

Messen und Mass-Systeme

Autor(en): **Vonderschmitt, J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Physiotherapeut : Zeitschrift des Schweizerischen
Physiotherapeutenverbandes = Physiothérapeute : bulletin de la
Fédération Suisse des Physiothérapeutes = Fisioterapista :
bollettino della Federazione Svizzera dei Fisioterapisti**

Band (Jahr): - **(1981)**

Heft 3

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-930451>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Um dem neuen Bundesgesetz über Messwesen Genüge zu tun und um die Empfehlungen verschiedener internationaler Organisationen und Fachgesellschaften zu verwirklichen, wurden im Universitätsspital Zürich und in der Region Zürich am 13. Mai 1981, 07.00 Uhr, neue Masseinheiten (SI-Einheiten) eingeführt. Der folgende Beitrag orientiert kurz über diese Änderungen.

Messen und Mass-Systeme

EINLEITUNG — Die Entwicklung der Naturwissenschaften und der modernen Medizin wäre ohne Messen und ohne die entsprechenden Mass-Systeme nicht denkbar. Das Messen von Quantitäten und Eigenschaften der belebten und unbelebten Materie ist heute die Grundlage jeder wissenschaftlichen Tätigkeit.

Aber auch unser tägliches Leben ist — ohne dass wir das noch richtig wahrnehmen — mit Messen, Massen und Einheiten vollkommen durchdrungen. Der Preis von Waren und Dienstleistungen hängt von der «Menge» ab, und wir rechnen ganz selbstverständlich mit Franken pro Meter, Franken pro Kilogramm, Franken pro Stunden usw. Ware und Dienstleistung müssen deshalb gemessen werden, um den Preis festlegen zu können. Die «Zeitmesser» sind aus unserem hektischen Leben kaum wegzudenken.

Viele Gebrauchsgegenstände sind heute normiert: A4-Papier, Gewinde, Rohre, Container, Labormöbel usw. Andere Gegenstände sind geeicht: Flaschen, Gläser, Waagen usw. Normierung und Eichung setzen genaue Messungen in der Produktion voraus.

Messbare Eigenschaften heissen physikalische Grössen. Messen bedeutet eine physikalische Grösse mit ihrer Einheit zu vergleichen. Die Länge eines Gegenstandes wird beispielsweise gemessen durch den Vergleich mit einem Massstab, welcher eine Einteilung in Meter, Zentimeter und Millimeter aufweist. Das Festlegen der Einheit ist im Grunde ein willkürlicher Akt. Eine Länge kann ebenso gut in Meter, Ellen, Fuss, Zoll oder Meilen gemessen werden. Wichtig ist, dass wir alle verstehen, was mit einer Einheit gemeint ist, und dass wir mit der gleichen Einheit messen. Dies war nicht immer selbstverständlich. Vor der Einführung des metrischen Mass-Systems existierten z.B. in Deutschland über 40 verschieden lange Ellen (darum auch der Ausdruck: nicht mit gleicher Elle gemessen).

Gerade weil das Messen und die Masse in allen Gebieten unserer Gesellschaft eine grosse Rolle spielen, ist es notwendig, Einheiten zu definieren, welche eine internationale Anerkennung geniessen. Das um 1800 ins Leben gerufene metrische System war ein erster Versuch, zu einem international anerkannten Mass-System zu gelangen. Damals wurden der Meter, das Kilogramm und die Sekunde als grundlegende Einheiten festgelegt. Diese Einheiten wurden inzwischen neu definiert und sind heute Teile des Système International d'Unités (abgekürzt: SI).

Das Système International d'Unités

(Internationales Einheitensystem, SI)

Es gibt eine grosse Zahl physikalischer Grössen. Alle diese Grössen lassen sich aber aus 7 Basisgrössen ableiten. So ist z.B. die Geschwindigkeit eine abgeleitete Grösse und lässt sich als der pro Zeiteinheit zurückgelegte Weg messen. Sie wird in Meter pro Sekunde oder Kilometer pro Stunde ausgedrückt. Auch das Volumen ist eine abgeleitete Grösse, hat die Dimension Länge mal Länge mal Länge und wird in m³ (Kubikmeter) gemessen. Die Leistung ist eine noch kompliziertere Grösse und wird in kg × m² × s⁻² ausgedrückt. Die 7 Basisgrössen sind: Länge, Zeit, Masse, elektrische Stromstärke, thermodynamische Temperatur, Lichtstärke und Stoffmenge. Das internationale Einheitensystem umfasst deshalb 7 Basiseinheiten. Für jede der Basisgrössen wurde eine Einheit definiert. Beispiel:

Die Basiseinheit 1 Meter ist das 1 650 763,73fache der Wellenlänge der von Atomen des Nuklids ⁸⁶Kr beim Übergang vom Zustand 5 *ds* zum Zustand 2 *p₁₀* ausgesandten, sich im Vakuum ausbreitenden Strahlung.

