einheit für die Größe eines Atoms (und darf sogar als Ausnahme noch verwendet werden); es gilt einfach **$1 \text{ \AA} = 0,1 \text{ nm}$** .

Flächen

- ▶ Bei der Flächenbetrachtung finden wir als Basiseinheit wieder eine Komponente des Meters, den [Quadratmeter](#) und seine Vielfachen.

Während zwischen Meter und Kilometer eine große Lücke klafft, gibt es zwischen *Quadratmeter* und *Quadratkilometer* aber einige noch gebräuchliche (deutsche) Einheiten, die das Rechnen etwas vereinfachen, nämlich

- Das [Ar, den Morgen und den Hektar](#)
- Und natürlich auch die speziellen amerikanischen Maße, z.B. [squarefoot and acre](#).

Volumen

Die meisten Volumenmaße bauen auf Längenmaßen auf. Im metrischen System gibt es keine besonderen Probleme.

- Wesentlich ist der Kubikmeter, der Kubikcentimeter, der Liter, der Hektoliter (= **100 l**) und der Milliliter (= **1 cm³**)

Die angelsächsische Welt hält selbstverständlich an den *cubicfeet*, den *pints* (= **1/2 quart = 1/8 gallon = 28,875 cubic inch**) und den *gallons* fest.

- Die Gallon (= **8 · 28.875 cubic inch = 231 cubic inch**) hat \approx **3,78 l** - außer natürlich, wir reden über die britische "imperial" gallon, dann sind es **277,42 cubic inches**.

Zeit

Basiseinheit ist die **Sekunde**. *Immer* - in allen Maßsystem, selbst bei den Amis, und *überall*.

- Es ist schon etwas erstaunlich, daß sich hier eine eigentlich ziemlich blöde Maßeinheit weltweit durchgesetzt hat, die letztlich auf dem **60er** System der alten Babylonier beruht.
- Aber seien wir froh, daß wir nicht auch hier noch auf die ganze Umrechnungsproblematik stoßen.

Masse und Gewicht

Basiseinheit im Bereich der *Masse* bzw. des ist das **Kilogramm (kg)** und die davon abgeleiteten Größen. Dass man Kilogramm auch für *Gewichte* angibt, d.h. statt "Masse" das Wort "Gewicht" verwendet, ist im Prinzip falsch, aber weit verbreitet

- Das **Gramm g = 10⁻³ kg** und die **Tonne (to) = 1000 kg** - niemand sagt jemals Megagramm ³⁾.
- Ein **kg** ist immer noch die Masse des internationalen Kilogramm Prototyps, der in Paris aufbewahrt wird (siehe Bild). Es ist der einzige Prototyp der Basiseinheiten, der noch im Gebrauch ist; der [Meter Prototyp](#) zum Beispiel, ist längst durch etwas Komplizierteres ersetzt worden.
- Außerdem sind noch gelegentlich die altmodischen metrischen Einheiten **Pfund (500 g)**, **Zentner (= 100 Pfund = 50 kg)** im Gebrauch.



Das Gramm bzw. das Kilogramm legt auch die Grundlage für die folgenden Einheiten, die aber nicht unbedingt im Haushalt vorkommen.

- **Atomare Masseneinheit** Einheitenzeichen **u**, in der Biologie/Medizin aber oft als "**Dalton**" bezeichnet. Die atomare Masseneinheit ist der **12.** Teil der Masse eines Atoms des Nuklids ¹²C und damit gilt **1u = 1,6605402 · 10⁻²⁷ kg**.
- (Metrisches) **Karat** Einheitenzeichen **Kt** oder **ct**; gesetzliche Einheit zur Angabe der Masse von Edelsteinen: **1Kt = 0,2g**.

Es ist erübrigt sich festzuhalten, daß die Amis und Engländer - usw.

- Wichtig sind "**Ounce**" und "**Pound**". Ein "ounce" ist entweder der zwölfte Teil des "pounds troy", das wiederum **5 760 "grains"** hat, oder der **16.** Teil des "pounds avoirdupois"; es ist also völlig transparent und einfach.
- Zur Umrechnung: Eher gebräuchlich sind die "Avoirdupois" Einheiten, wir haben
1 ounce = 1 oz = 28 g
1 pound = 1 lb = 450 g

Kraft, Druck und mechanische Spannung

Kraft

Im wesentlichen gibt es für alle vorkommenden Kräfte heute nur eine einzige Einheit, das **Newton N**.

- **1N = 1 kgm/s²**
- Ältere Einheiten sind praktisch verschwunden; ein bißchen lebt noch das **Kilopond (kp)** als die praktische Einheit basierend auf dem **Pond**.
1kp = 1000p = 9,80665N
gleich der Gewichtskraft die auf eine Masse von **1kg** wirkt bei der Normalfallbeschleunigung **9.80665 m/s²**.
- Im Englischen entspricht/spricht dem Kilopond das "kilogram-force", abgekürzt **kgf**. Auch gibt es noch das "**poundal**", das ist die Kraft die ein **1 lb** Objekt mit **1 ft/sec²** beschleunigt. Da aber Kräfteinheiten im täglichen Leben kaum vorkommen, und auch englischen Wissenschaftler und Ingenieure sich das Leben nicht **immer** unnötig erschweren, wird es kaum gebraucht.

