Unterrichtsmaterial

Dieses Projekt wurde mit Unterstützung der Europäischen Kommission finanziert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung (Mitteilung) trägt allein der Verfasser; die Kommission haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

Schalllautstärke

Die Schallintensität ist die Energiemenge, die durch eine gegebene Fläche eines Mediums pro Zeiteinheit fließt. Der Quotient von Energie und Zeit ist äquivalent zum Leistungsbegriff. Die Schallleistung ist die Energierate – die Energie eines Schalls, die pro Zeiteinheit aus einer Geräuschquelle kommt. Deswegen ist die Intensität definiert als Leistung pro Einheitsfläche.

Leistung

$$Intensität = \frac{Energie}{Zeit \cdot Fläche} \qquad Intensität = \frac{Leistung}{Fläche}$$

$$I = \frac{W}{t \cdot A} \qquad I = \frac{P}{A}$$

Größe	**Symbol**	**Einheit**	**Name der Einheit**
Energie	W	J	Joule
Fläche	A	m²	Quadratmeter
Zeit	t	s	Sekunde
Leistung	P	J/s= W	Watt
Intensität	I	J/s m²=W/m²	Watt/Quadratmeter

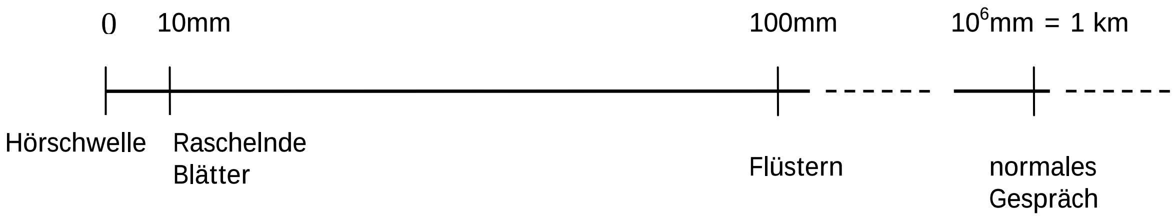
Tabelle 1: Symbole und Einheiten verschiedener physikalischer Größen

Menschen haben sehr sensitive Ohren, die Schallwellen auf einem extrem niedrigem Niveau von nur 10^{-12} W/m² wahrnehmen können. Diesen Wert nennt man Hörschwelle. Die höchste Schallintensität, die das Ohr ohne Schmerzen und physischen Schaden hören kann, ist 1 W/m². Dies bedeutet 1 000 000 000 000 (10^{12}) mal so laut, als der leiseste Schall. Aufgrund dieser großen Reichweite ist das Arbeiten mit absoluten Schallintensitäten unpraktisch.

Aufgabe: Stell dir vor, dass der Tacho in einem Auto so eine große Geschwindigkeitsspanne (10^{12}) feststellen könnte. Wenn die maximale Geschwindigkeit bei 200 km/h wäre, wie groß wäre die minimale Geschwindigkeit?

Antwort:
200 km/h$\cdot 10^{-12}$=0.2$\cdot 10^{-3}$ mm/h=4.8$\cdot 10^{-3}$ mm/Tag = 1.752 mm/Jahr
Das bedeutet, dass der Tacho Geschwindigkeiten von 0.0000000002 km/h (1.8 mm/Jahr) bis 200 km/h (1 800 000 000 000 mm/Jahr) anzeigen würde.

Kehren wir zum Schall zurück. Wie vorhin gesagt, hat der niedrigste wahrnehmbare Schall des menschlichen Ohrs eine Intensität von 10^{-12} W/m². Raschelnde Blätter sind 10 mal und ein flüsterndes Geräusch ist 100 mal so intensiv (10^{-10} W/m²), der Schall eines normalen Gesprächs ist eine Million mal so intensiv: 10^{-6} W/m². Wenn wir diese Informationen auf einer normalen Skala darstellen möchten, sieht das ungefähr so aus:



Ein normales Gespräch müsste auf dieser Skala 1 000 000 mm von der Hörschwelle entfernt sein – das ist 1km entfernt und ein Walkman auf voller Lautstärke, der 10^{10}mal so intensiv als der leiseste Schall ist, wäre 10 000 000 000 mm entfernt – das heißt 10 000 km entfernt – ca. ¼ des Erdumfangs (der Distanz zwischen London und Singapur oder London und Los Angeles).
Die Schmerzgrenze ist 10 W/m². Das ist 10^{13}mal so intensiv als die Hörschwelle. Wir müssten diese 10 000 000 km weit weg zeichnen (Zum Vergleich: die Strecke von der Erde zum Mond ist 286 000 km).
Da die Reichweite der Intensitäten, die das menschliche Ohr wahrnehmen kann, so groß ist, ist es schwierig diese durch solch eine Skala darzustellen. Deshalb führen wir den Logarithmus des Quotienten der Intensität des Schalls (I) und der Intensität des Hörschwelle (I_0) ein:

$$\log\frac{I}{I_0}$$

Die Einheit der Intensitäten wird in Bel[1] angegeben. Da raschelnde Blätter 10mal so intensiv als die Hörschwelle sind, beträgt die Intensität raschelnder Blätter:

$$\log\frac{10\cdot I_0}{I_0}=\log 10=1Bel$$

Da Flüstern 100mal intensiver als die Hörschwelle ist, ist die Intensität eines Flüsternden:

$$\log\frac{100\cdot I_0}{I_0}=\log 100=\log 10^2\ =2Bels$$

Aufgabe: Wie viele Bel herrschen bei einer normalen Unterhaltung?

Antwort: Eine normale Unterhaltung ist eine Million mal so intensiv als die Hörschwelle. Die Intensität ist:

$$\log\frac{1000000\cdot I_0}{I_0}=\log 1000000=\log 10^6\ =6Bels$$

Der Logarithmus gibt hier die Zehnerpotenz der Schallintensität wieder als Vielfaches der Hörschwelle. Wenn ein Schall 10mal so intensiv ist als ein anderer, dann ist die Lautstärke 1Bel größer. Ist ein Schall 100mal so intensiv, dann ist er 2Bels lauter, usw.

[1] Bel sind nach Alexander Graham Bell (1847-1922) – Wissenschaftler und Erfinder. Bell ist weltberühmt für die Erfindung des Telefons (1876).

Da Bel eine große Einheit ist, wird deswegen eine Untereinheit, *ein Decibel*, normalerweise verwendet. 0,1 Bel ist das kleinste Intervall, in dem das normale menschliche Ohr einen Unterschied in der Lautstärke feststellen kann. 0.1 Bel entspricht 1Dezibel (dB). Deshalb ist dies eine praktische Einheit. Durch Multiplizieren des Logarithmus mit dem Faktor 10 konvertiert man Bel in Dezibel:

$$I(dB) = 10\log_{10}\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

Der Grund, warum man den Faktor 10 in der Definition der Dezibel benutzt, liegt im Schaffen einer Einheit, die ungefähr die geringste wahrnehmbare Änderung der Schallintensität ist. Das menschliche Ohr nimmt Lautstärkeänderungen in einer logarithmischen Skala wahr. Das Empfinden der Lautstärke eines Schalls ist nicht proportional zur Energieintensität, sondern logarithmisch.

Die Intensität der Hörschwelle beträgt:

$$I(dB) = 10\log_{10}\left(\frac{I_0}{I_0}\right) = 10\log_{10} 1 = 0dB$$

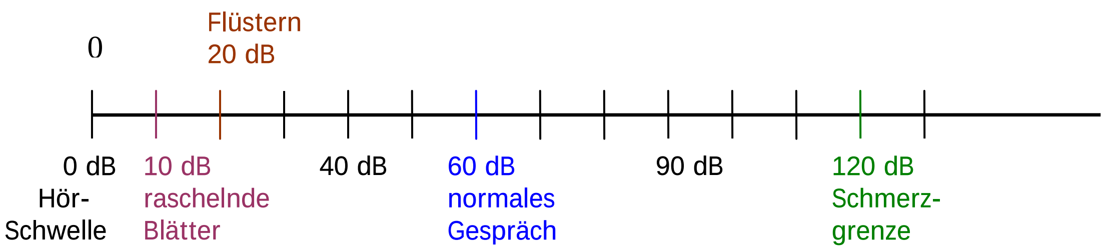
Die Intensität raschelnder Blätter beträgt:

$$I(dB) = 10\log_{10}\left(\frac{10I_0}{I_0}\right) = 10\log_{10} 10 = 10dB$$

Die Intensität einer normalen Unterhaltung beträgt:

$$I(dB) = 10\log_{10}\left(\frac{1000000I_0}{I_0}\right) = 10\log_{10} 10^6 = 60dB$$

