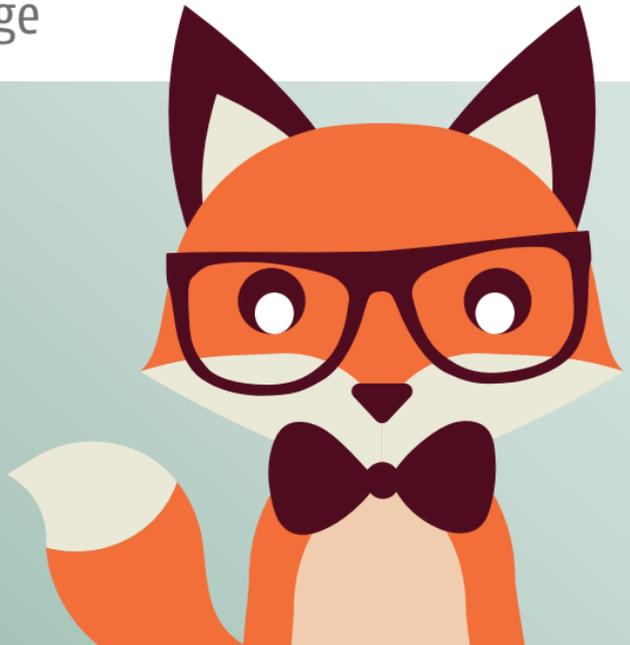


für die **Kitteltasche**

Müller / Schwarzbach

Formelfuchs Pharmazie

2. Auflage



WVG

Wissenschaftliche
Verlagsgesellschaft
Stuttgart

Müller / Schwarzbach
Formelfuchs Pharmazie

Müller / Schwarzbach

Formelfuchs Pharmazie

Bernhard Müller, Waldfischbach-Burgalben
Ralf Schwarzbach, Mainz

Mit 27 Abbildungen, 55 Tabellen und
105 Formelzeichnungen

2., völlig neu bearbeitete Auflage

Zuschriften an

lektorat@dav-medien.de

Autoren

Dr. Bernhard Müller

Hirtenstr. 38

67714 Waldfischbach-Burgalben

formelfuchs@web.de

Dr. Ralf Schwarzbach

formelfuchs@web.de

Alle Angaben in diesem Buch wurden sorgfältig geprüft. Dennoch können die Autoren und der Verlag keine Gewähr für deren Richtigkeit übernehmen.

Ein Markenzeichen kann markenrechtlich geschützt sein, auch wenn ein Hinweis auf etwa bestehende Schutzrechte fehlt.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter <https://portal.dnb.de> abrufbar.

Jede Verwertung des Werkes außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Übersetzungen, Nachdrucke, Mikroverfilmungen oder vergleichbare Verfahren sowie für die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen.

2., völlig neu bearbeitete Auflage 2017

ISBN 978-3-8047-3368-8 (Print)

ISBN 978-3-8047-3696-2 (E-Book, PDF)

© 2017 Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH

Birkenwaldstr. 44, 70191 Stuttgart

www.wissenschaftliche-verlagsgesellschaft.de

Printed in Germany

Satz: primustype Hurler GmbH, Notzingen

Druck und Bindung: Kösel GmbH & Co. KG, Altusried-Krugzell

Umschlagabbildung: faye93/fotolia

Umschlaggestaltung: deblik, Berlin

Autorfoto Ralf Schwarzbach: © B. Iversen, Albersweiler

Vorwort

Vor Ihnen liegt nunmehr die zweite Auflage des Formelfuchs, der für die einführenden Praktika in den Fächern Chemie, physikalische Chemie und Arzneiformenlehre/Galenik sowie für die entsprechenden Praktika der PTA-Anwärter und auch Studierende der Pharmazie und Angewandten Pharmazie konzipiert wurde. Ein solches Nachschlagewerk ist in der Ausbildung beim täglichen Arbeiten im Labor und im Unterricht sowie im Studium durchaus notwendig und auch für die spätere Berufspraxis sehr hilfreich. Wir hoffen weiterhin auf eine gute Akzeptanz.

Es sei jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen: Der Formelfuchs ist kein Lehrbuch; er dient nur als Gedankenstütze bei der praktischen Arbeit und fasst das Wissen, das im Unterricht, in Vorlesungen und in den Praktika vermittelt wurde, zusammen.

Der Formelfuchs besteht aus einem **Allgemeinen Teil**, einem **Speziellen Teil** und dem **Anhang**.

