

Zeitschrift: Cementbulletin
Band: 56-57 (1988-1989)
Heft: 22

Artikel: Einheiten und Masssysteme
Autor: Meyer, Bruno
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-153737>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 13.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

CEMENTBULLETIN

OKTOBER 1989

JAHRGANG 57

NUMMER 22

Einheiten und Masssysteme

SI-Einheiten. Gesetzliche Einheiten. Anwendungen und Auswirkungen auf den Sprachgebrauch.

Im täglichen Leben spielen die Eigenschaften von Gegenständen eine wichtige Rolle. Sie sind Grundlage des Austauschs von Gütern und Informationen, speziell in Wirtschaft und Wissenschaft. Von Interesse sind aber nicht nur feste Gegenstände wie Bausteine oder Werkzeuge, sondern auch Vorgänge und Zustände, zum Beispiel eine Arbeit, ein sportlicher Wettkampf oder das Wetter. Ihre Eigenschaften lassen sich auf verschiedene Arten beschreiben. Eine davon ist die Beschreibung mit *physikalischen Grössen*. Man benützt dazu eine oder mehrere bestimmte Grössen und gibt ihren Wert an. Beispiel: Ein Rohr habe die Länge von 2 m. Als Grösse ist in diesem Fall die Länge von Bedeutung (qualitative Aussage). Sie hat einen Grössenwert von 2 m (quantitative Aussage). Der Grössenwert ist das Produkt eines Zahlenwerts und einer Einheit. Er wird durch Messung erhoben, wozu man meistens ein Messgerät verwendet. Messobjekt ist das Rohr, Messgrösse dessen Länge und Messwert das Ergebnis von 2 m. Messen einer Eigenschaft heisst hier instrumentelles Vergleichen einer bestimmten Grösse mit einer gleichartigen Grösse als Einheit. Was als Einheit gelten soll, wird durch Absprache festgelegt.

Im Laufe der technischen und wirtschaftlichen Entwicklung entstanden regional verschiedene Masseinheiten, die zu verschiedensten Masssystemen zusammengefasst wurden. Ein Masssystem besteht aus Basiseinheiten und abgeleiteten Einheiten. Die Basiseinheiten sind so gewählt, dass deren Zahl minimal ist und man alle anderen Einheiten durch Kombination erhalten kann. Durch die Einsicht, dass

2 Tabelle 1. Basiseinheiten gemäss internationalem Einheitensystem SI

Grösse	Name der Einheit	Kurzzeichen
Länge	Meter	m
Masse	Kilogramm	kg
Zeit	Sekunde	s
Elektrische Stromstärke	Ampere	A
Thermodynamische Temperatur	Kelvin	K
Stoffmenge	Mol	mol
Lichtstärke	Candela	cd

Messtechnische Definitionen siehe Einheitenverordnung.

physikalische Grössen aus verschiedensten technischen Anwendungsgebieten ineinander übergeführt werden können, sowie wegen der internationalen Verflechtung der Wirtschaft entstand das Bedürfnis nach *Vereinheitlichung der Masssysteme*. So sollten beispielsweise mechanische, thermodynamische, elektrische und chemische Erscheinungen mit denselben physikalischen Grössen behandelt werden. Diesen Zweck erfüllt heute das «Internationale Einheitensystem» (Système International d'Unités, in allen Sprachen mit SI abgekürzt). Beschlossen wurde es 1960 von der 11. Generalkonferenz für Mass und Gewicht (CGPM). Inzwischen hat es dank seiner Allgemeingültigkeit an Bedeutung gewonnen und wird selbst in angelsächsischen Ländern übernommen.