Anstatt der klassischen Skala (wie vorhin), können wir eine logarithmische Skala zeichnen: Wenn wir die Schallintensität um den Faktor 10 erhöhen, erhöht sich diese um 10dB:

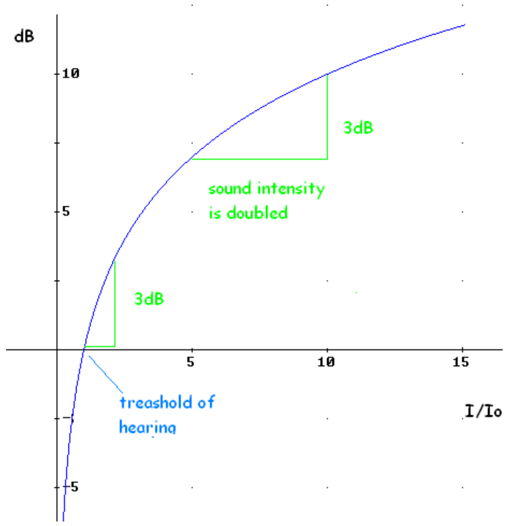


$$I(dB) = 10\log_{10}\left(\frac{10I_0}{I_0}\right) = 10\log_{10} 10 = 10dB$$

Aufgabe: Um wie viel dB ändert sich die Lautstärke, wenn wir die Schallintensität verdoppeln ($I = 2\ I_0$)?

Antwort: Wenn wir die Schallintensität verdoppeln ($I = 2\ I_0$), steigt die Lautstärke um 3dB.

$$I(dB) = 10\log_{10}\left(\frac{2I_0}{I_0}\right) = 10\log_{10} 2 = 3dB$$



Aufgabe: Nehmt ein Schallmessgerät und messt die Schallintensität eures Gesprächs. Sprecht Eurem Empfinden nach doppelt so laut und messt die Schallintensität.

Karte des Universums

Eine logarithmische Skalierung ist auch zum Darstellen der großen Strecken des Universums sehr hilfreich. Versuchen wir eine Karte vom Universum zu zeichnen.
Betrachten wir zuerst die Abstände zwischen Erde und ein paar anderen Orten des Universums.

Abstand von der Erde zu

	Lichtsekunde	Lichtminute	Lichtjahr
Mond (286 000 km	0.95	0.016	0.0000000302
Sonne(149 000 000 km)	496.67	8.278	0.0000160000
Saturn	1860.00	31.000	0.0000059000
Proxima Centauri[2]	135604800.00	2260080.000	4.3000000000
Zentrum der Milchstraße	819936000000.00	13 665 600 000.000	26 000.0000000000
Andromeda[3]	69379200000000.00	1156320000 000.000	2 200 000.0000000000

Tabelle 2: Abstände der Erde zu verschiedenen Orten des Universums

Aufgabe: Nehmt eine Rolle Toilettenpapier. Die Länge eines Blattes soll die Länge zwischen Erde und Mond darstellen. Rollt das Papier aus und markiert die Stelle, wo sich dann die Sonne befindet. (Überprüft, wie viele Blätter eine Rolle hat!)

Antwort: Die Strecke von der Erde zur Sonne ist mehr als 500mal so lang wie bis zum Mond. Deswegen würde eine Toilettenpapierrolle nicht ausreichen, wenn ein Blatt die Länge Erde-Mond darstellen würde, (falls eine Rolle 400 Blätter enthält). Auf dem Weg würden wir nach 135 Blättern der Venus begegnen und den Merkur nach ungefähr 260 Blättern.

Wenn wir die Abstände in einer Karte festhalten würden und den Mond 1cm von der Erde entfernt zeichnen würden, dann müsste die Sonne bei 5m eingezeichnet werden, der Saturn fast 20 m, Proxima Centauri 1422 km und das Zentrum der Milchstraße 8 600 727 km entfernt – unser Mond (nicht der auf der Karte) ist nur 286 000 km von der Erde entfernt.