Druck

Zu diesem Bereich zählen nicht nur der Luftdruck (Atmosphäre), sondern auch z.B. der zwischen Körpern herrschende Druck oder der Wasserdruck.

- Das Wort "**Druck**" wird aber überwiegend dann gebraucht, wenn **allseitig konstanter Druck** gemeint ist.
 - Der Druck, der nur auf eine bestimmte Fläche wirkt, heißt besser "(mechanische) Spannung", oder, da man aus dem Kontext immer weiß, ob **mechanische** oder **elektrische** Spannung gemeint ist, einfach "**Spannung**". Spannungen werden noch in Druck- und Zugspannungen unterschieden, je nachdem ob man beispielsweise auf die Querschnittsfläche eines Zylinders drückt oder daran zieht.
 - Die **SI** Einheit für Drücke und mechanische Spannungen ist das **Pascal**.
 - **1 Pascal = 1Pa = 1N/m²**
 - Das Pascal ist keine sehr nützliche Druckeinheit. In der Materialwissenschaft ist man z.B. sehr schnell bei **GPa** ("Giga Pascals") für "normale" Drücke oder mechanische Spannungen.
- Alte Einheiten, im "Volk" immer noch lebendig, waren das **Bar**, die Nachfolgeeinheit von **Torr**, die **physikalische (atm)** und **technische (at) Atmosphäre**, die **mm Hg-Säule** und das **Atü**. Es gilt
- **1 bar = 10⁵ Pa**
1 torr = 1,333224 mbar = 133,3224 Pa; 1Pa = 0,0075 torr.
1atm = 101325 Pa = 760 Torr = 1,01325 bar. Das ist die **physikalische** Atmosphäre, sie entspricht dem mittleren Luftdruck auf Meereshöhe.
1at = 1kp/cm² = 98066,5 Pa = 0,980665 bar. Das ist die **technische** Atmosphäre.
Das **Atü** ist jetzt einfach eine technische Atmosphäre **Überdruck**, und für die **mm Quecksilbersäule (mmHg)**, die in der Medizin beim Blutdruck noch verwendet wird, gilt
1 mmHg = 133,322 Pa = 1,33322 mbar. 1 mmHg entspricht dem Druck einer **1mm** hohen Quecksilbersäule bei Normfallbeschleunigung (**9,80665 m/s²**)
 - Alles klar? Ja? - dann noch schnell die anglosächsischen Einheiten. Einfach - wir haben immer das **psi**, das "**pound per square inch**". Umrechnung bitte selber machen!

1) Aus dem Internet zum Suchwort "peanuts+Deutsche+Bank"

"Peanuts" und das ganze große Geld; Hilmar Kopper im Porträt: Als einer der wichtigsten Banker Deutschlands hat er das ganz große Geld bewegt. Und dennoch ist Hilmar Kopper vor allem wegen "Peanuts" bekannt. Jene inzwischen legendäre Äußerung, bei einem 50-Millionen-Mark-Verlust im Zusammenhang mit der Pleite des Baulöwens Jürgen Schneider handele es sich um "Peanuts", um Kleinkram eben, wurde sogar zum Unwort des Jahres 1994.

2) Aus dem "Semiconductor International" Nov. 2002

We've been living in the world of "micro" electronics for more than three decades, where the size of features on a chip is measured in micrometers. Two decades ago, we entered the "nano"-second regime, where clock periods are measured in billionths of a second. Recently we entered the "pico"-second regime, where the bit period of an OC-768 signal is measured with just 25 psec.

To describe what is sensed by the highest-volume microelectromechanical system (MEMS) component currently in production, we need to jump nine orders of magnitude smaller to units of zeptofarads. (For those interested, in decreasing order, it is micro, nano, pico, femto, atto, zepto and yocto.)

Was heißt das? MEMS = mikroelektronisch-mechanische Systeme, messen z.B. Beschleunigungen (als Airbagsensor), indem sie die Kapazität eines Kondensators mit einer beweglichen "Platte" registrieren. Und dabei kommt es eben auf

3) Niemand sagt Megagramm - dachte ich. Stimmt nicht; hier der Hinweis von Michael Michel vom "Controlling der Stadt Oldenburg:

Auf Ihrer Seite https://web.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/mw1_ge/kap_2/basics/b2_1_3.html behaupten Sie, Niemand sage "Megagramm". Irrtum! Recherchieren Sie doch einmal im Internet nach Mengenangaben zu Siedlungsabfällen. Im Abfallwirtschaftsdeutsch scheint der Begriff "Megagramm" gang und gäbe zu sein. Auf der Suche nach einer Erklärung hierfür bin ich auf Ihrer Seite gelandet, allerdings ohne Erfolg.

Ein schneller Check ergibt: Herr Michel hat recht!

Also: **1 Megagramm = 1 Mg = 10^6 g = 1000 kg = 1 to**