1 Formeln umstellen

Jede Formel ist eine Gleichung (wie man am Gleichheitszeichen leicht erkennt). „Formel umstellen" bedeutet also „Gleichung umstellen", d. h. Größen von einer Seite der Gleichung auf die andere Seite bringen. Und die Regeln dafür sind einfach:

- Bringt man eine Größe mit positivem Vorzeichen auf die andere Seite, so wird diese Größe negativ. Beispiel: wir wollen die Gleichung

$$ab + cd = 25$$

so umstellen, daß *cd* auf der rechten Seite steht. Da *cd* positiv ist, wird es auf der anderen Seite negativ:

$$ab = 25 - cd.$$

- Umgekehrt ist es ebenso: bringt man eine Größe mit negativem Vorzeichen auf die andere Seite, so wird sie positiv. Beispiel: wir wollen die letzte Formel

$$ab = 25 - cd$$

so umstellen, daß *cd* wieder auf der anderen Seite steht. Da es negativ ist, wird es durch die Umstellung positiv:

$$ab + cd = 25.$$

- Ähnlich verhält es sich mit Multiplikation und Division. Bringt man einen Faktor auf die andere Seite, so wird er zum Divisor[1, 2], steht also unter dem Bruchstrich. Umgekehrt verhält es sich ebenso. Beispiel: wir wollen die einfache Formel

$$v = \frac{s}{t}$$

so umstellen, daß *t* auf der linken Seite steht. Jetzt wird der Divisor *t* zum Faktor:

$$t\,v = s.$$

Nun soll der Faktor *v* auf die rechte Seite gebracht werden, dadurch wird er zum Divisor:

$$t = \frac{s}{v}.$$

- Mathematisch zwar nicht korrekt, aber griffig ausgedrückt:

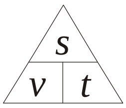
Plus wird _Minus_ und umgekehrt, _Mal_ wird _Geteilt_ und umgekehrt.

---

[1] Einige Bezeichnungen: Summand + Summand = Summe
Minuend – Subtrahend = Differenz
Faktor · Faktor = Produkt oder Multiplikand · Multiplikator = Produkt
Dividend : Divisor = Quotient bzw. $\frac{\text{Dividend}}{\text{Divisor}}$ = Quotient

[2] Bemerkung zur Division: Ein Bruchstrich und ein Divisionszeichen sind dasselbe: 1 : 5 ist dasselbe wie $\frac{1}{5}$.

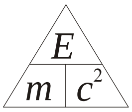
- Bei einfachen Formeln wie $v = \frac{s}{t}$ kann man sich das „Formeldreieck“ aufzeichnen:



Zwei Größen, die durch die waagerechte Linie getrennt sind, werden dividiert;
zwei Größen, die durch die senkrechte Linie getrennt sind, werden multipliziert:

$$s = v \cdot t,\ \ v = \frac{s}{t},\ \ t = \frac{s}{v}.$$

- Noch ein Beispiel: Die Formel $E = mc^2$ schreibt man als Formeldreieck so:

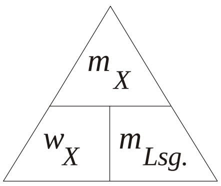


Dann sieht man sofort:

$$m = \frac{E}{c^2},\ \ c^2 = \frac{E}{m}.$$

- Ein letztes Beispiel:

Aus der Formel für den Massenanteil $w_X = \frac{m_X}{m_{Lösung}}$ wird das Formeldreieck



und man sieht sofort, daß $m_X = w_X \cdot m_{Lösung}$.

2 Potenzen: Wiederholung der Rechenregeln

$$a^n := \underbrace{a \cdot a \cdot a \cdots a}_{n \text{ Faktoren}}$$

- $a^0 = 1$

- Beim Multiplizieren zweier Potenzen werden die Exponenten addiert.

