

1 SI-Basiseinheiten und physikalische Größen

1.1 Die sieben SI-Basiseinheiten

- Das **Meter** (m) als Einheit der Länge.
- Das **Kilogramm** (kg) als Einheit der Masse.
- Die **Sekunde** (s) als Einheit der Zeit.
- Das **Ampere** (A) als Einheit der elektrischen Stromstärke.
- Das **Kelvin** (K) als Einheit der thermodynamischen Temperatur.
- Das **Mol** (mol) als Einheit der Stoffmenge.
- Die **Candela** (cd) als Einheit der Lichtstärke.

1.2 Definition der Einheiten

Einheit	Definition
Meter	Das Meter ist die Länge der Strecke, die Licht im Vakuum während der Dauer von (1/299 792 458) Sekunden durchläuft.
Kilogramm	Das Kilogramm ist die Einheit der Masse; es ist gleich der Masse des Internationalen Kilogrammprototyps.
Sekunde	Die Sekunde ist das 9 192 631 770-Fache der Periodendauer der dem Übergang zwischen den beiden Hyperfeinstruktur-niveaus des Grundzustands von Atomen des Nuklids ^{133}Cs entsprechenden Strahlung.
Ampere	Das Ampere ist die Stärke eines konstanten elektrischen Stromes, der, durch zwei parallele, geradlinige, unendlich lange und im Vakuum im Abstand von einem Meter voneinander angeordnete Leiter von vernachlässigbar kleinem, kreisförmigem Querschnitt fließend, zwischen diesen Leitern je einem Meter Leiterlänge die Kraft $2 \cdot 10^{-7}$ Newton hervorrufen würde.
Kelvin	Das Kelvin, die Einheit der thermodynamischen Temperatur, ist der 273,16-te Teil der thermodynamischen Temperatur des Tripelpunktes des Wassers.

Einheit	Definition
Mol	Das Mol ist die Stoffmenge eines Systems, das aus ebenso viel Einzelteilchen besteht, wie Atome in 0,012 Kilogramm des Kohlenstoffnuklids ^{12}C enthalten sind. Bei Benutzung des Mols müssen die Einzelteilchen spezifiziert sein und können Atome, Moleküle, Ionen, Elektronen sowie andere Teilchen oder Gruppen solcher Teilchen genau angegebener Zusammensetzung sein.
Candela	Die Candela ist die Lichtstärke in einer bestimmten Richtung einer Strahlungsquelle, die monochromatische Strahlung der Frequenz $540 \cdot 10^{12}$ Hertz aussendet und deren Strahlstärke in dieser Richtung (1/683) Watt durch Steradian beträgt.

1.3 Abgeleitete Einheiten

In der folgenden Tabelle sind einige abgeleitete SI-Einheiten und SI-fremde, aber weiterhin gültige Einheiten aufgeführt.

Einheit, Einheiten-symbol	Physikalische Größe, Symbol der Größe	Bezug zu anderen Einheiten	Bezug zu den SI-Basiseinheiten
Quadratmeter, m^2	Fläche, A	$1 \text{ m}^2 = 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}$	$1 \text{ m}^2 = 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}$
Kubikmeter, m^3	Volumen, V	$1 \text{ m}^3 = 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}$	$1 \text{ m}^3 = 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}$
Liter, l (SI-fremd)	Volumen, V	$1 \text{ l} = 10^{-3} \text{ m}^3$	$1 \text{ l} = 10^{-3} \text{ m}^3$
Minute, min (SI-fremd)	Zeit, t	$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$	$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$
Stunde, h (SI-fremd)	Zeit, t	$1 \text{ h} = 60 \text{ min}$	$1 \text{ h} = 3\,600 \text{ s}$
Tag, d (SI-fremd)	Zeit, t	$1 \text{ d} = 24 \text{ h}$	$1 \text{ d} = 86\,400 \text{ s}$