Der **Allgemeine Teil** enthält die für die Pharmazie relevanten Grundlagen der Gebiete Mathematik, Physik und Chemie, beispielsweise Kapitel über die notwendigen mathematischen Formeln und Zahlentafeln sowie die wichtigsten physikalischen Größen und Einheiten. Die Größen und Einheiten wurden in der neuen Auflage mit den entsprechenden DIN abgeglichen (vgl. DIN-Taschenbuch 22 im Literaturverzeichnis). Mit einem Kapitel zum stöchiometrischen und chemischen Rechnen, das im Vergleich zur ersten Ausgabe umfangreich ergänzt und erweitert wurde, leitet er über zu den Kapiteln des Gebietes Chemie. Dort finden sich die Konstanten von Elementen, anorganischen und organischen Verbindungen, wichtige Gleichungen der Chemie, Strukturformeln und Kenngrößen der wichtigsten Substanzen der pharmazeutischen Chemie und Biochemie sowie Grundlagen der Nomenklatur und der für die Pharmazie gebräuchlichen lateinischen Bezeichnungen der Arzneibücher (Ph. Eur. und DAB).

Der **Spezielle Teil** enthält theoretisches und handfestes Wissen mit direktem Bezug zur pharmazeutischen Praxis. Dazu gehören Tabellen mit Daten für das Arbeiten im galenischen und auch chemischen Labor, wie

etwa zu Isotonieberechnungen oder Ethanolgehaltsberechnungen von Rezepturen.

Komplett neu überarbeitet wurde die Dokumentation mittels geändertem Herstellungsprotokoll. Es ist somit an die Erfordernisse durch die neue Apothekenbetriebsordnung 2012 angepasst. Beschrieben wird, wie man durch das Herstellungsprotokoll die Herstellung nachvollziehbar protokolliert, die Plausibilitätsprüfung mitberücksichtigt und im Hinblick auf die Patientensicherheit Abgabegefäße korrekt kennzeichnet (Etikettierung).

Der **Anhang** des Formelfuchs liefert die Grundlagen des GHS für die Kennzeichnung gefährlicher Stoffe sowie neben dem Literaturverzeichnis einige Tabellen zu Stoffeigenschaften. Der Deutsche Apotheker Verlag hat uns freundlicherweise für die zweite Auflage gestattet, die Ethanoltabelle der Ph. Eur. sowie die 2-Propanoltabelle des DAC (Anlage L) zu übernehmen.

Im Text haben wir der Kürze halber nur die männliche Form benutzt. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass immer Frauen **und** Männer angesprochen sind.

Wir glauben, dass wir dem Leser in Ausbildung, Studium und Beruf ein gutes Werkzeug für die praktische Arbeit in die Hand geben, und wir sind immer an einer Verbesserung des Formelfuchs interessiert, um ihn für den Anwender noch geeigneter zu machen. Deshalb bitten wir um Hinweise, Anregungen und sachliche Kritik – einfach per E-Mail an formelfuchs@web.de.

Die Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, im Besonderen Herr Dr. Tim Kersebohm und Herr Dr. Eberhard Scholz, hat uns bei der Verwirklichung des Formelfuchs außerordentlich unterstützt. Außerdem haben Frau Silvia Rädlein und Frau Kathrin Kisser sehr genau lektoriert und uns auf Fehler hingewiesen, die wir sonst übersehen hätten. Ohne diese Hilfe wäre die zweite Auflage des Formelfuchs nicht möglich gewesen. Dafür sind wir sehr dankbar.

Waldfishbach-Burgalben und Mainz,
im Frühjahr 2017

Bernhard Müller
Ralf Schwarzbach

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Abkürzungsverzeichnis	XI

A ALLGEMEINER TEIL

Mathematik / Physik / Chemie

1	SI-Basiseinheiten und physikalische Größen	3
1.1	Die sieben SI-Basiseinheiten	3
1.2	Definition der Einheiten	3
1.3	Abgeleitete Einheiten	4
1.4	Vorsätze für die SI-Einheiten	7
1.5	Griechisches Alphabet	7
1.6	Relative Größen	8
1.7	Einige Naturkonstanten	9
2	Zahlen und Rechnen	10
2.1	Römische Zahlen	10
2.2	Zahlenbereiche	10
2.3	Proportionale Zuordnungen, Prozentrechnung und Verhältnisgrößen	10
2.4	Potenzen	13
2.5	Logarithmen	14
3	Wichtige technologische Kenngrößen	16
3.1	Dichte	16
3.2	Viskosität (Zähigkeit) nach der Ph. Eur.	17
3.3	Viskositätsbestimmungen	17
3.4	Spezifische Drehung	18