  $a^n \cdot a^m = a^{n+m}$

  Beispiel: $n = 2$, $m = 3$: $a^2 \cdot a^3 = a \cdot a \cdot a \cdot a \cdot a = a^5$

  Beispiel: $2^2 \cdot 2^3 = 2^{2+3} = 2^5$

- Beim Dividieren zweier Potenzen werden die Exponenten voneinander subtrahiert.

  $a^n : a^m = \dfrac{a^n}{a^m} = a^{n-m}$

  Beispiel: $n = 5$, $m = 3$: $\dfrac{a^5}{a^3} = \dfrac{a \cdot a \cdot a \cdot a \cdot a}{a \cdot a \cdot a} = a \cdot a = a^2$

  Beispiel: $\dfrac{2^5}{2^3} = 2^{5-3} = 2^2$

  Mit der Divisionsregel läßt sich übrigens $a^0 = 1$ zeigen: $1 = a^m : a^m = a^{m-m} = a^0$

- Beim Potenzieren werden die Exponenten multipliziert:

  $(a^n)^m = a^{n \cdot m}$

  Beispiel: $(10^4)^2 = 10^{4 \cdot 2} = 10^8$

- $a^{-1} = \dfrac{1}{a}$, allgemeiner: $a^{-n} = \dfrac{1}{a^n}$

- $(a \cdot b)^n = a^n \cdot b^n$, $\left(\dfrac{a}{b}\right)^n = \dfrac{a^n}{b^n}$

3 Zehnerpotenzen

Das Prinzip

$10^0 = 1$ (Irgend etwas hoch 0 ergibt *immer* 1.)
$10^1 = 10$
$10^2 = 100$
$10^3 = 1000$

Der Exponent gibt die Anzahl der Nullen an.

$$10^{-1} = \frac{1}{10} = 0{,}1$$

$$10^{-2} = \frac{1}{100} = 0{,}01$$

$$10^{-3} = \frac{1}{1000} = 0{,}001$$

Der negative Exponent gibt die Anzahl der Nullen *einschließlich der Null vor dem Komma* an.

Rechenregeln

Multiplizieren: Beim Multiplizieren von Potenzen werden die Exponenten addiert.

$10^2 \cdot 10^3 = 10^{2+3} = 10^5$
Stimmts? $10^2 \cdot 10^3 = 100 \cdot 1000 = 100000 = 10^5$

$10^{-2} \cdot 10^{-3} = 10^{(-2)+(-3)} = 10^{-5}$
Stimmts? $10^{-2} \cdot 10^{-3} = \frac{1}{100} \cdot \frac{1}{1000} = \frac{1}{100000} = 10^{-5}$

Dividieren: Beim Dividieren von Potenzen werden die Exponenten voneinander subtrahiert.

$$10^3 : 10^2 = \frac{10^3}{10^2} = 10^{3-2} = 10^1 = 10$$

$$10^2 : 10^{-3} = 10^{2-(-3)} = 10^{2+3} = 10^5$$

$$10^2 : 10^{-3} = 100 : \frac{1}{1000} = 100 \cdot 1000 = 10^5$$

(Division durch einen Bruch ist Multiplikation mit dem Kehrwert)

Über und unter dem Bruchstrich

Beim Positionswechsel innerhalb eines Bruchs (d. h. vom Zähler in den Nenner oder umgekehrt) ändert der Exponent sein Vorzeichen:

$$\frac{1}{10^{-3}} \text{ ist dasselbe wie } \frac{10^3}{1} = 10^3$$

$$10^{-3} = \frac{1}{10^3} \text{ ist dasselbe wie } \frac{10^{-3}}{1} = 10^{-3}$$

In den beiden folgenden Beispielen ändert der Exponent 4 beim Wechsel vom Nenner zum Zähler sein Vorzeichen:

$$\frac{14 \cdot 10^2 \cdot 3{,}5}{7 \cdot 10^{-4}} = \frac{14 \cdot 10^2 \cdot 3{,}5 \cdot 10^4}{7} = 7 \cdot 10^2$$

$$\frac{14 \cdot 10^2 \cdot 3{,}5}{7 \cdot 10^4} = \frac{14 \cdot 10^2 \cdot 3{,}5 \cdot 10^{-4}}{7} = 7 \cdot 10^{-2}$$

4 Einheiten

Einheiten werden wie Zahlen behandelt

Einheiten lassen sich wie Zahlen behandeln: man kann sie addieren und subtrahieren (allerdings nur gleichartige Einheiten), multiplizieren und dividieren, potenzieren, kürzen usw. Dabei gelten dieselben Regeln wie für Zahlen.

