

# Wichtige Formelzeichen und Konstanten

Physikalische Größe	Symbol	SI-Einheit	Dimension	Umrechnung
Dosis-Zeit-Integral	$A$	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}\text{d}^{-1}$		
Diffusionskoeffizient	$D$	$\text{m}^2\text{s}^{-1}$		$1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$
Energie, Enthalpie	$E, H$	$\text{J}$	$= \text{m}^2\text{kg s}^{-2}$	$1 \text{ eV} (\text{Elektronvolt}) \approx 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
Normalpotential	$E^0$	$\text{V}$	$= \text{m}^2\text{kg s}^{-3}\text{A}^{-1}$	$1 \text{ cal} (\text{Kalorie}) = 4,1868 \text{ J} (\text{veraltet})$
Masse	$m$	$\text{kg}$		$1 \text{ mg} = 1000 \text{ } \mu\text{g} = 10^6 \text{ ng} = 10^9 \text{ pg}$
Teilchenzahl	$N$	—	$= 1$	$1 \text{ psi} = 68,9476 \text{ mbar} [\text{US-Einheit}]$
Druck, Partialdruck	$p$	$\text{Pa} = \text{N m}^{-2}$	$= \text{m}^{-1}\text{kg s}^{-2}$	$1 \text{ mm Hg} = 1,33322 \text{ mbar}$
Reaktionsgeschwindigkeit	$r$	$\text{mol m}^{-3}\text{s}^{-1}$		$1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}\text{h}^{-1} = (1/3600) \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}\text{s}^{-1}$
Temperatur	$T$	$\text{K}$	Basiseinheit	$x^\circ\text{C} = (x + 273,15) \text{ K}$
Zeit	$t$	$\text{s}$	Basiseinheit	$1 \text{ h} (\text{Stunde}) = 3600 \text{ s}; 1 \text{ d} (\text{Tag}) = 24 \text{ h}$
Volumen	$V$	$\text{m}^3$		$1 \text{ L} (\text{Liter}) = 1000 \text{ mL} = 10 \text{ dL} = 1 \text{ dm}^3$
Clearance, Volumenstrom	$C_L$	$\text{L} \cdot \text{s}^{-1}$		$1 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1} = 60 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1} = 3600 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$
Elektrische Leitfähigkeit	$\kappa$	$\text{S/m} = \Omega^{-1}\text{m}^{-1}$	$= \text{m}^{-3}\text{kg}^{-1}\text{s}^3\text{A}^2$	$1 \text{ cm}^{-1} = 100 \text{ m}^{-1}$
Wellenlänge	$\lambda$	$\text{m}$		$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m} = 100 \text{ pm} = 0,1 \text{ nm}$

		Praktische Einheiten	Gelöste Stoffe	Ideale Gase
Stoffmenge	$n$	$\text{mol}$		
Molare Konzentration	$c$	$\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} = \text{mmol} \cdot \text{mL}^{-3}$	$n = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A}$	$n = \frac{V}{V_m}$
Massenkonzentration	$\beta$	$\text{g} \cdot \text{L}^{-1} = \text{mg} \cdot \text{cm}^{-3} \approx 0,1 \text{ \%}$		
Molare Masse	$M$	$\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} = \text{mg} \cdot \text{mmol}^{-1}$	$c = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \cdot V} = \frac{\beta}{M} = \frac{\varrho \cdot w}{M}$	$p = c \cdot R \cdot T$
Dichte	$\varrho$	$1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} = 1000 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$		
Massenanteil	$w$	$1 \% = 10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} = 10^4 \text{ ppm}$	$w_i = \frac{m_i}{m_{\text{ges}}} = \frac{x_i M_i}{\sum x_i M_i} = \frac{\varphi_i \varrho_i}{\sum \varphi_i \varrho_i}$	$x_i = \varphi_i = \frac{w_i}{\varrho_i / \varrho}$
Volumenanteil	$\varphi$	$1 \text{ Vol-\%} = 10^4 \text{ mL} \cdot \text{m}^{-3}$		
Molenbruch	$x$	$\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1} = 100 \text{ mol-\%}$		
<b>Arbeitsplatzgrenzwerte</b>				
$V_m (20^\circ\text{C}, 101325 \text{ Pa, trockenes Gas}) = 24,06 \text{ L mol}^{-1}$				
$V_m (20^\circ\text{C}, 101325 \text{ Pa, feuchtes Gas}) = 24,62 \text{ L mol}^{-1}$			$\frac{\varphi}{\text{mL} \cdot \text{m}^{-3}} = \frac{V_m}{M} \cdot \frac{\beta}{\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}} = \frac{1}{\varrho} \cdot \frac{\beta}{\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}}$	