Weshalb so kompliziert und unverständlich? Dafür gibt es zwei Gründe: Der ursprünglich verwendete Meter-Prototyp konnte den Anforderungen an die Messgenauigkeit nicht mehr genügen, und die Längeneinheit musste deshalb genauer definiert werden. Zum zweiten wollte man den Meter an eine Naturkonstante anknüpfen, die immer und überall gemessen und verglichen werden kann. Für die tägliche Praxis hat diese Definition keinerlei Änderung ergeben. Die Definition wurde so gewählt, dass der ursprüngliche Meter für alle praktischen Belange weiter verwendet werden kann.

Die sieben Basisgrössen und ihre Einheiten sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt (Tabelle 1).

Basisgrösse	Symbol	Basiseinheit	Abkürzung der Einheit
Länge	L	Meter	m
Zeit	T	Sekunde	s
Masse	M	Kilogramm	kg
elektrische Stromstärke	I	Ampère	A
thermodynamische Temperatur	Θ	Kelvin	K
Lichtstärke	J	Candela	cd
Stoffmenge	N	Mol	mol

Die abgeleiteten Grössen haben abgeleitete Einheiten. Einige davon haben spezielle Na-

men erhalten. Sie sind in der Tabelle 2 aufgeführt.

Messgrösse	SI-Einheiten		Definiert durch Einheiten mit besonderem Namen	Definiert durch SI-Basiseinheiten
	Name	Symbol		
Frequenz	Hertz	Hz		s^{-1}
Kraft	Newton	N		$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
Druck	Pascal	Pa	N/m^2	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
Energie, Arbeit, Wärmemenge	Joule	J	$N \cdot m$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
Leistung	Watt	W	J/s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$

Neben den abgeleiteten SI-Einheiten, die sich durch Multiplikation und Division aus den Basiseinheiten ergeben, dürfen die in Tabelle 3 zusammengestellten Einheiten

verwendet werden. Sie ergeben sich nicht durch einfache Multiplikationen und/oder Divisionen, sondern enthalten im allgemeinen einen von 1 verschiedenen Faktor.

Einheit	Symbol	Wert in SI-Einheiten
Minuten	min	60 s
Stunde	h	3600 s
Tag	d	86400 s
Grad Celsius	$^{\circ}C$	$t^{\circ}C = T - 273,15 K$
Liter	l	0,001 m ³
(Bar)	bar	10 ⁵ Pa)

Vielfache und Teile von Einheiten

Niemand wird die Distanz Zürich—Paris oder die Länge einer mikroskopischen Partikel in Meter angeben. Um dezimale Vielfache und dezimale Teile von Einheiten auszudrücken, bedient man sich spezieller Vorsilben. 1000 Meter sind 1 Kilometer (km),

und der millionste Teil eines Meter ist ein Mikrometer (μm). Die mit dem SI-Einheitensystem benutzten Vorsilben sind in Tabelle 4 wiedergegeben. Die Vielfachen und Teile unterscheiden sich dabei um einen Faktor von Tausend (1000 W sind 1 kW, 1000 kW sind 1 MW, 1000 MW sind 1 GW usw.)

Faktor	Vorsilbe	Symbol
10 ¹²	Tera-	T
10 ⁹	Giga-	G
10 ⁶	Mega-	M
10 ³	Kilo-	k
10 ²	Hekto-	h *
10 ¹	Deka-	da *
10 ⁻¹	Dezi-	d *
10 ⁻²	Zenti-	c *
10 ⁻³	Milli-	m
10 ⁻⁶	Mikro-	u
10 ⁻⁹	Nano-	n
10 ⁻¹²	Piko-	p
10 ⁻¹⁵	Femto-	f
10 ⁻¹⁸	Atto-	a

* nicht empfohlen

In der Medizin gebräuchliche Einheiten

Es sei hier nun speziell auf diejenigen Einheiten eingegangen, welche im medizinischen und paramedizinischen Bereich auftreten und welche am 13. Mai 1981 geändert wurden.