Genau genommen bedeutet z. B. 45 mm: eine 1 mm lange Strecke 45 mal aneinandergelegt, also

$$45 \cdot 1\ \text{mm}$$

Das ist eine Multiplikation einer Zahl mit einer Einheit. Da man

- normalerweise die 1 als Faktor weglassen kann und
- man auch den Multiplikationspunkt weglassen kann,

genügt es zu schreiben: 45 mm. Die Einheit, in diesem Beispiel der Millimeter, *wird also genauso behandelt, als wäre sie eine Zahl.*

Einheiten werden wie Zahlen behandelt!

- Einheiten kann man addieren (und natürlich subtrahieren) wie Zahlen:

$$20\ \mu\text{mol} + 45\ \mu\text{mol} = (20 + 45)\ \mu\text{mol} = 65\ \mu\text{mol}$$

$$1\ \text{km} + 100\ \text{m} = 1000\ \text{m} + 100\ \text{m} = 1100\ \text{m}\ (= 1{,}1\ \text{km})$$

- Einheiten kann man kürzen wie Zahlen:

$$m = 20\frac{\text{g}}{\cancel{\text{mol}}} \cdot 0{,}5\ \cancel{\text{mol}} = 10\ \text{g}$$

$$n = \frac{12\ \text{g}}{24\ \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = \frac{12\ \cancel{\text{g}} \cdot \text{mol}}{24\ \cancel{\text{g}}} = 0{,}5\ \text{mol}$$

- Einheiten mit unterschiedlichen Vorsilben: Auch hier kann man kürzen, wenn man die Vorsilben als Zehnerpotenz hinschreibt.

$$m = 2{,}5\frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 2\ \mu\text{mol} = 2{,}5\frac{\text{g}}{\cancel{\text{mol}}} \cdot 2 \cdot 10^{-6}\ \cancel{\text{mol}} = 5 \cdot 10^{-6}\ \text{g}$$

$$w = 300\frac{\mu\text{g}}{\text{g}} = 300\frac{10^{-6}\ \cancel{\text{g}}}{\cancel{\text{g}}} = 300 \cdot 10^{-6} = 3 \cdot 10^{2} \cdot 10^{-6} = 3 \cdot 10^{-4} = 0{,}0003 = (0{,}03\%)$$

Potenzen von Einheiten

Wenn mit Einheiten versehene Größen potenziert werden (z. B. 1 m^2), muß immer *beides* potenziert werden: die Zahl *und* die Einheit:

$$(20\ \mathrm{cm})^2 = 20^2 \cdot \mathrm{cm}^2 = 400\ \mathrm{cm}^2$$

Bitte beachten: $(20\ \mathrm{cm})^2$ ist etwas anderes als $20\ \mathrm{cm}^2$!

Bei Umrechnungen darauf achten, daß auch Zehnerpotenzen mitpotenziert werden:

$$1\ \mathrm{cm}^2 = (10^{-2}\ \mathrm{m})^2 = (10^{-2})^2 \cdot \mathrm{m}^2 = 10^{-4}\ \mathrm{m}^2$$

Präfixe

Bruchteile oder Vielfache von Einheiten werden meistens mit Vorsilben (Präfixen) versehen. Die Vorsilbe „Kilo“ z. B. bedeutet 1000 oder 10^3 und man schreibt 1000 Meter = 1 Kilometer; die Vorsilbe „Milli“ bedeutet 1/1000 oder 10^{-3}, also 1/1000 L = 1 mL. 1 kg sind 1000 g und 1mm ist 1/1000 Meter. Bei Verständnisproblemen machen Sie sich das an alltäglichen Einheiten wie Kilometer, Gramm, Mikroliter etc. klar.