Konstante	Formelzeichen	Wert	Einheit
Vakuumlichtgeschwindigkeit	$c_0$	$= 299792458$	$\text{ms}^{-1}$ (exakt)
Elementarladung	$e$	$= 1,6021765 \cdot 10^{-19}$	C
Faraday-Konstante	$F = N_A e$	$= 96485,34$	$\text{Cmol}^{-1}$
Normalfallbeschleunigung	$g_n$	$= 9,80665$	$\text{m s}^{-2}$ (exakt)
Planck-Wirkungsquantum	$h$	$= 6,626069 \cdot 10^{-34}$	J s
Boltzmann-Konstante	$k = R/N_A$	$= 1,38065 \cdot 10^{-23}$	$\text{JK}^{-1}$
Avogadro-Konstante	$N_A$	$= 6,022142 \cdot 10^{23}$	$\text{mol}^{-1}$
Normdruck	$p^0$	$= 101325$ (exakt)	$\text{Pa} = \text{Nm}^{-2}$
Molare Gaskonstante	$R = k \cdot F/e$	$= 8,31447$	$\text{J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$
Nernst-Spannung	$U_N = (\ln 10) \cdot RT/F$	$= 0,059159$	V $T = 25^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$
Molares Normvolumen	$V_m = R T^0/p^0$	$= 22,4140 \cdot 10^{-3}$	$\text{m}^3\text{mol}^{-1}$ $T^0 = 0^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K}$
Loschmidt-Konstante	$N_L = N_A/V_m$	$= 2,68678 \cdot 10^{-25}$	$\text{m}^{-3}$
Atomare Masseneinheit	$u = 1/12 m(^{12}\text{C})$	$= 1,6605387 \cdot 10^{-27}$	kg $= 1 \text{ Da} (\text{Dalton})$
Elektrische Feldkonstante	$\epsilon_0 = 1/(\mu_0 c^2)$	$= 8,854187817 \cdot 10^{-12}$	$\text{Fm}^{-1}$



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für naturwissenschaftliche  
und technische Berufe

# Toxikologie und Gefahrstoffe

Gifte · Wirkungen · Arbeitssicherheit

Prof. Dr. rer.-nat. Peter Kurzweil

1. Auflage

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG  
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

**Europa-Nr.: 70241**

Autor:

Prof. Dr. rer.-nat. Peter Kurzweil, Technische Hochschule Amberg

Bildbearbeitung: Daniela Schreuer, Limburg;  
Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

1. Auflage 2013

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern  
untereinander unverändert sind.

**ISBN 978-3-8085-7024-1**

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb  
der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2013 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Umschlaggestaltung: braunwerbeagentur, Radevormwald

Satz: Daniela Schreuer, 65549 Limburg, [www.bookpinx.de](http://www.bookpinx.de)

Druck: M. P. Media Print Informationstechnologie GmbH, 33100 Paderborn

---

Um den Kessel dreht euch rund, werft das Gift in seinen Schlund.  
Kröte, die im kalten Stein Tag und Nächte, drei mal neun,  
zähen Schleim im Schlaf gegoren, soll zuerst im Kessel schmoren.

Shakespeare „Macbeth“

## Vorwort

Die Toxikologie ist eine mitunter schaurig-makabre Querschnittsdisziplin zwischen Chemie, Pharmazie und Medizin. Im Grenzbereich zwischen Leben und Tod befähigt sie Krimiautoren, Journalisten und Ökopessimisten zu spannenden, amüsanten oder beklemmenden Geschichten. Diese wunderbar-interessante Wissenschaft untersucht fantastisch-gefährliche Substanzen in Pflanzen- teilen, Tiersekreten, Arzneien, Lebensmitteln und Bedarfsgegenständen.