Mond	1.0 cm	1 cm
Sonne	521.0 cm	5.2 m
Saturn	1951.0 cm	19.5 m
Proxima Centauri	142242797.2 cm	1422.4 km
Zentrum der Milchstraße	8.6 E+11 cm	8 600 727.2 km
Andromeda	7.3 E+13 cm	727 753 846.2 km

Tabelle 3: Abstände der Orte von der Erde auf einem Zahlenstrahl mit dem Maßstab 1 zu 28 600 000 000[4].

Sei jetzt der Abstand auf dem Zahlenstrahl von Mond und Erde nur noch 1mm. Dann ist die Sonne einen halben Meter entfernt, der Saturn 1.9m, aber das Zentrum der Milchstraße wäre 860 073 km entfernt.
Das bedeutet, dass wir mit demselben Problem konfrontiert sind. Wir können so große Abstände nicht durch lineare Skalen beschreiben. Wir würden zu keinem Ende kommen

[2] Der zur Sonne nächst gelegene Stern
[3] Die einzige andere Galaxie, die man mit dem bloßen Auge erkennen kann.
[4] 1 cm auf dem Strahl entspricht 28 600 000 000 cm in der Natur.

und wir könnten keinen Zahlenstrahl mit den Orten des ganzen Universums zeichnen, selbst nicht einen kleinen Teil.
Der einzige Weg zum Erfolg liegt wieder im Anwenden einer logarithmischen Skalierung.

Aufgabe: Versucht mit Hilfe einer logarithmischen Skalierung eine Karte des Universums zu zeichnen! Der Abstand Erde-Mond sei 1 cm.

Antwort: Der Mond ist 1 cm entfernt, die Sonne 2.7 cm, Saturn 3.3 cm, Proxima Centauri 8.2 cm, das Zentrum der Milchstraße 11.9 cm und Andromeda 13.9 cm.

Idee: Marina Rugelj,
St. Stanislav Institut, Diözesanes Gymnasium, Ljubljana, Slovenien

Erdbeben

Ein Erdbeben ist ein Bewegen der Erdplatten. Es geschieht dann, wenn die tektonischen Platten der Erde, die die Erdoberfläche bilden, aufeinandertreffen. Die Platten bewegen sich aufeinander zu oder voneinander weg. Durch Reibung können diese steckenbleiben, was zu einem Druckaufbau führt. Wenn dieser Druck abgebaut wird, kommt es zu einem Erdbeben.
Wenn sich der Druck abbaut, kommt es zu Schockwellen, auch seismische Wellen genannt.
Die Strärke des Erdbebens wird durch den Begriff *Magnitude* beschrieben
Die Magnituden der Erdbeben werden meistens auf einer Richterskala gemessen, die Charles F. Richter 1934 eingeführt hat. Die Richtermagnitude wird mit der größten Amplitude der aufgenommenen seismischen Wellen bestimmt.
Die Magnitudenangaben nach Richter[5] basieren auf einer logarithmischen Skalierung. Das bedeutet, dass jede Erhöhung um eins auf der Richterskala, eine zehnfache Erhöhung der Amplitude auf einem Seismographen bedeutet. Das heißt, ein Erdbeben der Magnitude 5 ist 10mal so stark, wie ein Erdbeben der Magnitude 4 und eines der Magnitude 6 ist 100mal so stark als ein Erdbeben der Magnitude 4.
Mit Richtermagnituden können so kleine Erdbeben beschrieben werden, dass diese durch negative Zahlen beschrieben werden. Die Skala hat keine obere Grenze und könnte daher Erdbeben unvorstellbaren und noch nie dagewesenen Ausmaßes beschreiben, wie Magnituden von 10 und höher.