Einheit, Einheiten-symbol	Physikalische Größe, Symbol der Größe	Bezug zu anderen Einheiten	Bezug zu den SI-Basiseinheiten
Kilogramm pro Kubikmeter, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	Dichte, ρ	$1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} =$ $10^{-3} \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1} =$ $10^{-3} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} =$ $1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m}^{-3}$
Newton, N	Kraft, F	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$	$1 \text{ N} =$ $1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ s}^{-2}$
Pascal, Pa	Druck, p	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$	$1 \text{ Pa} =$ $1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m}^{-1} \cdot 1 \text{ s}^{-2}$
Joule, J	Arbeit, W Energie, E	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ Ws}$	$1 \text{ J} =$ $1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ s}^{-2}$
Watt, W	Leistung, P	$1 \text{ W} = 1 \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$	$1 \text{ W} =$ $1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ s}^{-3}$
Grad Celsius, $^{\circ}\text{C}$ (SI-fremd)	Celsius-Temperatur	$\frac{\vartheta}{^{\circ}\text{C}} = \frac{T}{\text{K}} - 273,15$	$\frac{\vartheta}{^{\circ}\text{C}} = \frac{T}{\text{K}} - 273,15$
Kilogramm pro Mol, $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$	Molare (stoffmengenbezogene) Masse, M	$1 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1} =$ $10^3 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$	$1 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1} =$ $1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ mol}^{-1}$
Kubikmeter pro Mol, $\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	Molares (stoffmengenbezogenes) Volumen, V_m	$1 \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} =$ $10^3 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$	$1 \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} =$ $1 \text{ m}^3 \cdot 1 \text{ mol}^{-1}$
Mol pro Kubikmeter, $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$	Stoff- oder Objektmengenkonzentration, c	$1 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} =$ $10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$	$1 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} =$ $1 \text{ mol} \cdot 1 \text{ m}^{-3}$

Einheit, Einheiten-symbol	Physikalische Größe, Symbol der Größe	Bezug zu anderen Einheiten	Bezug zu den SI-Basiseinheiten
Kilogramm pro Kubikmeter, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	Massenkonzentration, β	$1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = 1 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$	$1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = 1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m}^{-3}$
Mol (gelöster Stoff) pro Kilogramm (Lösungsmittel), $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$	Molalität, b	$1 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1} = 10^3 \text{ mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$	$1 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1} = 1 \text{ mol} \cdot 1 \text{ kg}^{-1}$
Pascalsekunde, Pas	Dynamische Viskosität, η	$1 \text{ Pas} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}$	$1 \text{ Pas} = 1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m}^{-1} \cdot 1 \text{ s}^{-1}$
Quadratmeter pro Sekunde, $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	Kinematische Viskosität, ν	$1 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	$1 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} = 1 \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ s}^{-1}$

Spezielle Konzentrationsangaben in der Pharmazie:

	Einheit
Ätherische Öle in Pflanzendrogen	$1 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Milliliter Öl pro Kilogramm Droge)
Gehalt in Blut, Harn und Liquor	$1 \text{ mg} \cdot \text{dl}^{-1}$ (Milligramm pro Deziliter) $1 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ (Millimol pro Liter)
Schwermetalle in Blut und Urin	$1 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ (Mikrogramm pro Liter)

1.4 Vorsätze für die SI-Einheiten

Potenz	Name	Zeichen	Potenz	Name	Zeichen
10^{24}	Yotta	Y	10^{-1}	Dezi	d
10^{21}	Zetta	Z	10^{-2}	Zenti	c
10^{18}	Exa	E	10^{-3}	Milli	m
10^{15}	Peta	P	10^{-6}	Mikro	μ
10^{12}	Tera	T	10^{-9}	Nano	n
10^9	Giga	G	10^{-12}	Piko	p
10^6	Mega	M	10^{-15}	Femto	f
10^3	Kilo	k	10^{-18}	Atto	a
10^2	Hekto	h	10^{-21}	Zepto	z
10^1	Deka	da	10^{-24}	Yocto	y

1.5 Griechisches Alphabet

Buchstabe	Name, Aussprache	Buchstabe	Name, Aussprache	Buchstabe	Name, Aussprache
A	α Alpha	I	ι Iota	P	ρ Rho
B	β Beta	K	κ Kappa	Σ	σ, ς Sigma
Γ	γ Gamma	Λ	λ Lambda	T	τ Tau
Δ	δ Delta	M	μ My	Υ	υ Ypsilon
E	ϵ Epsilon	N	ν Ny	Φ	ϕ Phi
Z	ζ Zeta	Ξ	ξ Xi	X	χ Chi
H	η Eta	O	\omicron Omikron	Ψ	ψ Psi
Θ	θ Theta	Π	π Pi	Ω	ω Omega

1.6 Relative Größen

Relative Größen sind Größen ohne Einheit (mathematisch exakt: Größen mit der Einheit 1). Sie leiten sich meist aus einem Verhältnis ab, bei dem sich die Einheiten herauskürzen (zur Prozentrechnung vgl. ►Kap. 2.2 Proportionale Zuordnungen, Prozentrechnung und Verhältnisgrößen).