Druck

Das Bundesgesetz über das Messwesen lässt neben der SI-Einheit Pascal (Pa) noch die Einheit Bar (bar) zu. 1 bar = 100000 Pascal = 100 kPa = 10⁵Pa. Daneben wird es aber Ausnahmebestimmungen geben. Der Blut-

druck z.B. wird weltweit in mm Hg gemessen, und es ist unwahrscheinlich, dass man von dieser Einheit abkommen wird. Die cm-Wassersäule als Druckeinheit dient hauptsächlich internen Zwecken. Für alle praktischen Anwendungen ist 1 cm Wassersäule gleich 1 mbar (Fehler: 0,02 oder 2%). Viele technische Geräte sind heute noch mit Manometern ausgestattet, welche in Atmosphären geeicht sind. Es wird eine gewisse Zeit dauern, bis im technischen Bereich alle diese Manometer ersetzt sind. Da technische Atmosphäre und Bar sich im Wert jedoch nur um 0,02 Einheiten (2%) unterscheiden, fällt diese Änderung nicht ins Gewicht (1 at = 0,981 bar).

Die Werte für die Blutgase werden fortan in kPa ausgedrückt werden. 10 mm Hg sind 1,33 kPa.

$$\begin{aligned} \text{Umrechnung: (mm Hg)} \times 0,1333 &= \text{kPa} \\ (\text{kPa}) \times 7,501 &= (\text{mm Hg}) \end{aligned}$$

Man sieht, dass die beiden Bereiche so stark verschieden sind, dass eine Verwechslung zwischen alten und neuen Einheiten praktisch ausgeschlossen wird. Als gute Hilfe zur Abschätzung von Umrechnungen kann folgender Wert verwendet werden:

Normaldruck (Atmosphärendruck)

$$760 \text{ mm Hg} \cong 100 \text{ kPa}$$

$$76 \text{ mm Hg} \cong 10 \text{ kPa}$$

$$7,6 \text{ mm Hg} \cong 1 \text{ kPa}$$

Wärme, Arbeit, Energie

Die SI-Einheit für die Energie ist das Joule (sprich: dschul)

$$1 \text{ Joule (1 J)} = 1 \text{ Wattsekunde (1 Ws)}$$

Die Umrechnung von den bisher verwendeten Kalorien in Joule ist einfach:

$$(\text{cal}) \times 4,1868 = (\text{J})$$

$$(\text{J}) \times 0,2388 = (\text{cal})$$

Als grobe Abschätzung darf man verwenden: 1 cal \cong 4 J. Nachdem im Detailhandel schon seit langer Zeit Kalorien und Joule auf den Packungen angegeben sind, dürfte diese Umstellung keine Schwierigkeiten bieten.

Stoffmengen und Stoffmengenkonzentrationen

Die wohl tiefgreifendste Umstellung findet im Bereich der Konzentrationsangaben statt. Die bisher üblichen Angaben in mg% und g% verschwinden und werden durch die Einheit Mol pro Liter ersetzt.

Der Begriff Mol bedarf vielleicht der Erläuterung, weil uns diese Einheit nicht vom täglichen Leben her bekannt ist. Die Definition des Mol ist zudem für den Laien nicht leicht verständlich:

Die Basiseinheit 1 Mol ist die Stoffmenge eines Systems, das aus ebensoviel Einzelteilchen besteht, wie Atome in 12 g des Kohlenstoffnuklids ^{12}C enthalten sind.

Diese Definition besagt, dass ein Mol eine Anzahl Teilchen bedeutet. Diese Teilchen können Atome (z.B. Wasserstoffatome), Moleküle (z.B. Glucosemoleküle) oder Ionen (z.B. Kaliumionen) sein. Ein Mol irgendeines Stoffes enthält also immer gleich viele Teilchen. 12 g Kohlenstoff (das Nuklid ^{12}C ist eine bestimmte Art Kohlenstoff) wurde als Referenz gewählt, um eine möglichst genaue und von der heutigen Messgenauigkeit unabhängige Definition der Anzahl zu gewährleisten. Mit den heutigen Methoden wurde die Anzahl der in 12 g reinem Kohlenstoff enthaltenen Teilchen zu 602,2 Trillarden bestimmt. Später wird es vielleicht einmal möglich sein, diese Anzahl noch genauer zu bestimmen. Für die Praxis hat das wiederum keinen Einfluss, denn die bis heute erreichte Genauigkeit reicht bei weitem aus.

Die Angabe der Stoffmenge ist der Angabe der Masse eines bestimmten Stoffes vorzuziehen, weil dadurch chemische und biochemische Vorgänge übersichtlicher werden. So entsteht aus einem Mol Hämoglobin beim Abbau genau ein Mol Bilirubin, ein Mol Eisen wird frei; 1 Mol Hämoglobin (monomeres) vermag 1 Mol Sauerstoff zu binden usw. Die Vorgänge im Metabolismus verschiedener Stoffe werden dadurch anschaulicher.

Die Konzentration eines Stoffes kann nun in Stoffmenge pro Volumeneinheit ausgedrückt werden (mol/l). Die Umrechnung von mg% und g% oder mg/l und g/l muss für jede einzelne Substanz definiert werden. Dazu dienen Umrechnungstabellen.