Richter Magnituden	Anzahl solcher Erdbeben pro Jahr	Auswirkungen
< 3.5	800 000	im Allgemeinen nicht spürbar, aber durch Seismographen erkennbar
3.5 – 4.2	30 000	im Innern von Gebäuden kaum spürbar
4.3 – 4.8	4 800	von vielen Leuten bemerkt, Fenster wackeln
4.9 – 5.4	1 400	oft spürbar (offene Türen bewegen sich), verursacht selten Schäden
5.5 – 6.1	500	leichte Schäden an Gebäuden, Straßen; Dachziegel fallen runter
6.2 – 6.9	100	hohe Schäden an Gebäuden, Kamine fallen runter, Häuser bewegen sich auf ihrem Fundament, Schäden bis in 100 km Umkreis möglich
7.0 – 7.3	15	Schwerwiegende Schäden in größerem Umkreis, Brücken stürzen ein, Häuser können einstürzen.
7.4 – 7.9	4	Große Schäden, viele Häuser stürzen ein
> 8.0	einmal in 5 bis 10 Jahren	Totale Schäden, Oberflächenwellen sichtbar, Objekte werden in die Luft geworfen.

Tabelle 4: Wie Menschen die Stärke eines Erdbebens spüren.

[5] $M = \log\left(\frac{A}{A_0}\right)$, wobei A die größte Amplitude ist und A_0 der Normierungsfaktor ist.

Erdbeben können zu vielen Toten führen:

Jahr	Ort	Magnitude	Tote
2006	Indonesien	6.3	5 749
2005	Pakistan	7.6	86 000
2005	Nördliches Sumatra, Indonesien	8.6	1 313
2004	Sumatra	9.1	283 106
2003	Südostiran	6.6	31 000
2003	Nordalgerien	6.8	2 266
2002	Hindukusch Region, Afghanistan	6.1	1 000
2001	Gujarat, Indien	7.6	20 085
1999	Taiwan	7.6	2 400
1999	Türkei	7.6	17 118
1999	Kolumbien	6.1	1 185
1998	Papua New Guinea	7.0	2 183
1998	Afghanisch-Tadschikisches Grenzgebiet	6.6	4 000
1998	Hindukusch Region, Afghanistan	5.9	2 323
1997	Nordiran	7.3	1 567

Tabelle 4: Erdbeben mit 1000 und mehr Toten in den letzten 10 Jahren

Aufgabe: Finde alle schwereren Erdbeben (Magnitude > 5) in diesem Jahr!

Antwort: http://earthquake.usgs.gov/eqcenter/eqarchives/significant/

Aufgabe: Suche nach größeren Erdbeben in Slowenien

Antwort: Größere Erdbeben in Slowenien: 1348 Beljak (beschädigte 26 Städte, 40 Burgen und Kirchen, 20 000 Tote), 1511 Idrija (beschädigte viele Burgen, 12 000 Tote), 1690 Beljak, 1889 Zagrebska gora, 1895 Ljubljana, 1917 Brezice, 1956 Ilirska Bistrica, 1963 Litija, 1974 Kozjansko, 1976 Furlanija, Posocje (beschädigte 12 000 Gebäude), 1995 Ilirska Bistrica, 1998 Posocje (5.6), 2004 Posocje (4.2)

Aufgabe: Die Magnitude des Erdbebens in Slowenien (Posocje) am Ostersonntag 1998 (12. April) betrug 5.6. Glücklicherweise gab es keine Toten. Zehn Tage zuvor gab es ein Erdbeben in Afghanistan mit Magnitude 5.9. Dort starben 2323 Leute. Um wie viel war das Erdbeben in Afghanistan stärker als in das in Slowenien?

Antwort:
Slowenien: $\log_{10} s = 5.6$ $\quad s = 10^{5.6} = 398\,107$
Afghanistan: $\log_{10} a = 5.9$ $\quad a = 10^{5.9} = 794\,328$
Das Erdbeben war fast doppelt so stark, als das Erdbeben in Slowenien, da

$$\frac{794328}{398107} = 1.995$$

Aufgabe: Um wie viel stärker war das Erdbeben in Slowenien 1998 (5.6) als das 2004 (4.2)

Antwort: Mehr als 25mal so stark, da $\frac{10^{5.6}}{10^{4.2}} = \frac{3.981071705 \cdot 10^5}{1.584893192 \cdot 10^4} = 25.12$

Bestimmung von pH-Werten

Säuren produzieren Wasserstoffionen (H^+). Säuren, wie Salzsäure liefern viele Wasserstoffionen, da das HCl Molekül sich in wässriger Lösung aufspaltet in Wasserstoffionen (H^+) und Chloridionen (Cl^-).