Breite Schichten der Bevölkerung erkennen allerdings, dass nicht die Wirkstoffe an sich giftig sind, sondern die Dosis das Gift macht, wie *Paracelsus* bereits im 16. Jahrhundert formulierte. Toxiphobe Zeitgenossen heroisieren Naturstoffe und dämonisieren chemische Produkte. Sie über- sehen, dass das gleiche Molekül dieselbe Wirkung entfaltet, gleichgültig ob es biosynthetisch in Pflanzen oder künstlich im Labor hergestellt wurde. Je nach Konzentration reicht die Wirkung von nicht nachweisbar über therapeutisch-nützlich bis akut-giftig.

Die Fortschritte der Pharmazie sind unübersehbar. Brachiale Therapiemethoden mit Zwangs- jacken, Drehbetten, Mundbirnen, Elektroschocks und Insulinüberdosierung, die heute der Medi- zingeschichte angehören, wurden seit den 1950er Jahren durch Psychopharmaka abgelöst. Die therapeutischen Möglichkeiten des 21. Jahrhunderts stimmen dennoch nachdenklich, denn die moderne Forschung ist weit davon entfernt, die Funktion des Gehirns zu verstehen. Was wir über das zentrale Nervensystem wissen, basiert zum größten Teil auf toxikologischen Beobachtungen.

Um Toxikologie zu begreifen, bedarf es der Beschäftigung mit chemischen Substanzen und dem menschlichen Körper. Die chemische Fachsprache bedient sich kryptischer Zeichen und pathologisch bemüht der medizinische Jargon für Laien unverständliche Abkürzungen. Durch falsch ver- standene Fachbegriffe haben Menschen schon Schaden erlitten: Hyper (über) und hypo (unter), inter (zwischen) und intra (innerhalb), super (oberhalb) und sub (unterhalb), I.U. (internationale Einheit) und i.v. (intravenös) – wie ähnlich klingt die Phonetik für gänzlich Verschiedenes.

„Toxikologie und Gefahrstoffe – Gifte, Wirkungen, Arbeitssicherheit“ bemüht sich um eine didaktische Synthese über die Grenzen der Fachgebiete hinweg. Es wendet sich an Studierende, die einen nachvollziehbaren Überblick zu toxikologischen Fragestellungen in **Arbeitsschutz**, **Chemielabor**, **Apotheke** und **Klinik** suchen. Ohne auf naturwissenschaftliche und medizinische Detailtreue zu verzichten, werden Grundlagen und Praxiswissen zu einer Gesamtsicht vernetzt, die auch für interessierte Laien nützliche Einsichten und kuriosen Lesestoff bereithält. Anschauliches Bildmaterial, Übersichtstabellen und Fallbeispiele ergänzen ein Höchstmaß an nachschlagenswerter Infor- mation. Das umfangreiche Sachwortregister führt zielsicher durch den Mikrokosmos der unvermeid- baren Fachbegriffe und Zusammenhänge.

Die beschriebenen Rezepturen und Therapien sind keine Empfehlungen oder Handlungsanweisun- gen.

Hinweise und Ergänzungen, die zur Verbesserung und Weiterentwicklung des Buches beitragen, werden unter der Verlagsadresse oder per E-Mail ([lektorat@europa-lehrmittel.de](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de)) dankbar entge- gengenommen.