Wo die Zusammensetzung der Teilchen nicht bekannt ist, kann auch keine Stoffmenge bestimmt werden. In solchen Fällen (Proteine) erfolgt die Konzentrationsangabe in Gramm pro Liter (g/l oder mg/l). Dies ist nicht ein Fehler des SI-Systems oder eine Inkonsequenz, sondern zeigt lediglich, wie sehr unsere Erkenntnis noch lückenhaft ist. Für die praktische Umstellung sei schon jetzt darauf hingewiesen, dass der übliche «Laborjargon», welcher lediglich den Zahlenwert, nicht aber die Einheit verwendet («...der Patient hat einen Zucker von 300», «...sein Eisen ist nur 20» usw.), sehr gefährlich werden kann. Während der Umstellung, bis sich die neuen Werte eingepreßt haben, ist die Angabe der Einheit absolut unerlässlich. Besonders gefährlich kann eine Verwechslung von alten und neuen Einheiten

eigentlich nur für die Angabe der Glucose-Konzentration im Serum werden:

20 $\left\{ \begin{array}{l} \text{mmol/l} \quad \text{bedeutet Hyperglykämie} \\ \text{mg}\% \quad \text{bedeutet Hypoglykämie} \end{array} \right.$

Bei der **Blutzuckerkonzentration ist also besondere Sorgfalt am Platz.**

Für viele Parameter wechseln lediglich die Einheiten, nicht aber der Zahlenwert: Natrium, Kalium, Chlorid, Bicarbonat usw. werden nicht mehr in meq/l oder mval/l, sondern in mmol/l angegeben.

Enzymaktivitäten

Zurzeit werden Enzymaktivitäten in internationalen Einheiten angegeben:

$$1 \text{ IU} = 1 \mu\text{mol}/\text{min}$$

Eine internationale Einheit (international unit: IU) ist also die Stoffmenge in μmol , welche pro Minute umgesetzt wird. Da die Minute keine SI-Einheit ist, wird die Einführung einer neuen Einheit für die katalytische Aktivität diskutiert, welche den Stoffumsatz in Mol pro Sekunde beschreibt. Der Name dieser Einheit ist das Katal (kat), und die üblicherweise in biologischem Material gemessenen Aktivitäten liegen in der Größenordnung von nkat/l. Die Einführung dieser Einheit wäre jedoch verfrüht, da sie noch nirgends angewandt wird.

Wenn sich bei den Enzymen dennoch geringfügige Änderungen ergeben, so ist dies auf die Standardisierung der Methoden und der Messtemperatur zurückzuführen. Einfache Umrechnungen von überholten Methoden bei 25°C auf optimierte Methoden bei 37°C sind leider nicht möglich. Für jedes einzelne Enzym wird jedoch ein neuer

Normbereich (und für die wissenschaftlichen Arbeiten eine Graphik) erstellt werden.

Fraktionen

Fraktionen werden üblicherweise in Prozent (%), d.h. in Teilen von Hundert angegeben. Das neue Einheitensystem empfiehlt das Verlassen von %, ‰, ppm (part per million) und ppb (parts per billion) und die Angabe in Teilen der Einheit. Dies heisst konkret, dass Konzentrationsangaben in Prozent durch Fraktionen ersetzt werden:

$$1\% = 0,01 \quad 10\% = 0,1$$

Zusammenfassung

Die durch die Einführung der SI-Einheiten bedingten Änderungen im medizinischen Bereich beschränken sich weitgehend auf das Gebiet der klinischen Chemie. Da alle Normalwerte auch auf neue Einheiten umgerechnet werden und da üblicherweise die Normalwerte auf den Resultatformularen aufgeführt werden, dürften sich in der Praxis keine unüberwindlichen Schwierigkeiten ergeben. Die Erfahrungen in der Westschweiz und in Basel haben gezeigt, dass sich alle Beteiligten in kurzer Zeit an die neuen Einheiten gewöhnt haben. Es darf daran erinnert werden, dass vor noch nicht allzulanger Zeit Natrium- und Kaliumkonzentrationen auch noch in g/l und mg/l angegeben wurden und dass auch jene Umstellung relativ schnell verarbeitet war.

Die Umstellung, welche am 13. Mai 1981 um 07.00 Uhr stattgefunden hat, verlangt von allen Beteiligten während der ersten Tage viel Geduld und Disziplin, und es ist zu hoffen, dass diese Änderungen langfristig Vorteile zu Gunsten der Patienten und des Gesundheitswesens zeigen werden.

Dieter J. Vonderschmitt