Größe	Beschreibung
Massenprozent % (m/m), m-%	Gibt den Massenanteil einer Substanz an der Gesamtmasse eines Substanzgemischs an (bezogen auf 100 g des Gemischs)
Volumenprozent % (V/V), vol-%	Gibt den Volumenanteil einer Substanz am Gesamtvolumen eines Substanzgemischs an (bezogen auf 100 ml); Verwendung z. B. für Ethanol-Wasser-Gemische
Mol- oder Stoffmen- genprozent (mol-%)	Gibt den Stoffmengenanteil einer Substanz an der Gesamtstoffmenge eines Substanzgemischs an (bezogen auf 100 mol Gesamtstoffmenge)
Promille (‰)	Tausendstel einer Größe: 1 ‰ = 0,1 %

(Genauerer zu den absoluten und relativen Größen in Chemie und Pharmazie finden Sie beispielsweise in Schwarzbach/Buchheim-Schmidt, Kap. 1.9.1 bis Kap. 1.9.3).

Noch kleinere Anteile einer Größe sind: ppm (parts per million), ppb (parts per billion), ppt (parts per trillion), siehe folgende Zusammenfassung.

Zusammenfassung zu den relativen Größen:

Prozent:	Verhältnis 1 : 10^2
Promille:	Verhältnis 1 : 10^3
ppm:	Verhältnis 1 : 10^6
ppb:	Verhältnis 1 : 10^9
ppt:	Verhältnis 1 : 10^{12}

- ppb ↔ Milliardenstel und ppt ↔ Billionstel ergeben sich aus den entsprechenden englischen Zahlwörtern.
- ppm wird abweichend auch in folgender Beziehung verwendet (streng genommen hier keine Verhältnissgröße!):
 $1 \text{ ppm} = 0,001 \text{ mg} \cdot \text{ml}^{-1}$
- Die Ph. Eur. verwendet in der Regel die relativen Konzentrationsangaben % (m/m), % (V/V) und ppm als Verhältnis m/m.

Relative Atom- bzw. Molekülmasse A_r bzw. M_r . Darunter versteht man das Verhältnis der Masse eines Atoms bzw. eines Moleküls zum zwölften Teil der Atommasse des Kohlenstoffnuklids $^{12}_6\text{C}$ (dieser zwölfte Teil von $^{12}_6\text{C}$ entspricht 1 u, d. h. einer atomaren Masseneinheit; ► Kap. 1.7 Naturkonstanten). Dabei ist die relative Molekülmasse die Summe der relativen Atommassen aller Atome im Molekül. Die relative Atom- bzw. Molekülmasse eines Elements bzw. einer Verbindung hat denselben Zahlenwert wie die entsprechende molare Masse, trägt aber selbst als Verhältnissgröße **keine** Einheit.

1.7 Einige Naturkonstanten

Avogadro-Konstante	$N_A = 6,02214129(27) \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Atomare Masseneinheit	$u = 1,660538921(73) \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Lichtgeschwindigkeit im Vakuum	$c = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (exakt)
Molares Volumen des idealen Gases	$V_m = 22,413968(20) \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$ (für 273,15 K und 101,325 kPa)
Ruhmasse des Elektrons	$m_0(e) = 9,10938291(40) \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Ruhmasse des Protons	$m_0(p) = 1,672621777(74) \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Universelle Gaskonstante	$R = 8,3144621(75) \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Zahlen in Klammern: ± Unsicherheit der letzten beiden Stellen

(Quelle: National Institute of Standards and Technology USA, <http://physics.nist.gov>; Zahlen von 2014)

4 Stöchiometrie und chemisches Rechnen

4.1 Stöchiometrische Gesetzmäßigkeiten

- Gesetz von der Erhaltung der Masse (Masse der Edukte = Masse der Produkte).
- Gesetz von den konstanten Proportionen (chemische Verbindungen haben immer eine konstante Zusammensetzung).
- Gesetz von den multiplen Proportionen (Massen der Elemente in Verbindungen stehen im Verhältnis kleiner, ganzer Zahlen zueinander).
- Gesetz von der Erhaltung der Ladung (Ladungssumme der Edukte = Ladungssumme der Produkte).