Winter 2013/2014

Prof. Dr. rer. nat. PETER KURZWEIL

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Grundlagen der Toxikologie . . . . .</b>	<b>1</b>
1.1	Chemikalien und Wirkstoffe . . . . .	1
1.2	Vergiftungen und Gegengifte . . . . .	4
1.3	Toxikologische Stoffprüfung . . . . .	16
1.4	Umwelt- und Arbeitsmedizin . . . . .	32
1.5	Umwelt-, Öko- und Lebensmitteltoxikologie . . . . .	34
1.6	Übungsaufgaben . . . . .	36
<b>2</b>	<b>Gefahrstoffe und Arbeitssicherheit . . . . .</b>	<b>37</b>
2.1	Regulatorische Toxikologie . . . . .	37
2.2	Arbeitsschutz- und Umweltgrenzwerte . . . . .	45
2.3	Gefahrensymbole und Risiken . . . . .	52
2.4	Transport, Lagerung, Entsorgung . . . . .	94
2.5	Übungsaufgaben . . . . .	98
<b>3</b>	<b>Erstickende, reizende und ätzende Stoffe: Gase, Dämpfe, Säuren und Basen . . . . .</b>	<b>100</b>
3.1	Lokal reizende Gase . . . . .	100
3.2	Systemisch giftige Gase . . . . .	112
3.3	Sauerstoff und Radikale . . . . .	120
3.4	Erstickende und narkotische Gase . . . . .	124
3.5	Säuren, Laugen und Salze . . . . .	128
3.6	Methämoglobinbildner . . . . .	133
3.7	Exkurs in die Rechtsmedizin . . . . .	138
3.8	Chemische Kampfstoffe I: Atem- und Hautgifte . . . . .	141
3.9	Brandmittel . . . . .	145
3.10	Übungsaufgaben . . . . .	146
<b>4</b>	<b>Organische Verbindungen und Lösemittel: Krebszeugende und sensibilisierende Stoffe . . . . .</b>	<b>147</b>
4.1	Kohlenwasserstoffe . . . . .	147
4.2	Chemie der Krebsentstehung . . . . .	160
4.3	Halogenkohlenwasserstoffe . . . . .	165
4.4	Sauerstoff- und Schwefelverbindungen . . . . .	172
4.5	Stickstoffverbindungen . . . . .	186
4.6	Nicht genotoxische Kanzerogene . . . . .	207
4.7	Sensibilisierende Stoffe . . . . .	211
4.8	Übungsaufgaben . . . . .	220
<b>5</b>	<b>Halogenverbindungen, Phenole und Ester: Biozide, Teratogene und endokrine Modulatoren . . . . .</b>	<b>221</b>
5.1	Neurotransmission und Botenstoffe . . . . .	221
5.2	Biozide und Umweltchemikalien . . . . .	229
5.3	Zyklische Chlorkohlenwasserstoffe . . . . .	231
5.4	Antioxidantien: Alkylphenole und Arylether . . . . .	241
5.5	Phenoxykarbonsäuren . . . . .	243
5.6	Weichmacher . . . . .	244
5.7	Nervengifte . . . . .	246
5.8	Phosphorsäureester und chemische Kampfstoffe II . . . . .	248
5.9	Carbamate, Pyrethroide, neue Insektizide . . . . .	252
5.10	Herbizide . . . . .	254
5.11	Fungizide . . . . .	257
5.12	Organozinnverbindungen und Holzschutz . . . . .	260
5.13	Reproduktions- und entwicklungsschädliche Stoffe . . . . .	260
5.14	Endokrin wirksame Substanzen und Immuntoxizität . . . . .	264
5.15	Übungsaufgaben . . . . .	267
<b>6</b>	<b>Lebensmittelzusatzstoffe und Kosmetika . . . . .</b>	<b>268</b>
6.1	Nährstoffe in Lebensmitteln . . . . .	268
6.2	Rückstände in Lebensmitteln . . . . .	275
6.3	Lebensmittelzusatzstoffe . . . . .	276
6.4	Kosmetika . . . . .	292
6.5	Übungsaufgaben . . . . .	299
<b>7</b>	<b>Alkohol und Konsumdrogen: Schmerz-, Schlaf- und Betäubungsmittel . . . . .</b>	<b>300</b>
7.1	Alkohole und Phenole . . . . .	300
7.2	Einblick in die Rechtsmedizin . . . . .	306