4	Stöchiometrie und chemisches Rechnen	20
4.1	Stöchiometrische Gesetzmäßigkeiten	20
4.2	Ermittlung der Summenformel von Stoffen	20
4.3	Mischungen	22
4.4	Grundgleichungen und -größen für das stöchiometrische Rechnen, Vorgehensweise	24
4.5	Einfache Berechnungen	25
4.6	Direkte Titration	25
4.7	Rücktitration	27
4.8	pH- und Komplextindikatoren	29
4.9	Fehlereinschätzung	32
5	Übersicht der chemischen Elemente	34
6	Allgemeine und anorganische Chemie	40
6.1	Wichtige anorganische Stoffe	40
6.2	Das Massenwirkungsgesetz (MWG) und seine Anwendungen	50
6.3	Elektrochemische Spannungsreihe	62
6.4	Chemische Bindungstypen	64
6.5	Säure-Base-Theorien	65
7	Organische Chemie	66
7.1	Einteilung der organischen Verbindungen nach ihrem Grundgerüst	66
7.2	Wichtige organische Stoffe	67
7.3	Funktionelle Gruppen	74
7.4	Die 20 Aminosäuren des genetischen Codes	76
7.5	Die wichtigsten Vitamine	79
7.6	Die wichtigsten Zucker	81
8	Chemische Bezeichnung/Nomenklatur	83
8.1	IUPAC – Traditionelles Latein	83

B SPEZIELLER TEIL**Pharmazeutische Praxis**

9	Wichtige Formeln und Gleichungen	91
9.1	Rezeptkürzel und lateinische Abkürzungen	91
9.2	Einnehmmaße	94
9.3	Dosierungen	94
9.4	Isotonieberechnungen	95
9.5	Verdrängungsfaktoren	101
9.6	Ethanolgehaltsberechnung – Arzneimittel-Warnhinweis- verordnung (AMWarnV)	104
9.7	Energiewerte der Nahrungsmittel	107
9.8	Biologische Einheiten (Wirkstoffgehalt)	107
10	Arzneiformenherstellung in der Apotheke gemäß neuer ApoBetrO von 2012	108
10.1	Gesetzliche Vorgaben	108
10.2	Rezeptur Arzneimittel	109
10.3	Defektur Arzneimittel	110
11	Dokumentation im Rahmen von QMS	112
11.1	Dokumentationspflicht	112
11.2	Aufbewahrungszeiten	115
11.3	Korrekturen	116
12	Von der Verordnung zur fertigen Rezeptur	117
12.1	Die Plausibilitätsprüfung	117
12.2	Die Herstellungsanweisung	124
12.3	Von der Herstellungsanweisung zum erforderlichen Herstellungsprotokoll	129
12.4	Das Herstellungsprotokoll	133

13	Kennzeichnung von Rezepturen und Defekturen	156
13.1	Kennzeichnung von Rezepturen	156
13.2	Kennzeichnung von Defekturen und Bulkware	167
14	Preisbildung für Arzneimittel, Taxieren	171

C ANHANG

15	Kennzeichnung von Gefahrstoffen	175
15.1	Umgang und Kennzeichnung nach GHS	175
15.2	Piktogramme des GHS	176
15.3	H-Sätze	178
15.4	P-Sätze	184
16	Ethanoltable der Ph. Eur.	191
17	2-Propanoltable des DAC	196
18	Elektronenkonfiguration der Elemente	201
	Literatur	209
	Sachregister	211
	Die Autoren	215

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungen für die physikalischen Größen, für deren Einheiten und für die Einheitenvorsätze sind hier nicht aufgeführt (siehe hierzu ►Kap. 1). Zu den Zeichen der chemischen Elemente vgl. ►Kap. 5; zu den Abkürzungen der Aminosäuren vgl. ►Kap. 7.4; Rezeptkürzel und lateinische Abkürzungen vgl. ►Kap. 9.1.

