PHYSIKALISCHE GRÖSSEN UND EINHEITEN

1. Was sind physikalische Grössen?

Physik ist eine messende Wissenschaft. Doch was wird gemessen? Der Physiker misst Längen, Flächen, Volumen, Zeiten, Geschwindigkeiten, Beschleunigungen, Massen, Kräfte, Energien, Temperaturen, elektrische Ladungen, Stromstärken und Spannungen und vieles mehr. Man nennt diese Begriffe **physikalische Grössen**. Damit man physikalische Grössen auch messen kann, braucht man zugehörige **physikalische Einheiten** (Masseinheiten wie Meter, Quadratmeter, Kubikmeter, Sekunde etc.). Diese physikalischen Einheiten mussten vorerst genau definiert werden und geeignete Messgeräte mussten dazu entwickelt werden.

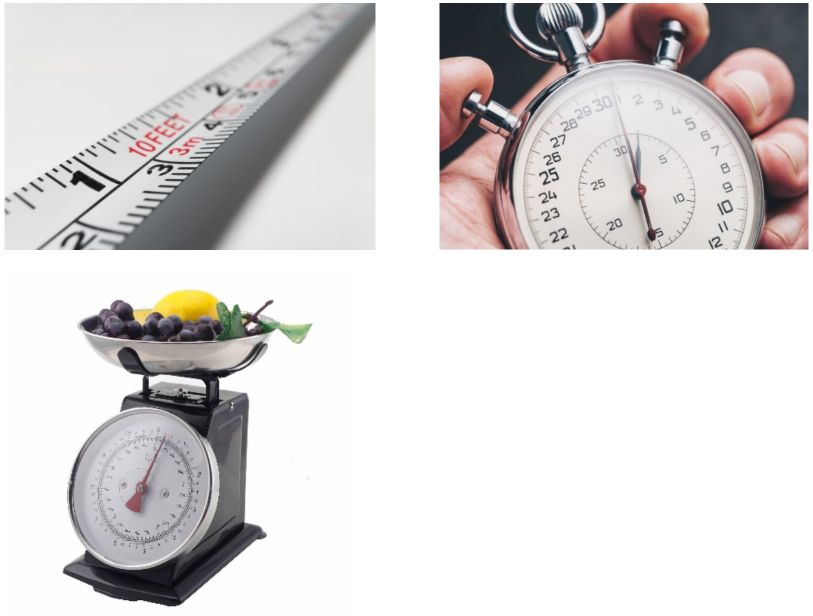

Abb. 1: Messgeräte.

2. Das SI: Basisgrössen und Basiseinheiten

Im Jahre 1960 wurde das **Internationale Einheitensystem** (Système International d'Untités, kurz: **SI**) ins Leben gerufen. Es enthält genaue Angaben, in welchen Einheiten physikalische Grössen zu messen sind. In der Schweiz wurde das SI mit dem Bundesgesetz über das Messwesen 1978 in Kraft gesetzt.

Das SI ist streng wissenschaftlich aufgebaut. Es hat sich gezeigt, dass man im Prinzip mit nur *sieben* physikalischen Grössen, den so genannten **Grundgrössen** oder **Basisgrössen**, die gesamte Physik beschreiben kann. Die zugehörigen Einheiten nennt man entsprechend **Grundeinheiten** oder **Basiseinheiten**. Es sind dies:

Physikalische Grösse („Basisgrösse"):	Masseinheit („Basiseinheit"):	Abkürzung:	Messgeräte:
Länge *s*	Meter	m	Massstab, Messband, Schublehre.
Zeit *t*	Sekunde	s	Sonnenuhr, Sanduhr, Pendeluhr, Quarzuhr, Atomuhr.
Masse *m*	Kilogramm	kg	Balkenwaage etc.
Elektrische Stromstärke *I*	Ampère	A	…
Temperatur *T*	Kelvin	K	…
Stoffmenge *n*	Mol	mol	…
Lichtstärke *I*	Candela	cd	…

Die sieben Basisgrössen samt Basiseinheiten bilden einen Bestandteil des SI.