4.2 Ermittlung der Summenformel von Stoffen

Aufgrund des Gesetzes von den multiplen Proportionen gilt für eine Verbindung ABC:

$$n_A : n_B : n_C = x : y : z$$

| A, B, C Atomsorte A, Atomsorte B, Atomsorte C | x, y, z Kleine ganze Zahlen ($x, y, z \in \mathbb{N}$)

Nach Anwendung der Definitionsgleichung für die Stoffmenge (vgl. ► Kap. 4.4)

$$n = \frac{m}{M}$$

kann man für die oben stehende Gleichung schreiben:

$$\frac{m_A}{M_A} : \frac{m_B}{M_B} : \frac{m_C}{M_C} = x : y : z \quad (m \text{ ist experimentell bestimmbar, } M \text{ ist tabelliert})$$

Das jetzt erhaltene Stoffmengenverhältnis $n_A : n_B : n_C$ enthält noch keine kleinen, ganzen Zahlen; diese erhält man erst, wenn jede Stoffmenge durch die kleinste Stoffmenge geteilt wird, z. B.:

$$\frac{n_A}{n_C} : \frac{n_B}{n_C} : \frac{n_C}{n_C} = x : y : 1$$

Die gesuchte Verbindung hat in diesem Beispiel also die Verhältnisformel $A_x B_y C$ (kleinstes Verhältnis, d. h., diese Verhältnisformel ergibt sich auch

für Verbindungen der Summenformel $A_{2x}B_{2y}C_2$, $A_{3x}B_{3y}C_3$ usw.). Die tatsächliche Summenformel kann durch die molare Masse des untersuchten Stoffes ermittelt werden. Diese ist ein Vielfaches der molaren Masse der Formel des kleinsten Verhältnisses. Die molare Masse eines Stoffes ist auf anderem Wege durch physikalische Messmethoden bestimmbar (siehe Lehrbücher der Chemie).

Die erhaltene Summenformel kann natürlich besonders in der organischen Chemie zwei oder mehrere Stoffe repräsentieren (z. B. steht C_2H_6O für Dimethylether und Ethanol). Zur genauen Bestimmung des unbekanntes Stoffes sind also noch weitere Nachweisreaktionen erforderlich.

Beispiel

Eine Substanz enthält 26,68 % (m/m) Kohlenstoff, 2,24 % (m/m) Wasserstoff und 71,08 % (m/m) Sauerstoff. Sie hat eine molare Masse von $90,04 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

100 g Stoff enthalten also 26,68 g Kohlenstoff, 2,24 g Wasserstoff und 71,08 g Sauerstoff.

Gleichung:

$$\frac{m_C}{M_C} : \frac{m_H}{M_H} : \frac{m_O}{M_O} = x : y : z$$

$$\frac{26,68 \text{ g}}{12,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} : \frac{2,24 \text{ g}}{1,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} : \frac{71,08 \text{ g}}{16,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = x : y : z$$

$$2,2215 \text{ mol} : 2,2178 \text{ mol} : 4,4425 \text{ mol} = x : y : z$$

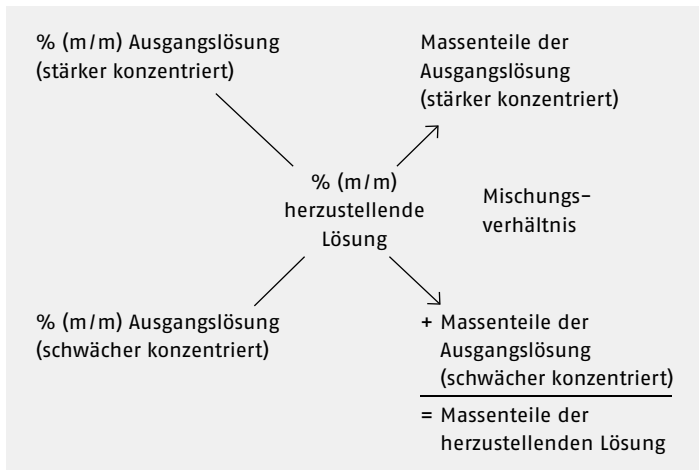
$$\frac{2,2215 \text{ mol}}{2,2178 \text{ mol}} : \frac{2,2178 \text{ mol}}{2,2178 \text{ mol}} : \frac{4,4425 \text{ mol}}{2,2178 \text{ mol}} = 1 : 1 : 2$$

Die Verhältnisformel lautet somit CHO_2 , was einer molaren Masse von $45,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ entspricht. Die auf anderem Wege ermittelte molare Masse beträgt $90,04 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Sie ist ein Vielfaches von $45,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, und zwar genau das Doppelte. Somit lautet die gesuchte Summenformel $C_2H_2O_4$; das ist die der Oxalsäure (vgl. ► Kap. 7.2).