$$HCl = H^+ + Cl^-$$

Wassermoleküle spalten sich ebenfalls und produzieren Ionen, H^+-Ionen und OH^--Ionen.

$$H_2O = H^+ + OH^-$$

In jedem dieser Fälle können wir die Konzentration der H^+-Ionen messen oder berechnen. Die Konzentration wird durch das Symbol $[H^+]$ gekennzeichnet; die eckigen Klammern zeigen an, dass es sich um die Konzentration der Wasserstoffiionen handelt. $[H^+]$ ist die Konzentration der H^+-Ionen in mol pro Liter (ein Mol ist eine Maßeinheit und entspricht 6.022×10^{23} Atomen).
Gravierende Änderungen der Konzentration der Wasserstoffionen passieren dann, wenn Säuren und Wasser gemischt werden. Diese Änderungen können Größen bis zu 1×10^{14} annehmen Das heißt, dass die Konzentration um ein Vielfaches bis zu einem Größenbereich von einhundert Trillionen (100 000 000 000 000) ansteigen kann; wieder sehr große Bereiche. Deswegen führen wir eine neue logarithmische Skala ein.
Wir definieren[6]:

$$pH = -\log[H^+],$$

wobei $[H^+]$ die molare Konzentration der Wasserstoffionen ist; Einheit M= Mol / Liter.
Da H^+-Ionen sich mit Wassermolekülen zu H_3O^+-Ionen verbinden, wird der pH-Wert oft durch die Konzentration der H_3O^+-Ionen ausgedrückt:

$$pH = -\log[H_3O^+]$$

In Wasser der Temperatur 23°C, existieren genau gleich viele H_3O^+-Ionen wie OH^--Ionen; die Konzentration beider beträgt 1.0×10^{-7} mol pro Liter (mol/l). Deshalb ist der pH-Wert von Wasser:

$$pH = -\log 10^{-7} = 7$$

Bei Salzsäure ist $[H^+]=0.01=10^{-2}$, deshalb ist:

$$pH = -\log 10^{-2} = 2$$

Ist der pH-Wert niedrig, bedeutet diese eine hohe Konzentration an H^+-Ionen. Umgekehrt liegt bei einem hohen pH-Wert eine niedrige Konzentration oder gar keine H^+-Ionen vor.

Wie vorhin gesagt, spaltet sich Wasser und produziert H^+-Ionen und OH^--Ionen.

$$H_2O = H^+ + OH^-$$

Die molare Konzentration beider Ionen ist die gleiche:

$$[H^+]=0.0000001=10^{-7}=[OH^-]$$

[6] p ist ein Operator. Dieser Operator steht für das Anwenden des negativen Logarithmus auf die Größe, die dem Operator folgt.

Das Produkt der beiden ist:

$$[H^+]\,[OH^-] = 10^{-7} \cdot 10^{-7} = 10^{-14}$$

Anwenden der negativen Logarithmusfunktion auf beiden Seiten ergibt:

$$-\log([H^+]\,[OH^-]) = -\log 10^{-14}$$

Wir wissen, dass der Logarithmus eines Produktes gleich der Summe der einzelnen Logarithmen ist ($\log_a(xy) = \log_a x + \log_a y$):

$$-\log [H^+] - \log [OH^-] = -\log 10^{-14}$$

Wir erhalten folgenden Zusammenhang:

$$pH + pOH = 14$$

Kochsalz spaltet sich auch in wässriger Lösung; in Na^+-Ionen und OH^--Ionen.