Der Code für die Vorsilben:

Wert und Vorsilbe	*Name*	*Wert und Vorsilbe*	*Name*
10^1 = da	Deka	10^{-1} = d	Dezi
10^2 = h	Hekto	10^{-2} = c	Zenti
10^3 = k	Kilo	10^{-3} = m	Milli
10^6 = M	Mega	10^{-6} = µ	Mikro
10^9 = G	Giga	10^{-9} = n	Nano
10^{12} = T	Tera	10^{-12} = p	Pico
⋮		⋮	

Genau so wie die Einheiten selbst lassen sich auch die Vorsilben wie Zahlen behandeln.

Nicht erschrecken: Übung zum Umgang mit Zahlen und Einheiten

$$\eta = \frac{\pi \cdot (430\,\mu\mathrm{m})^4 \cdot 0{,}7914\,\mathrm{g/cm^3} \cdot 9{,}80723\,\mathrm{m/s^2} \cdot (20\,\mathrm{min}\;45\,\mathrm{s})}{8 \cdot 237\,\mathrm{mm} \cdot 3{,}53\,\mathrm{cm^2} \cdot \ln \frac{298\,\mathrm{mm} - 13\,\mathrm{mm}}{34\,\mathrm{mm} - 13\,\mathrm{mm}}}$$

Erste Vereinfachung: der Bruch im Nenner wird vereinfacht (gelb unterlegt).

$$\eta = \frac{\pi \cdot (430\,\mu\mathrm{m})^4 \cdot 0{,}7914\,\mathrm{g/cm^3} \cdot 9{,}80723\,\mathrm{m/s^2} \cdot (20\,\mathrm{min}\;45\,\mathrm{s})}{8 \cdot 237\,\mathrm{mm} \cdot 3{,}53\,\mathrm{cm^2} \cdot \ln \frac{285\,\mathrm{mm}}{21\,\mathrm{mm}}}$$

Die soeben ausgeklammerten Millimeter werden gekürzt, dabei wird gleich der Zahlenwert ausgerechnet:

$$\eta = \frac{\pi \cdot (430\,\mu\mathrm{m})^4 \cdot 0{,}7914\,\mathrm{g/cm^3} \cdot 9{,}80723\,\mathrm{m/s^2} \cdot (20\,\mathrm{min}\;45\,\mathrm{s})}{8 \cdot 237\,\mathrm{mm} \cdot 3{,}53\,\mathrm{cm^2} \cdot \ln 13{,}5714}$$

Jetzt folgen zwei Schritte: der Logarithmus wird ausgerechnet (gelb)und die Zeitangabe im Zähler in Sekunden umgerechnet (türkis):

(1) ln 13,5714 = 2,60797 (brauchen Sie nicht zu können, das macht der Taschenrechner)

(2) 20 min 45 s = (20 · 60 s) + 45 s = 1200 s + 45 s = 1245 s

$$\eta = \frac{\pi \cdot (430\,\mu\mathrm{m})^4 \cdot 0{,}7914\,[\mathrm{g/cm^3}] \cdot 9{,}80723\,\mathrm{m/s^2} \cdot 1245\,\mathrm{s}}{8 \cdot 237\,\mathrm{mm} \cdot 3{,}53\,\mathrm{cm^2} \cdot 2{,}60797}$$

Alle Einheiten werden in die Basiseinheiten kg, m, s umgerechnet, indem man die Vorsätze durch Zehnerpotenzen ersetzt (das Ergebnis ist grün unterlegt):

$$\eta = \frac{\pi \cdot (430 \cdot 10^{-6}\,\mathrm{m})^4 \cdot 0{,}7914 \cdot [10^{-3}\,\mathrm{kg}/(10^{-2}\,\mathrm{m})^3] \cdot 9{,}80723\,\mathrm{m/s^2} \cdot 1245\,\mathrm{s}}{8 \cdot 237 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{m} \cdot 3{,}53\,(10^{-2}\,\mathrm{m})^2 \cdot 2{,}60797}$$