Das SI verwendet *sieben Basiseinheiten* (vgl. Tab. 1). Nach heutigen Kenntnissen kann jede messbare Grösse auf eine Kombination dieser Einheiten zurückgeführt werden. Einige gebräuchliche Grössen haben Einheiten mit eigenem Namen erhalten (z.B. die Kraft), andere nicht (z.B. die Geschwindigkeit), vgl. Tab. 2. Der grosse Vorteil des SI ist seine Kohärenz, d.h. für die abgeleiteten Einheiten kombiniert man die notwendigen Basiseinheiten und multipliziert sie nur mit dem Faktor 1. Dadurch vereinfachen sich die Umrechnungen. Mit den SI-Einheiten erfasst man Zahlenwerte über sehr grosse Bereiche. Man verwendet dazu das Dezimalsystem. Um grosse Zahlen oder viele Stellen nach dem Komma zu vermeiden, kann man den Einheiten sogenannte *Vorsätze* beifügen (Tab. 3). Einige davon sind bereits bestens bekannt (**Kilometer**, **Millisekunde** usw.). Bei Abkürzungen wird ihr Kurzzeichen ohne Zwischenraum dem Kurzzeichen der Einheit vorangestellt.

3 Tabelle 2. Abgeleitete Einheiten (Auswahl)

	Grösse	SI-Einheit		Beziehungen der Basiseinheiten
		Name	Zeichen	
mit eigenem Namen	Kraft	Newton	N	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
	Druck	Pascal	Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$
	Energie, Arbeit, Wärme	Joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ W} \cdot \text{s}$
	Leistung	Watt	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$
	Frequenz	Hertz	Hz	$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$
	El. Spannung	Volt	V	$1 \text{ V} = 1 \text{ W/A}$
	El. Widerstand	Ohm	Ω	$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$
	ohne eigenen Namen	Geschwindigkeit	–	–
Beschleunigung		–	–	m/s^2
Volumenstrom		–	–	m^3/s
Wärmeleitfähigkeit		–	–	$\text{W/K} \cdot \text{m}$
Dichte		–	–	$\text{kg/dm}^3, \text{t/m}^3, \text{g/cm}^3$
mech. Spannung		–	–	$1 \text{ MN/m}^2 = 1 \text{ N/mm}^2$

Tabelle 3. Gebräuchliche Vorsätze beim Dezimalsystem

Faktor	Exponentielle Schreibweise	Vorsatz	Kurzzeichen
1 000 000 000 000	10^{12}	Tera	T
1 000 000 000	10^9	Giga	G
1 000 000	10^6	Mega	M
1 000	10^3	Kilo	k
100	10^2	Hekto	h
0,1	10^{-1}	Dezi	d
0,01	10^{-2}	Zenti	c
0,001	10^{-3}	Milli	m
0,000 001	10^{-6}	Mikro	μ
0,000 000 001	10^{-9}	Nano	n
0,000 000 000 001	10^{-12}	Piko	p

Weitere Vorsätze: Siehe Bundesgesetz über das Messwesen oder Normen.

4 Beispiele: $1000 \text{ N} = 1 \text{ kN}$; $10 \text{ l} = 100 \text{ dl}$; $0,001 \text{ mm} = 1 \mu\text{m}$. Basiseinheiten des SI haben keinen Vorsatz (Ausnahme: das Kilogramm). Vorsätze dürfen nicht kumuliert werden ($0,001 \text{ g}$ nicht als $1 \mu\text{kg}$ schreiben, sondern als 1 mg). Besonders erwähnt seien hier noch die Winkeleinheiten und Verhältnisgrößen, die im SI als Sonderfälle aufgeführt sind (Tab. 4).

Für die Schweiz verbindlich sind das Bundesgesetz über das Messwesen und die Einheitenverordnung, die beide am 1. Januar 1978 in Kraft gesetzt wurden. Sie schreiben vor, dass physikalische Größen in gesetzlichen Einheiten anzugeben sind. Als *gesetzliche Einheiten* gelten die erwähnten Einheiten des SI und ihre Kombinationen sowie – für besondere Zwecke – weitere neben dem SI zugelassene Einheiten (vgl. Tab. 5). Gesetzliche Einheiten müssen verwendet werden:

- in Handel und Verkehr. Wer messbare Güter oder Leistungen anbietet, muss für sein Angebot die Menge in den gesetzlichen Einheiten angeben;
- in Erlassen, Verträgen und sonstigen Akten öffentlicher Körperschaften wie Bund und Kantone. Darunter fallen auch das Schul- und Gesundheitswesen, ferner Fragen der öffentlichen Sicherheit.