$$NaOH = Na^+ + OH^-$$

In einer Kochsalzlösung ist $[H^+] = 0.00000000000001 = 10^{-14}$, daher ist

$$pH = -\log 10^{-14} = 14$$

Konzentration der Wasserstoffionen $[H^+]$	Konzentration der Hydroxylionen $[OH^-]$	Konzentration der H^+-Ionen im Vergleich zu destilliertem Wasser	Lösungen	pH
10^{0}	10^{-14}	10 000 000	Batteriesäure	**0**
10^{-1}	10^{-13}	1 000 000	Salzsäure	**1**
10^{-2}	10^{-12}	100 000	Zitronensaft, Essig	**2**
10^{-3}	10^{-11}	10 000	Orangensaft, Cola	**3**
10^{-4}	10^{-10}	1 000	Tomatensaft, saurer Regen	**4**
10^{-5}	10^{-9}	100	weiches Trinkwasser, Kaffee	**5**
10^{-6}	10^{-8}	10	Urin	**6**
10^{-7}	10^{-7}	1	destilliertes Wasser	**7**
10^{-8}	10^{-8}	1/10	Meerwasser, Eiweiß	**8**
10^{-9}	10^{-5}	1/100	Backpulver	**9**
10^{-10}	10^{-4}	1/1 000	der Große Salzsee	**10**
10^{-11}	10^{-3}	1/10 000	Ammoniaklösung	**11**
10^{-12}	10^{-2}	1/100 000	Seifenwasser	**12**
10^{-13}	10^{-1}	1/1 000 000	Bleichmittel, Ofenreiniger	**13**
10^{-14}	10^{0}	1/10 000 000	flüssige Abflussreiniger	**14**

Tabelle 5: pH-Werte verschiedener Lösungen

Aufgabe: Bestimme den pH-Wert einer Lösung mit $[H_3O^+]=2.5 \times 10^{-5}$ M?

Antwort: pH = $-\log[H_3O^+] = -\log[2.5 \times 10^{-5}] = -[\log 2.5 + \log 10^{-5}]$. log 2.5 mit Taschenrechner, $\log 10^{-5} = -5$: pH = $-[0.3979 - 5] = 4.6021$

Aufgabe: Bestimme den pH-Wert einer Lösung mit $[OH^-] = 1 \times 10^{-5}$ M

Antwort: Nutze die Beziehung pH + pOH = 14, daher ist pH = 9.

Der Herr, der die pH-Werteskala erfunden hat, wollte herausfinden, wie sauer sein Bier war. Wie wir wissen, wird zur Herstellung von Bier oder Wein Hefe benutzt. Die Hefezellen nutzen Enzyme. Diese funktionieren aber nur, wenn der pH-Wert stimmt. Er entdeckte auch, dass Säuren und Laugen die Farben von Pflanzen verändern.
Reibe ein bisschen Rotkraut oder rote Beete. Du erhältst eine rote oder blaue Flüssigkeit. Du kannst die Farbe durch Hinzufügen von Säuren oder Laugen ändern. Dies passiert deshalb, weil die Farbe des Pflanzenfarbstoffs von der Wasserstoffionenkonzentration abhängt. Wenn du schon einmal Universalindikator benutzt hast, weißt du, dass dieser von blau nach grün, gelb oder rot gehen kann. Ein Universalindikator ist eine Mischung verschiedener Farbstoffe, dessen Farbe sich in Abhängigkeit vom pH-Wert ändert.
Da der pH-Wert durch einen Zehnerlogarithmus definiert ist, entspricht einer Änderung des pH-Werts um 1, einer Änderung von $[H^+]$ um eine 10er Potenz. Eine Lösung mit einem pH-Wert von 3 hat eine 10mal höhere Konzentration von H^+-Ionen einer Lösung mit pH-Wert von 4. Die pH-Skala erstreckt sich von 0 bis 14, wobei Werte kleiner als Null und größer als 14 nur in ganz wenigen hochkonzentrierten Lösungen beobachtet wurden.

Aufgabe: Nimm 1dl Zitronensaft. Miss den pH-Wert. Er sollte bei 2 liegen. Fülle so viel destilliertes Wasser nach, so dass der pH-Wert von 2 nach 3 geht. Probier es! Wie sauer ist es?

Antwort: Du brauchst 9dl destilliertes Wasser. Die neue Lösung ist so sauer, wie Orangensaft. Probiere beides.

Aufgabe: Du hattest einen Unfall. 1ml Säure einer Batterie (pH-Wert 0) ist über deine Hand gelaufen. Wie viel Wasser musst du über deine Hand laufen lassen, dass der pH-Wert von 0 auf 4 geht?

Antwort: Du brauchst 9ml, um den pH-Wert von 0 auf 1 zu bringen, 99ml von 1 auf 2, 999ml von 2 auf 3, 9999ml von 3 auf 4 und 99999ml (99.999 l) von 4 auf 5.