4.3 Mischungen

Mischungskreuz

● Abb. 4.1 zeigt, wie die Größen in das Mischungskreuz einzutragen sind. Dabei wird entlang der Pfeile subtrahiert und an deren Enden der Betrag angegeben.



● **Abb. 4.1** Mischungskreuz

Beispiel

Mischung einer 53%igen (m/m) mit einer 42%igen (m/m) Lösung eines Stoffes zu einer 50%igen (m/m) Lösung:

$$\begin{array}{ccc}
 53 & & 50 - 42 = 8 \\
 & \swarrow & \nearrow \\
 & 50 & \\
 & \nwarrow & \searrow \\
 42 & & 53 - 50 = 3
 \end{array}
 \quad \text{bzw.} \quad
 \begin{array}{ccc}
 53 & & 8 \\
 & \swarrow & \nearrow \\
 & 50 & \\
 & \nwarrow & \searrow \\
 42 & & \frac{+3}{=11}
 \end{array}$$

Es müssen 8 Teile der 53%igen (m/m) und 3 Teile der 42%igen (m/m) Lösung zusammengegeben und vermischt werden.

Mischungsgleichung

(vgl. auch Schwarzbach/Buchheim-Schmidt, Kap. 3.9.1)

Für zwei oder mehr zu mischende Lösungen gilt:

$$m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2 + m_3 \cdot c_3 + \dots = (m_1 + m_2 + m_3 + \dots) \cdot c_E$$

mit:

$$c_E = \frac{m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2 + m_3 \cdot c_3 + \dots}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots}$$

| c Massenprozentgehalte der Lösungen | m Massen der Lösungen | Indices 1, 2, ... Lösung 1, Lösung 2, ... | Index E entstehende Ziellösung (Ergebnis) | $(m_1 + m_2 + m_3 + \dots)$ Masse der Ziellösung

Vereinfachte Mischungsgleichungen für Wasserzusatz und Wasserentzug:

$$c_E = \frac{m_1 \cdot c_1}{m_1 + m_{\text{H}_2\text{O}}}$$

$$c_E = \frac{m_1 \cdot c_1}{m_1 - m_{\text{H}_2\text{O}}}$$

Wasserzusatz

Wasserentzug

Merke

Für Mischungskreuz und Mischungsgleichung dürfen grundsätzlich nur Massen und auf Massen basierende Konzentrationsmaße verwendet werden.

Einschränkungen für Mischungskreuz und -gleichung

- Nur vergleichbare Angaben bzw. Größen einsetzbar.
- Konzentrationsangaben in % (V/V) oder $\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$ bzw. Mengenangaben in Liter nur dann, wenn keine Volumenänderung eintritt.
- Unterschiedliche, nicht zueinander passende Angaben entsprechend umrechnen (Dichte).

Die voranstehenden kurzen Erläuterungen sind Gedankenstützen. Man informiere sich immer in der entsprechenden Literatur (Wortbildung, Genera und Deklinationen der Substantive und Adjektive usw.), um Bezeichnungen richtig bilden und verstehen zu können!

9.2 Einnehmmaße

Maß	Entspricht ca.
1 Kaffee-, Teelöffel	5 ml
1 Kinder-, Dessertlöffel	10 ml
1 Esslöffel	15 ml
1 Messerspitze	0,5–1 g
1 Wasserglas	150 ml
20 Tropfen Wasser bzw. wässrige Lösung	1 g
40 Tropfen ätherisches Öl	1 g
55 Tropfen Tinktur	1 g

(Keine wissenschaftlich genauen Angaben!)

9.3 Dosierungen

Bei Dosierungsberechnungen ist grundlegend Folgendes zu beachten bzw. zu klären:

- Ist die Dosierung absolut oder auf das Körpergewicht bezogen?
- Handelt es sich bei den Angaben um Einzeldosierungen oder Tagesdosen?
- Was ist die Einheit und die Gehaltsangabe der Dosierung?