Im nächsten Schritt werden auch die Zahlen als Zehnerpotenzen ausgedrückt (gelb unterlegt), zugleich werden Zahlen und Einheiten getrennt hingeschrieben (was nicht unbedingt sein muß, hier aber der Übersichtlichkeit wegen geschieht):

$$\eta = \frac{\pi \cdot (4{,}30 \cdot 10^{2} \cdot 10^{-6})^4 \cdot 7{,}914 \cdot 10^{-1} \cdot [10^{-3} / (10^{-2})^3] \cdot 9{,}80723 \cdot 1{,}245 \cdot 10^3 \cdot \mathrm{m}^4 \cdot \mathrm{kg/m^3} \cdot \mathrm{m/s^2} \cdot \mathrm{s}}{8 \cdot 2{,}37 \cdot 10^2 \cdot 10^{-3} \cdot 3{,}53\,(10^{-2})^2 \cdot 2{,}60797 \cdot \mathrm{m} \cdot \mathrm{m}^2}$$

Jetzt lassen sich die Zehnerpotenzen zusammenfassen, auch die Einheiten werden umsortiert:

$$\eta = \frac{\pi \cdot (4{,}30 \cdot 10^{-4})^4 \cdot 7{,}914 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{6} \cdot 9{,}80723 \cdot 1{,}245 \cdot 10^3\;\mathrm{m}^4 \cdot \mathrm{kg} \cdot \mathrm{m} \cdot \mathrm{s}}{8 \cdot 2{,}37 \cdot 10^2 \cdot 10^{-3} \cdot 3{,}53 \cdot 10^{-4} \cdot 2{,}60797 \cdot \mathrm{m} \cdot \mathrm{m}^2 \cdot \mathrm{m}^3 \cdot \mathrm{s}^2}$$

Die Zehnerpotenzen werden weiter vereinfacht und die Einheiten zusammengefaßt: (nächste Seite)

$$\eta = \frac{\pi \cdot (4{,}30 \cdot 10^{-4})^4 \cdot 7{,}914 \cdot 10^{-4} \cdot 10^6 \cdot 9{,}80723 \cdot 1{,}245 \cdot 10^3\ \mathrm{m}^4 \cdot \mathrm{kg} \cdot \mathrm{m} \cdot \mathrm{s}}{8 \cdot 2{,}37 \cdot 10^2 \cdot 10^{-3} \cdot 3{,}53 \cdot 10^{-4} \cdot 2{,}60797 \cdot \mathrm{m} \cdot \mathrm{m}^2 \cdot \mathrm{m}^3 \cdot \mathrm{s}^2}$$

$$\eta = \frac{\pi \cdot 4{,}30^4 \cdot 10^{-16} \cdot 7{,}914 \cdot 10^2 \cdot 9{,}80723 \cdot 1{,}245 \cdot 10^3\ \mathrm{s} \cdot \mathrm{m}^5 \cdot \mathrm{kg}}{8 \cdot 2{,}37 \cdot 3{,}53 \cdot 10^{-5} \cdot 2{,}60797 \cdot \mathrm{m}^6 \cdot \mathrm{s}^2}$$

!

Kürzen der Einheiten: $\mathrm{m}^5/\mathrm{m}^6 = 1/\mathrm{m}$, $\mathrm{s}/\mathrm{s}^2 = 1/\mathrm{s}$

$$\eta = \frac{\pi \cdot 3{,}41880 \cdot 10^2 \cdot 10^{-16} \cdot 7{,}914 \cdot 10^2 \cdot 9{,}80723 \cdot 1{,}245 \cdot 10^3 \cdot \mathrm{kg}}{8 \cdot 2{,}37 \cdot 3{,}53 \cdot 10^{-5} \cdot 2{,}60797 \cdot \mathrm{m} \cdot \mathrm{s}}$$