Gesetzliche Einheiten sind nicht vorgeschrieben beim Export von Waren und Dienstleistungen, bei Akten mit besonderen internationalen Abkommen und bei Zeitangaben mittels Kalender. Nicht jede Branche braucht das ganze Einheitensystem. Trotzdem wird sie ihre gebräuchlichen Größen in SI-Einheiten angeben.

Die beiden wichtigsten physikalischen Größen der *Bautechnik* sind Länge und Kraft. Während Jahrhunderten dienten sie mit ihren «Basiseinheiten» für Berechnungen und zur Schulung des Vorstellungsvermögens, wie sich an den einfachsten Werkzeugen nachweisen lässt (Hebel, Zange, Hammer, Seilzug usw.). Infolge Einführung des SI ist die Kraft keine Basiseinheit mehr. Ihre neue Einheit muss sich in der anschaulichen Vorstellung erst wieder entwickeln. Rechnerisch wird sie aufgrund des Bewegungsgesetzes «Kraft gleich Masse mal Beschleunigung» abgeleitet (Zweites Prinzip von Isaac Newton). Die Masse ist jene Eigenschaft eines Körpers, die sich als Trägheit oder in der Anziehung zu anderen Körpern äussert. Sie ist unabhängig vom Ort. Die Masse der Erde bewirkt, dass ein Körper an der Erdoberfläche eine (ortsabhängige) Beschleunigung von etwa 10 m/s^2 erhält. Aus der Masse dieses Körpers lässt sich die zugehörige Gewichtskraft berechnen. Demnach erfährt die Masse 1 kg an der Erdoberfläche eine Gewichtskraft von etwa 10 N . Anschaulich dargestellt entspricht die Kräfteinheit 1 N der Gewichtskraft von 100 g Butter. Ihr Tausendfaches ist 1 kN , dargestellt mit 2 Säcken Zement

5 Tabelle 4. Einheiten für Winkel und Dimensionen der Verhältnissgrößen

Grösse	Einheit		Definition
	Name	Kurzzeichen	
Ebener Winkel	Radian	rad	Kreis: Bogenlänge 1 m geteilt durch Radius 1 m
Raumwinkel	Steradian	sr	Kugel: Kalotte von 1 m ² geteilt durch Quadrat des Kugelradius 1 m
Verhältnisse, Konzentrationen	Prozent	%	1 : 100
	Promille	‰	1 : 1 000
	Parts per million	ppm	1 : 1 000 000

Tabelle 5. Gesetzlich zugelassene Einheiten (neben dem SI oder gemeinsam mit dem SI benützt)

Grösse	Einheit		Beziehung zu den Basiseinheiten			
	Name	Kurzzeichen				
Volumen	Liter	l	1 l	= 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³		
Fläche von Grundstücken	Are	a	1 a	= 100 m ²		
	Hektare	ha	1 ha	= 10 000 m ²		
Masse	Tonne	t	1 t	= 1 000 kg		
Zeit	Minute	min	1 min	= 60 s		
	Stunde	h	1 h	= 60 min = 3600 s		
	Tag	d	1 d	= 86 400 s		
Druck	Bar	bar	1 bar	= 10 ⁵ Pa		
				= 100 000 N/m ²		
Blutdruck	Millimeter Quecksilbersäule	mmHg	1 mmHg	= 133,322 Pa		
				= 1,33322 mbar		
Temperatur	Grad Celsius	°C	1 °C	= 1 K		
Ebener Winkel	Winkel-Grad	°	1 °	= (π/180) rad		
			Winkel-Minute	'	1'	= (1/60) °
			Winkel-Sekunde	"	1"	= (1/60)'
*	Gon	gon	1 gon	= (π/200) rad		

* Das Gon wurde in der seit dem 1.1.1978 gültigen Einheitenverordnung nicht mehr aufgeführt, soll aber wieder gesetzlich zugelassen werden.