Bei ungleichen Dimensionsangaben ist immer umzurechnen. Die Gehaltsangaben können auf unterschiedliche Mengen bezogen sein.

- Maximaldosis, maximale Abgabemenge: amtlich festgesetzte Höchstabgabemenge eines Arzneimittels; kann aber vom Arzt ggf.

überschritten werden (entsprechende Angaben auf dem Rezeptformular beachten!)

- Höchstdosen für Kinder: nicht festgelegt, da schwer einschätzbar.

Es gibt pädiatrische Dosistabellen, woraus Dosierungen für die wichtigsten Arzneistoffe entnommen werden können. Die Dosierung entscheidet letztendlich der Arzt.

Unter bestimmten Voraussetzungen kann die folgende Formel näherungsweise verwendet werden:

- ab dem ersten Lebensjahr ($4 \times \text{Alter} + 20$) % der Erwachsenendosis.

9.4 Isotonieberechnungen

Bezugspunkt ist physiologische Kochsalzlösung; sie ist 0,9%ig (m/V), d. h. sie hat eine Konzentration von $9 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. Um andere Lösungen auf den osmotischen Wert der Kochsalzlösung umzurechnen, wurde das Natriumchlorid-Äquivalent (E-Werte, tabelliert in den Arzneibüchern und Nachschlagewerken; auch im Formelfuchs, s. unten) eingeführt.

Im Folgenden werden verschiedene Methoden zu Berechnung der Isotonie beschrieben (zusammenfassende Darstellung; ausführliche Beschreibung z. B. in Schwarzbach/Buchheim-Schmidt, Kap. 2.4).

Methode 1

Ansatz: $0,9 \text{ g NaCl} \triangleq 100 \text{ ml Lösung}$
 $x \text{ g NaCl} \triangleq \text{Volumen an herzustellender Lösung}$

Die Menge x gibt an, wie viel Gramm NaCl für das Volumen an herzustellender Lösung eingewogen werden müssten, um eine isotonische Lösung zu erhalten (Gesamtmenge NaCl).

Ansatz: $1 \text{ g A} \triangleq \text{Menge NaCl aus dem E-Wert}$
 $\text{Menge A lt. Vorschrift} \triangleq \text{NaCl-Äquivalentmenge}$

| A Arzneistoff

So wird mit jedem Arzneimittelbestandteil einer Rezeptur verfahren. Anschließend Subtraktion der NaCl-Äquivalentmenge(n) von der Gesamtmenge NaCl.

Wenn ein von NaCl abweichendes Isotonisierungsmittel vorgeschrieben ist, dann muss noch die Menge dieses Stoffes, die der vorher berechneten Menge NaCl entspricht, bestimmt werden:

Ansatz: $1 \text{ g Hilfsstoff} \triangleq \text{Menge NaCl aus dem E-Wert}$
 $\text{Menge Hilfsstoff} \triangleq \text{berechneter NaCl-Menge}$

Method 2

$$V = A \cdot E \cdot 111,1 \text{ ml} \cdot \text{g}^{-1}$$

| A Arzneistoffmenge in g (lt. Vorschrift) | E E-Wert des Arzneistoffs

Das so berechnete Volumen ist die isotonische Lösung des (der) Arzneistoff(e)s.

Wenn mehr als ein Arzneistoff in der Rezeptur zu bestimmen ist, wird jeder einzeln berechnet und die Volumina anschließend addiert.

Zum vorgeschriebenen Volumen wird nun mit der isotonischen Lösung des Hilfsstoffes aufgefüllt.

Gefrierpunkterniedrigung

$$\% \text{ Hilfsstoff (m/V)} = \frac{0,52 \text{ K} - (n_1 \cdot \Delta T_A + n_2 \cdot \Delta T_B + \dots)}{\Delta T_H}$$

| ΔT_A Gefrierpunkterniedrigung des (der) Arzneistoff(e)s | ΔT_H Gefrierpunkterniedrigung des Hilfsstoffes | n Gehalt des (der) Arzneistoff(e)s in % (m/V)

Die Werte der Gefrierpunkterniedrigungen sind tabelliert und können nach folgender Faustregel berechnet werden:

$$\Delta T_{\text{Stoff}} = \frac{16,95 \text{ K} \cdot z}{M_r}$$

| z Teilchen nach Dissoziation | M_r relative Molekülmasse

Arznei- und Hilfsstoffe mit geringer Konzentration [kleiner als 0,1 % (m/V)] brauchen bei der Berechnung nicht berücksichtigt werden, weil deren Beitrag zur Tonizität der Lösung vernachlässigbar ist.