3. Abgeleitete Grössen und Einheiten

Das SI enthält nicht nur die erwähnten sieben Basisgrössen, sondern eine Vielzahl weiterer physikalischer Grössen. Man nennt sie **abgeleitete Grössen**, ihre Einheiten heissen entsprechend **abgeleitete Einheiten**. Sie heissen „abgeleitet", weil sie sich aus den Basisgrössen zusammensetzen lassen. Beispiele:

- **Die Fläche**: Sie besitzt die Einheit m^2 (Quadratmeter). Sie leitet sich also von der Basiseinheit Meter ab.
- **Das Volumen**: Es besitzt die Einheit m^3 (Kubikmeter). Auch der Kubikmeter leitet sich von der Basiseinheit Meter ab. Neben dem Kubikmeter wird als Einheit für das Volumen häufig auch das (oder der) Liter (l) verwendet (vor allem bei Flüssigkeiten). Es gilt:

$$1\,\mathrm{l} = 1\,\mathrm{dm}^3$$

Wir werden mit der Grundgrösse Länge und den abgeleiteten Grössen Fläche und Volumen in den Übungen einige Umrechnungen vornehmen. Dabei sollte folgendes beachtet werden:

Länge:	Fläche:	Volumen:
1 km	**1 km^2**	**1 km^3**
↓ × 10	↓ × 100	↓ × 1000
-	-	-
↓ × 10	↓ × 100	↓ × 1000
-	-	-
↓ × 10	↓ × 100	↓ × 1000
1 m	**1 m^2**	**1 m^3**
↓ × 10	↓ × 100	↓ × 1000
1 dm	**1 dm^2**	**1 dm^3**
↓ × 10	↓ × 100	↓ × 1000
1 cm	**1 cm^2**	**1 cm^3**
↓ × 10	↓ × 100	↓ × 1000
1 mm	**1 mm^2**	**1 mm^3**

Leerzeichen bedeuten wenig gebrauchte Längen, Flächen und Volumen.

Beispiele (Umrechnungen):

1. Rechnen Sie um: **a)** 100 m^2 in cm^2; **b)** 5 m^2 in mm^2; **c)** 207 m^3 in Liter; **d)** 0.07 m^3 in mm^3; **e)** 0.34 l in cm^3.

2. **a)** Drücken Sie in m^2 aus: 0.04 km^2; **b)** Drücken Sie in m^2 aus: 16'000'000'000 mm^2; **c)** Drücken Sie in m^3 aus: 0.5 mm^3; **d)** Drücken Sie in m^3 aus: 0.000096 km^3

3. Rechnen Sie um: **a)** 1.3 km in dm; **b)** 363'000 mm^2 in m^2; **c)** 0.1 dm^3 in m^3.

4. **a)** Drücken Sie in m^2 aus: 33 mm^2; **b)** Drücken Sie in m^2 aus: 5'000'000'000'000 km^2; **c)** Drücken Sie in m^3 aus: 26 dm^3; **d)** Drücken Sie in m^3 aus: 0.7 km^3.

Grosse und kleine Zahlen…

Abb. 2: Gross und klein…

Sehr grosse und sehr kleine Werte werden in der Physik in Zehnerpotenzen geschrieben. Man nennt diese Darstellung „**Potenzschreibweise**“ oder auch „**wissenschaftliche Darstellung**“.

a) „Grosse Zahlen“: 345‘000‘000 m = $3.45 \cdot 10^8$ m

Vorgehen: Um wie viele Stellen *n* muss der Dezimalpunkt nach *links* verschoben werden, bis er direkt nach der ersten Ziffer steht. Diese Anzahl Stellen *n* ergibt den Exponenten (hier: $n = 8$).

b) „Kleine Zahlen“: 0.000408 kg = $4.08 \cdot 10^{-4}$ kg

Vorgehen: Um wie viele Stellen *n* muss der Dezimalpunkt nach *rechts* verschoben werden, bis er direkt nach der ersten Ziffer ungleich Null steht? Diese Anzahl *n*, mit einem Minuszeichen versehen, ergibt den Exponenten (hier $n = –4$)

Beispiele (Potenzschreibweise):

5. Verwenden Sie die Potenzschreibweise (Mantisse: Ziffer 1-9 vor dem Komma): **a)** Distanz Erde-Sonne: $d = 150'000'000'000$ m; **b)** Radius eines Atomkerns: $r = 0.0000000000000014$ m.

6. Verwenden Sie die Potenzschreibweise (Mantisse: Ziffer 1-9 vor dem Komma): **a)** 2'310'000 g; **b)** 0.0000568 m; **c)** 1'030'000'000 s; **d)** 0.0900078 m^2; **e)** 5 Millionen m; **f)** 313’000’000’000 s; **g)** 0.0000000591 m; **h)** 3 Milliarden kg.

Man verwendet bei der Darstellung physikalischer Grössen in Zehnerpotenzen häufig so genannte **Vorsätze**:

Zehnerpotenz:	Vorsatz:	Abkürzung:	Beispiel:
10^{12}	Tera	T	1 Ts
10^{9}	Giga	G	1 Gm
10^{6}	Mega	M	1 Mm
10^{3}	Kilo	k	1 km
10^{-1}	Dezi	d	1 dm
10^{-2}	Centi	c	1 cm
10^{-3}	Milli	m	1 ms
10^{-6}	Mikro	µ	1 µm
10^{-9}	Nano	n	1 ns
10^{-12}	Pico	p	1 pm
10^{-15}	Femto	f	1 fm

Beachten Sie beim Lösen von Aufgaben mit Vorsätzen folgende Regeln:
1) Suchen Sie immer den **nächstgelegenen** Vorsatz

2) Es dürfen nie zwei Vorsätze hintereinander geschaltet werden: So darf z.B. nicht 1 Gkm geschrieben werden, denn km enthält bereits einen Vorsatz.