6 Tabelle 6. Empfohlene Einheiten im Bauwesen (Auswahl)

Grösse	Einheit	Beziehung
Länge	m km, cm, mm	
Masse	kg t, g, mg	
Dichte	kg/dm ³ t/m ³ , g/cm ³	1 kg/dm ³ = 1 t/m ³ = 1 g/cm ³
Kraft	kN MN, N	1 kN = 1000 N ≈ 100kg
Spannung	MN/m ²	1 MN/m ² ≈ 10 kg/cm ²
Festigkeit	N/mm ²	1 N/mm ² ≈ 10 kg/cm ²
Moment	MN m	1 kNm ≈ 0,1 mt
Streckenlast	kN/m	1 kN/m ≈ 100 kg/m
Flächenlast	kN/m ²	1 kN/m ² ≈ 100 kg/m ²
Druck in Flüssigkeiten oder Gasen	Pa MPa	1 Pa = 1 N/m ² 1 MPa = 1 N/mm ² ≈ 10 kg/cm ²
Energie		
– Wärmemenge	J	1 cal = 4,2 J; 1 kcal = 4,2 kJ
– elektrische Arbeit	W s	1 W s = 1 J 1 kWh = 3,6 · 10 ⁶ J = 3,6 MJ
Temperatur	°C	T [K] = T [°C] + 273,15
Temperaturdifferenz	K	1 K = 1 °C

Kursiv stehen die Beziehungen zu den alten technischen Einheiten, die nicht mehr gebraucht werden dürfen. Geht es bei Umrechnungen um Probleme, bei denen der Fehler weniger als 2% betragen muss, so ist der genaue Wert der Erdbeschleunigung zu benützen. Er ist vom Breitengrad, von der Höhe über Meer und von der Dichte der Erdkruste abhängig. Bei uns beträgt er $9,80665 \text{ m s}^{-2}$.

à 50 kg. Eine Lokomotive mit einer Masse von 100 t belastet das Gleis mit einer Gewichtskraft von etwa 1 MN.

Weitere mechanische Grössen sind Spannungen, Festigkeiten und Drücke, die alle in Pascal (Pa) angegeben werden könnten. Zur Veranschaulichung empfiehlt sich aber folgende Unterscheidung: Die Materialkennwerte wie Festigkeiten und Elastizität werden immer in N/mm² angegeben. Für die statische Berechnung sind diese Einheiten etwas unpraktisch. Man kann aber die Kräfte in MN und die Längen (bzw. Querschnittswerte) in m ausdrücken. Dies hat den Vorteil, dass man Werte in MN/m² als Teil der statischen Berechnung erkennt. Weil bekanntlich $1 \text{ MN/m}^2 = 1 \text{ N/mm}^2$ ist, kann man sie ohne Umrechnung mit den Festigkeitswerten vergleichen. Die Einheit Pa kann für Drücke in Gasen oder Flüssigkeiten verwendet werden, wo die Anschaulichkeit als Kraft je Fläche weniger wichtig ist, vgl. Tab. 6.

7 Im Bauwesen ist der Ausdruck Gewichtskraft nicht gebräuchlich. Man sagt dafür «Eigenlast». Sinngemäss versteht man hier unter *Last* die Kraftgrössen (in kN), beispielsweise in Wortkombinationen wie Lastannahmen, Lastfälle oder Nutzlast. In der Baustatik sind es die Lastkräfte, zu denen man die Reaktionen sucht und die Schnittkräfte bestimmt. Daraus ermittelt man die Spannungen und vergleicht sie mit der Festigkeit, bleibt also immer auf der Ebene von Kraftgrössen. – Bei Tragwerken oder Maschinen wird Last oft als Masse angegeben. In diesen Fällen soll nicht von der Traglast, sondern von der Tragfähigkeit oder Höchstlast gesprochen werden. So ist beispielsweise die Nenntragfähigkeit eines Aufzugs jene Masse (in kg), die zur Förderung vorgesehen ist und für die der Konstrukteur den Aufzug bemisst und herstellt. Der beste Weg zur Vermeidung von Missverständnissen ist der konsequente Gebrauch der SI-Einheiten: N für Kraft und kg für Masse.

Der Ausdruck *Gewicht* hat vom Alltag her eine mehrfache Bedeutung. Manchmal meint man damit jene Kraft, mit der ein Körper von der Erde angezogen wird, und manchmal die Masse oder gar den Körper selbst. «Gewicht» sollte deshalb in der Fachsprache vermieden werden. Statt dessen kann man den Sachverhalt wie folgt präzisieren:

- Das Ergebnis einer Wägung entspricht «Masse».
- Die Erdanziehung kommt in der «Gewichtskraft» zum Ausdruck.
- Als Ballast oder für eine Eichung verwendet man «Gewichtstücke».