Natriumchlorid-Äquivalente und Gefrierpunktniedrigungen wichtiger Arznei- und Hilfsstoffe

1 g Substanz	Entsprechende Menge NaCl [g]	Gefrierpunktniedrigung ΔT [K]
Adrenalinum bitartaricum (syn. Epinephrinum bitartaricum)	0,18	0,11
Antazolinium chloratum (Anistin®)	0,19	0,11
Argentum diacetyltannino-albuminatum (Targesin®)	0,18	0,10
Argentum proteinicum (ProtargoI®)	0,05	0,04
Ascorbinsäure	0,18	0,10
Atropinsulfat	0,13	0,07
Bacitracinum	0,05	0,03
Benzalkoniumchlorid (Zephirol®)	0,16	
Benzylpenicillinum natricum (Penicillin G)	0,18	0,10
Borax (Decahydrat)	0,42	0,24
Borsäure	0,50	0,28
Calciumchlorid-dihydrat	0,68	0,30
Calciumchlorid-hexahydrat	0,35	0,20
Carbachol	0,36	0,20
Chloramphenicol	0,10	0,05
Chloramphenicolo-natrium succinicum	0,14	0,08

13 Kennzeichnung von Rezepturen und Defekturen

- **Rezepturen** sind auf Einzelanforderung (Rezept) ad hoc hergestellte Arzneiformen, die an die Patienten abgegeben werden. Diese werden nach § 14 ApoBetrO gekennzeichnet.
- **Defekturen** werden im Voraus hergestellt und in einer abgabefertigen Verpackung bereitgehalten. Hier erfolgt die Kennzeichnung nach § 10 AMG.

13.1 Kennzeichnung von Rezepturen

Rezepturen müssen vor der Abgabe an den Kunden gesetzeskonform gekennzeichnet werden. Die korrekte Kennzeichnung ist immer wieder ein Kriterium der Apothekenrevision. Oftmals sind Rezepturen bei der Abgabe falsch, unvollständig oder fehlerhaft gekennzeichnet und daher die Arzneimittelsicherheit massiv gefährdet. Die nachstehenden Hinweise sollen die größten Kennzeichnungsfehler vermeiden helfen.

Nach § 14 der gültigen ApoBetrO muss das verwendete Rezepturetikett (● Abb. 13.1) mit Ausnahme der Wirkstoffe immer in deutscher Sprache verfasst sein. Neben Wirkstoffen nach der Art und Menge müssen auch die sonstigen Bestandteile nach der Art aufgeführt sein.

Verwendet werden darf ein manuell geschriebenes oder ein mit einem Computerprogramm gedrucktes Rezepturetikett. Ist der Platz auf dem Etikett zu klein, darf ein Zusatzetikett verwendet werden. Die Etikette müssen grundsätzlich fest auf dem Abgabegefäß aufgeklebt sein und darauf dauerhaft halten (es darf sich also nicht von allein ablösen), wobei das Anheften mit Klebefilm weder empfehlenswert noch statthaft ist.

13.1.1 Etikett mit Mindestangaben

Ein **korrektes Rezepturetikett** ist immer gut lesbar mit ausreichender Schriftgröße ausgedruckt oder handschriftlich verfasst und enthält immer die Mindestangaben nach § 14 ApoBetrO.

- **Name und Anschrift der abgebenden Apotheke (oder des Herstellers):**
 - also Name des Apothekeninhabers, exakte Adresse sowie Telefon- und Faxnummer.

<Name des Patienten> * <Geburtsdatum>

Creme zur äußerlichen Anwendung!