Jetzt kann man die Zehnerpotenzen weiter zusammenfassen und die Zahlenwerte ausrechnen, eine Zehnerpotenz aus dem Nenner wird in den Zähler gesetzt:

$$\eta = \frac{\pi \cdot 3{,}41880 \cdot 7{,}914 \cdot 9{,}80723 \cdot 1{,}245 \cdot 10^{(2-16+2+3)} \cdot 10^5 \cdot \mathrm{kg}}{8 \cdot 2{,}37 \cdot 3{,}53 \cdot 2{,}60797 \cdot \mathrm{m} \cdot \mathrm{s}}$$

$$\eta = \frac{1037{,}85 \cdot 10^{-4} \cdot \mathrm{kg}}{174{,}55 \cdot \mathrm{m} \cdot \mathrm{s}} = 5{,}945 \cdot 10^{-4}\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}}$$

Dies war eine Aufgabe zur Berechnung der Viskosität einer Flüssigkeit aus 8 gemessenen Größen. Die Einheit der Viskositat ist Pa · s. Dies ist konsistent mit unserem Ergebnis: $\mathrm{Pa} \cdot \mathrm{s} = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2} \cdot \mathrm{s} = \frac{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m}}{\mathrm{s}^2 \cdot \mathrm{m}^2} \cdot \mathrm{s} = \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}}$

Was man noch wissen sollte

Das Problem: Sie haben eine Formel hingeschrieben und wissen nicht genau ob sie stimmt. Für diesen Fall gibt es einen einfachen Test.

Angenommen, Sie berechnen mit Hilfe der Molmasse M und der Masse m die Stoffmenge n. Sie schreiben versuchsweise mal $n = \frac{M}{m}$ hin. Stimmt das?

Das ist sofort und zweifelsfrei anhand der Einheiten zu überprüfen. Da Sie eine Stoffmenge berechnen, *muß* als Einheit mol herauskommen.

Erster Versuch: $n = \frac{M}{m}$ hat die Einheiten $\frac{\mathrm{g/mol}}{\mathrm{g}} = \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{g} \cdot \mathrm{mol}} = \frac{1}{\mathrm{mol}}$ Das ist mit Sicherheit falsch!

Versuchen wir es mit $n = \frac{m}{M}$. Das hat die Einheiten $\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{g/mol}} = \frac{\mathrm{g} \cdot \mathrm{mol}}{\mathrm{g}} = \mathrm{mol}$. Ihre Formel stimmt!

Jede beliebige Gleichung bzw. Formel, in der Einheiten vorkommen, läßt sich auf diese Weise testen. Es *müssen* auf beiden Seiten dieselben Einheiten stehen.

* Wozu sind Zehnerpotenzen noch gut?

Ist mein Ergebnis plausibel?

Wenn Sie Zweifel über das Ergebnis Ihrer Berechnung haben, könne Sie mit Hilfe von Zehnerpotenzen eine Größenabschätzung machen. Angenommen, Sie berechnen die Masse des entstehenden Kohlendioxids, wenn Sie 12 g Kohlenstoff verbrennen, d. h. mit 32 g Sauerstoff umsetzen. Als Ergebnis erhalten Sie 44 kg CO_2.
Sie sehen dann auf den ersten Blick, daß etwas nicht stimmen kann. Denn woher sollen die 44 kg CO_2 kommen, wenn Ihre Ausgangsstoffe nur grammweise vorhanden waren?
Am naheliegendsten ist es in solchen Fällen, daß man im Rechenweg nach einem Fehler bei den Zehnerpotenzen sucht.

Was ist ein Mol? Wieviel ist das eigentlich?

- 1 mol ^{12}C enthält $6{,}022 \cdot 10^{23}$ Atome.
- 1 mol H_2O enthält $6{,}022 \cdot 10^{23}$ Moleküle.
- 1 Mol, das sind $6{,}022 \cdot 10^{23}$ Stück.