Anstelle des spezifischen Gewichts tritt die *Dichte*. Sie ist die auf das Volumen bezogene Masse. Als Einheit gebräuchlich und zugelassen sind g/cm^3 , kg/dm^3 und t/m^3 . In der Betontechnologie spricht man von Rohdichte und Schüttdichte. Die Rohdichte bezieht sich auf den porösen Körper und errechnet sich aus dessen Masse, geteilt durch das von seiner Oberfläche eingeschlossene Volumen (z.B. eines Würfels). Diese Masse besteht in der Regel aus Zuschlag, Wasser, Zement und Luft, wobei die Luft praktisch keinen Massenbeitrag liefert. Weil die Poren des Betons meist nur teilweise mit Wasser gefüllt sind, ist die Rohdichte des Betons eine Feuchtrohdichte. Von Interesse sind deshalb die beiden Extremfälle trocken und nass: Die Trockenrohdichte ist die Masse des getrockneten, porösen Körpers, geteilt durch dessen Volumen, und die Nassrohdichte ist die Masse des gesättigten, porösen Körpers (Poren zu 100% mit Wasser gefüllt), geteilt durch dessen Volumen. Die Schüttdichte bezieht sich auf einen lose geschütteten Haufen (Haufwerk) und ist dessen Masse, geteilt durch das Volumen, einschliesslich aller darin enthaltenen Poren und Hohlräume.

8 Der Ausdruck *Dimension* soll nicht mehr für Bauteile verwendet werden. Bauteile haben «Abmessungen», die man nicht durch «Dimensionieren», sondern durch «Bemessen» festlegt. Mit Dimension meint man eine Eigenschaft von physikalischen Grössen, und zwar das Potenzprodukt der Basisgrössen. Im SI hat beispielsweise die Fläche die Dimension Länge im Quadrat (z. B. mm²) und die Kraft die Dimension Masse mal Länge je Zeit im Quadrat (z. B. kg m s⁻²). Zusammensetzungen werden oft noch in Gewichtsprozent oder Volumenprozent angeführt. Man meint damit die *Anteile* oder den Gehalt, sollte also stattdessen die Ausdrücke Massenanteil oder Volumenanteil gebrauchen. Sie sind Verhältnisse von Zahlen und werden in %, ‰, ppm, mg/g, dm³ je m³ usw. angegeben. Die Zementdosierung erfolgt unverändert in den SI-Einheiten kg je m³. Das Internationale Einheitensystem dient einer Vereinheitlichung und bezweckt nicht eine Gleichmacherei. Wie jedes Masssystem soll es die allgemeine Verständigung einfacher und sicherer machen.

Bruno Meyer

Literatur

Haeder, W.; Gärtner, E. (1980): Die gesetzlichen Einheiten in der Technik. 5. Neub. Aufl. Berlin, Köln: Beuth Verlag

Bender, D.; Pippig, E.-E. (1986): Einheiten, Masssysteme, SI. 5. bearb. Aufl. Berlin: Akademie-Verlag

Eidg. Amt für Messwesen (1986): Die gesetzlichen Masseinheiten in der Schweiz. Das internationale Einheitensystem SI. Sonderdruck der SBG-Schrift Nr. 98

Bundesgesetz über das Messwesen (vom 9. Juni 1977) und Einheiten-Verordnung (vom 23. November 1977)

Empfehlung SIA 411 (1976): SI-Einheiten. Anwendung im Bauwesen. Zürich: Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein

Vereinigung Schweiz. Strassenfachleute (1981): SI-Einheiten. Anwendung im Strassenbau. Zürich: VSS

TFB

Zu jeder weiteren Auskunft steht zur Verfügung die
TECHNISCHE FORSCHUNGS- UND BERATUNGSSTELLE
DER SCHWEIZERISCHEN ZEMENTINDUSTRIE

Postfach

Lindenstrasse 10

5103 Wildegg

Telefon 064 53 17 71

Telefax 064 53 16 27