Betamethason 17-valerat 0,05 g
 Citronensäurelösung 2,5% 2,50 g
 Natriumcitratlösung 2,5% 2,50 g
 Triclosan 2,00 g
 Unguentum emulsificans aquosum ad 100,0 g

Lehr-Schule in Pulverhausen
 Lehrstr. 5
 55555 Pulverhausen
 Team Musterapotheke

Hergestellt am 31.12.2017
 Verwendbar bis 31.03.2018
 Nach dem Öffnen nur 4 Wochen verwendbar

○ **Abb. 13.1** Beispiel für ein ausgefülltes Rezepturetikett mit Mindestangaben

- **Inhalt nach Gewicht, Rauminhalt oder Stückzahl:**
 - 200 Gramm bei halbfesten Arzneiformen,
 - 100 ml bei flüssigen Arzneiformen,
 - 24 Stück bei festen Arzneiformen.
- **Art der Anwendung:**
 - zum Gurgeln, aber nicht zum Herunterschlucken,
 - zum Auftragen auf die Kopfhaut, jedoch nicht auf Schleimhäute.
- **Gebrauchsanweisung** (bei verschreibungspflichtigen Arzneimitteln immer erforderlich!):
 - morgens nüchtern mit Wasser einnehmen,
 - auf die trockene Hautstelle auftragen,
 - nach Einnahme nicht in die Sonne gehen.
- **Wirkstoffe nach Art und Menge** sowie sonstige Bestandteile nach der Art:
 - Wirkstoffe (immer) mit Gewicht [mg/g], Rauminhalt [ml/l], Stückzahl [10],
 - sonstige Bestandteile = Hilfsstoffe (ohne pharmakologische Wirkung) mit Gewicht [mg/g], Rauminhalt [ml/l].
- **Herstellungsdatum:**
 - richtig: hergestellt am 11.11.2017 (exaktes Herstellungsdatum),
 - falsch: November 17.
- **Verwendbarkeitsfrist** mit dem Hinweis „verwendbar bis“ unter Angabe von Tag, Monat, Jahr und, soweit erforderlich, Angabe der Haltbarkeit nach dem Öffnen des Behältnisses oder nach Herstellung der gebrauchsfertigen Zubereitung:
 - verwendbar bis 31.12.2017, oder: nicht mehr anwenden nach dem 31.12.2017,
 - verwendbar bis 31.12.2017, jedoch nach Öffnen der Packung maximal 4 Wochen,
 - verwendbar bis 31.12.2017, jedoch nach Herstellen der Suspension mit Leitungswasser maximal 24 Stunden.
- Soweit erforderlich, Hinweise auf besondere **Vorsichtsmaßnahmen** für die Aufbewahrung oder für die Beseitigung von nicht verwendeten Arzneimitteln oder sonstige besondere Vorsichtsmaßnahmen, um Gefahren für die Umwelt zu vermeiden:

- beim Einreiben der alkoholischen Lösung nicht rauchen,
- nicht bei mehr als 25 °C aufbewahren, im Kühlschrank bei 8 °C lagern,
- nicht im Hausmüll entsorgen, sondern Reste in die Apotheke zurückbringen,
- wichtige Informationen dem Zusatzetikett entnehmen.
- Soweit das Rezepturarzneimittel auf Grund einer Verschreibung zur Anwendung bei Menschen hergestellt wurde, Name des Patienten:
 - Bernhard Heinrich Müller (wenn nur dieser Patient),
 - wenn Patienten gleichen Namens, sind weitere Angaben hilfreich:
 - a) Bernhard Müller *28.04.1957 und Bernhard Müller *01.12.1958 sowie Adresse (wenn mehrere Patienten gleichen Namens mit gleichem Geburtsdatum):
 - b) Bernhard Müller *28.04.1957, 67714 Waldfischbach-Burgalben, Hirtenstr. 38,
Bernhard Müller *28.04.1957, 35447 Reiskirchen, Erbsengasse 8.

Weitere gesetzliche Empfehlungen und Forderungen sind unter anderem die Kennzeichnung von Rezepturen mit **gefährlichen physikalischen Eigenschaften**.

- Auf dem Abgabegefäß sind **GHS-Piktogramme** (vgl. Anhang: ► Kap. 15.2) anzubringen. Bei entzündlichen oder explosionsgefährlichen Inhaltsstoffe müssen bei Abgabe im Gefäß mit über 125 ml Fassungsvermögen die erforderlichen H- und P-Sätzen aufgebracht werden.
- Eine Rezeptur mit dem Farbstoff Tartrazin oder Ethanol zur oralen Anwendung muss nach Arzneimittel-Warnhinweisverordnung (AMWarnV, ► Kap. 9.6) gekennzeichnet sein.

Wird in der Herstellung ein **Fertigarzneimittel** verwendet, darf niemals allein nur der Name des Fertigarzneimittels angegeben werden, sondern es müssen immer der oder die wirksamen Bestandteile des Fertigarzneimittels angegeben werden. Eine Kopie des Beipackzettels ist beizulegen.