Für grobe Abschätzungen genügt es, wenn man mit $6 \cdot 10^{23}$ rechnet. Eine so große Zahl, eine 6 mit 23 Nullen dahinter, ist eigentlich unvorstellbar. Machen wir trotzdem einen Versuch, eine Vorstellung von der Größe dieser Zahl zu bekommen.

Galaktische Semmeln

1 Mol Semmeln: das sind, wie wir wissen (s. o.), $6 \cdot 10^{23}$ Semmeln.
Wenn 1 Semmel 40 g wiegt, dann wiegt 1 Mol Semmeln $6 \cdot 10^{23}$ mal soviel, also
$40 \cdot 6 \cdot 10^{23}$ g $= 2{,}4 \cdot 10^{25}$ g.

In kg umgerechnet sind das $2{,}4 \cdot 10^{22}$ kg oder $2{,}4 \cdot 10^{19}$ Tonnen.
Ein Güterwagen trägt eine Masse von 10 Tonnen, also braucht man $2{,}4 \cdot 10^{18}$ Güterwagen für die Semmeln.
Ein Güterwagen ist 10 m lang. Bei $2{,}4 \cdot 10^{18}$ Güterwagen ist der Zug also $2{,}4 \cdot 10^{19}$ m oder $2{,}4 \cdot 10^{16}$ km lang.
Ein Lichtjahr sind $9{,}5 \cdot 10^{12}$ km. Die Länge des Güterzugs beträgt also 2500 Lichtjahre.

Der Dämon mit der Pinzette

Ein Dämon ist dazu verdammt, die $6 \cdot 10^{23}$ Atome eines Mols zählen. Dazu nimmt mit seiner ultrawinzigen Dämonenpinzette in jeder Sekunde 1 Atom. Ständig, Tag und Nacht. Nehmen wir an, er hätte damit begonnen, als das Universum entstand, also vor etwa 15 Milliarden Jahren. Das sind $15 \cdot 10^{9} \cdot 31536000$ Sekunden, also $4{,}7 \cdot 10^{17}$ Sekunden.
So viele Atome hat er also schon abgezählt. Das ist aber weniger als ein Millionstel eines Mols! Weiter ist der Dämon in der gesamten bisherigen Existenz des Universums nicht gekommen.

Daraus folgt: 1 Mol ist wirklich sehr, sehr viel!
Daraus folgt außerdem, daß Moleküle wirklich sehr, sehr klein sind!

Viel oder wenig?

Viele Leute kennen den Unterschied zwischen 1 Million und 1 Milliarde nicht. Eine Million sind 10^6, eine Milliarde sind 10^9. Ist das ein großer Unterschied oder ist beides „ganz viel" und deswegen sowieso egal?
Nehmen wir an, auf dem Tisch liegt ein Hundert-Euro-Schein. Er ist etwas verknittert, also nicht ganz platt: sagen wir mal, er sei 1 mm hoch. Nun legen wir immer neue Hundert-Euro-Scheine darauf und vernachlässigen dabei mal, daß sie dabei plattgedrückt werden, d. h. für jeden Schein nehmen wir 1 mm Dicke an.
Um 1 Million Euro zu bekommen, brauchen wir $10^6 / 10^2 = 10^4$ Hundert-Euro-Scheine. Das ergibt einen 10 m hohen Turm, denn $10\,000 \cdot 1$ mm = 10 000 mm = 10 m. Es wäre schön, einen solchen Turm aus Hundert-Euro-Scheinen zu besitzen.
Eine Milliarde ist das Tausendfache von 1 Million ($1000 \cdot 10^6 = 10^9$). Das heißt, daß der Turm tausendmal höher, $1000 \cdot 10$ m, also 10 000 m hoch ist. Das sind 10 km!
Sehen Sie den ganz praktischen Unterschied zwischen 1 Million und 1 Milliarde? „Eine Million ist nicht cool. Weißt du was cool ist? Eine Milliarde."

Kuhnke 3/2011