Beispiele (Vorsätze):

7. Geben Sie mit Hilfe von Zehnerpotenzen in m an: **a)** 6.37 Mm (Erdradius); **b)** 1.39 Gm (Sonnenradius); **c)** 9 µm (Pixelgrösse eines CCD-Detektors); **d)** 0.1 nm (Atomradius).

8. Drücken Sie folgende Ausdrücke mit Vorsätzen aus. Verwenden Sie dabei den **nächstgelegenen** Vorsatz: **a)** $0.893 \cdot 10^4$ m; **b)** $53.4 \cdot 10^5$ m; **c)** 0.000054 m; **d)** 46'300 m; **e)** $1.5 \cdot 10^{-10}$ m.

9. Schreiben Sie mit Vorsätzen. Suchen Sie dabei den **nächstgelegenen** Vorsatz! **a)** 3'000'000'000 m; **b)** 0.0000000045 s; **c)** 3'500'000 t; **d)** 0.000001 g; **e)** $1.2 \cdot 10^9$ kg; **f)** $2.3 \cdot 10^{-12}$ m; **g)** 0.001 s; **h)** $1 \cdot 10^{-2}$ m; **i)** $3.44 \cdot 10^{-6}$ km.

Potenzgesetze, grosse und kleine Zahlen:

Potenzregel:
$10^0 = 1$
$10^1 = 10$
$10^2 = 10 \cdot 10 = 100$
$10^m = \underbrace{10 \cdot 10 \cdot \ldots \cdot 10}_{m-\text{mal}} = 1\underbrace{0 \ldots 0}_{m \text{ Nullen}}$
$10^m \cdot 10^n = 10^{m+n}$
$\frac{10^m}{10^n} = 10^{m-n}$
$10^{-1} = \frac{1}{10^1} = 0.1$
$10^{-2} = \frac{1}{10^2} = 0.01$
$10^{-m} = \frac{1}{10^m} = \underbrace{0.0 \ldots 0}_{m \text{ Nullen}}1$

Grosse Zahlen:
10^6 = 1'000'000 = 1 Million 10^9 = 1'000'000'000 = 1 Milliarde 10^{12} = 1'000'000'000'000 = 1 Billion
Kleine Zahlen: 10^{-6} = 0.000001 = 1 Millionstel 10^{-9} = 0.000000001 = 1 Millionstel 10^{-12} = 0.000000000001 = 1 Billionstel

Kurzlösungen (Umrechnungen):

1) a) 1'000'000 cm^2; **b)** 5'000'000 mm^2; **c)** 207'000 l; **d)** 70'000'000 mm^3; **e)** 340 cm^3.

2) a) 40'000 m^2; **b)** 16'000 m^2; **c)** 0.0000000005 m^3; **d)** 96'000 m^3.

3) a) 13'000 dm; **b)** 0.363 m^2; **c)** 0.0001 m^3.

4) a) 0.000033 m^2; **b)** 5'000'000'000'000'000'000 m^2; **c)** 0.026 m^3;
d) 700'000'000 m^3.

Kurzlösungen (Potenzschreibweise):

5) a) $1.5 \cdot 10^{11}$ m; **b)** $1.4 \cdot 10^{-15}$ m;

6) a) $2.31 \cdot 10^6$ g; **b)** $5.68 \cdot 10^{-5}$ m; **c)** $1.03 \cdot 10^9$ s; **d)** $9.00078 \cdot 10^{-2}$ m^2; **e)** $5 \cdot 10^6$ m;
f) $3.13 \cdot 10^{11}$ s; **g)** $5.91 \cdot 10^{-8}$ m; **h)** $3 \cdot 10^9$ kg.

Kurzlösungen (Vorsätze):

7) a) $6.37 \cdot 10^6$ m; **b)** $1.39 \cdot 10^9$ m; **c)** $9 \cdot 10^{-6}$ m; **d)** $1 \cdot 10^{-10}$ m.

8) a) 8.93 km; **b)** 5.34 Mm; **c)** 54 µm; **d)** 46.3 km; **e)** 0.15 nm.

9) a) 3 Gm; **b)** 4.5 ns; **c)** 3.5 Mt; **d)** 1 µg; **e)** 1.2 Tg; **f)** 2.3 pm; **g)** 1 ms; **h)** 1 cm;
i) 3.44 mm.