ABDDR	Arzneibuch der Deutschen Demokratischen Republik
AMPreisV	Arzneimittelpreisverordnung
AMWarnV	Arzneimittel-Warnhinweisverordnung
ApBetrO	Apothekenbetriebsordnung
BAK	Bundesapothekerkammer
BE	Broteinheit
CLP	Classification, Labelling and Packaging (of Substances and Mixtures)
DAB	Deutsches Arzneibuch
DAC	Deutscher Arzneimittel-Codex
EU	Europäische Union
GefStoffV	Gefahrstoffverordnung (Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen)
GHS	Globally Harmonized System for Classification, Labelling and Packaging of Chemicals (Global harmonisiertes System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien)
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry (Internationale Union für reine und angewandte Chemie)
JP	Japanese Pharmacopoeia (Japanisches Arzneibuch)
MWG	Massenwirkungsgesetz
NRF	Neues Rezeptur-Formularium
pH	pH-Wert
Ph. Eur	Pharmacopoea Europaea (Europäisches Arzneibuch)
pOH	pOH-Wert
PTA	Pharmazeutisch-technische(r) Assistent(in)
QMS	Qualitätsmanagement-System
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation of Chemicals (EU-Chemikalienverordnung)
SI	Système International d'Unités (Internationales Einheitensystem)
USP	The United States Pharmacopoeia (Arzneibuch der USA)

A

Allgemeiner Teil

Mathematik / Physik / Chemie

1	SI-Basiseinheiten und physikalische Größen	3
2	Zahlen und Rechnen	10
3	Wichtige technologische Kenngrößen	16
4	Stöchiometrie und chemisches Rechnen.....	20
5	Übersicht der chemischen Elemente.....	34
6	Allgemeine und anorganische Chemie	40
7	Organische Chemie.....	66
8	Chemische Bezeichnung/Nomenklatur	83

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)

2 Zahlen und Rechnen

2.1 Römische Zahlen

Römische Zahlen	I (g)	V (h)	X (g)	L (h)	C (g)	D (h)	M (g)
Korrespondierende Arabische Zahlen	1	5	10	50	100	500	1000

g: Grundzeichen; h: Hilfszeichen

Regeln:

- Nicht mehr als drei gleiche Ziffern nebeneinander (Ausnahme: M).
- Zusammensetzung durch Addition: Die kleinere Zahl steht rechts neben der größeren, man beginnt mit der größten Zahl (z. B. 75 ist LXXV: 50 + 10 + 10 + 5).
- Wenn mehr als drei Zahlen zusammenkämen, dann wird von der nächstgrößeren Zahl subtrahiert: Die kleinere Zahl steht links neben der größeren (z. B. 14 ist XIV, nicht XIII).
- Mehrere Grundzeichen (g) oder ein Hilfszeichen (h) nicht voranstellen (z. B. 950 ist CML, nicht LM), Hilfszeichen werden nur addiert.

2.2 Zahlenbereiche

N = Natürliche Zahlen

G = Ganze Zahlen

R = Reelle Zahlen

2.3 Proportionale Zuordnungen, Prozentrechnung und Verhältnisgrößen

Direkte Proportionalität

$a \sim b$

Zwei Größen a und b sind zueinander direkt proportional, wenn dem n -Fachen der Größe a das n -Fache der Größe b zugeordnet ist.

Es gilt: $\frac{a}{b} = \text{const.}$ Die Konstante heißt Proportionalitätsfaktor.

Indirekte (umgekehrte) Proportionalität

$$a \sim \frac{1}{b}$$

Zwei Größen a und b sind zueinander umgekehrt proportional, wenn dem n -fachen der Größe a der n -te Teil der Größe b zugeordnet ist.

Zu jeder umgekehrten Proportionalität gehören produktgleiche Größenpaare.

Es gilt: $a \cdot b = \text{const.}$

Verhältnisgleichung (Proportion)

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$$

Eine Gleichung, die sich aus zwei Verhältnissen zusammensetzt, heißt Verhältnisgleichung oder Proportion.

Eine Verhältnisgleichung ist dann wahr, wenn auf beiden Seiten das gleiche Verhältnis steht.

z. B. $\frac{2}{3} = \frac{4}{6}$ (2 verhält sich zu 3 wie 4 zu 6)

Eine Verhältnisgleichung kann wie jede andere Gleichung auch umgeformt werden. Die Multiplikation mit dem Hauptnenner (hier: $b \cdot d$) ergibt:

$$a \cdot d = b \cdot c \quad (= \text{Multiplizieren „über Kreuz“})$$

Prozent- und Promillerechnung

$$\frac{G}{100} = \frac{P}{p}$$

| G Grundwert | P Prozentwert | p Prozentsatz