7.3	Psychostimulantien und Entaktogene	309
7.4	Psychedelika und Halluzinogene	314
7.5	Analgetika	318
7.6	Vergiftungen durch legale Schmerzmittel	324
7.7	Beruhigungs- und Schlafmittel	326
7.8	Psychopharmaka	327
7.9	Lösungsmittelmissbrauch	328
7.10	Grundstoffüberwachungsgesetz (GÜG)	331
7.11	Übungsaufgaben	331
<b>8</b>	<b>Toxikologie der Elemente: Anorganische und metall-organische Verbindungen</b>	<b>332</b>
8.1	Chelatbildner	332
8.2	Alkalimetalle: Gruppe 1 (Ia)	334
8.3	Erdalkalimetalle: Gruppe 2 (IIa)	336
8.4	Borgruppe: Gruppe 3 (IIIa)	339
8.5	Kohlenstoffgruppe: Gruppe 4 (IVa)	342
8.6	Stickstoffgruppe: Gruppe 5 (Va)	347
8.7	Chalcogene: Gruppe 6 (VIa)	350
8.8	Kupfergruppe: Gruppe 11 (Ib)	351
8.9	Zinkgruppe: Gruppe 12 (II b)	354
8.10	Seltenerdmetalle und Actinoide: Gruppe 3 (IIIb)	359
8.11	Titangruppe: Gruppe 4 (IV b)	361
8.12	Vanadiumgruppe: Gruppe 5 (V b)	361
8.13	Chromgruppe: Gruppe 6 (VI b)	362
8.14	Mangangruppe: Gruppe 7 (VII b)	364
8.15	Eisenmetalle: Gruppe 8–10 (VIII b)	364
8.16	Platinmetalle: Gruppe 8–10 (VIIIb)	368
8.17	Übungsaufgaben	370
<b>9</b>	<b>Partikel, Radioaktivität und Strahlung: Stäube, Licht, elektromagnetische Wellen</b>	<b>371</b>
9.1	Stäube, Fasern und Schweißrauch	371
9.2	Radionuklide und radioaktive Strahlung	376
9.3	Nichtionisierende Strahlung	383
9.4	Übungsaufgaben	386
<b>10</b>	<b>Alkaloide und Naturstoffe: Pflanzengifte und kardiale Toxine</b>	<b>387</b>
10.1	Einblick in die Welt der Pflanzen und ihre Inhaltsstoffe	387
10.2	Heterozyklische Naturstoffe	388
10.3	Alkaloide vom Pyridin- und Piperidintyp: Tabak	392
10.4	Tropan-Alkaloide: Nachtschattengewächse und Koka	397
10.5	Chinolizidin-Alkaloide	400
10.6	Chinolin-Alkaloide	401
10.7	Isochinolin-Alkaloide: Opiumalkaloide	402
10.8	Indol-Alkaloide: Pfeilgifte	405
10.9	Pyrrolizidin-Alkaloide	412
10.10	Diterpen-Alkaloide	413
10.11	Steroid-Alkaloide	415
10.12	Herzwirksame und cyanogene Glycoside	417
10.13	Toxische Aminosäuren und Proteine	421
10.14	Ätherische Öle, Terpene, Polyine	424
10.15	Saponine	432
10.16	Pflanzen mit Reizwirkung auf den Magen-Darm-Trakt	433
10.17	Hautreizende und allergisierende Pflanzeninhaltsstoffe	435
10.18	Kanzerogene Pflanzeninhaltsstoffe	437
10.19	Übungsaufgaben	438
<b>11</b>	<b>Tiergifte</b>	<b>440</b>
11.1	Giftschlangen	441
11.2	Insekten ( <i>Hexapoden</i> )	446
11.3	Spinnen ( <i>Araneae</i> )	449
11.4	Skorpione	450
11.5	Amphibien ( <i>Lurche, Amphibia</i> )	450
11.6	Vögel	452
11.7	Reptilien (außer Schlangen)	452
11.8	Meerestiere	452
11.9	Säugetiere	457
11.10	Übungsaufgaben	457

<b>12</b>	<b>Pilzgifte und bakterielle Toxine: Lebensmittelvergiftungen und Allergene . . . . .</b>	<b>458</b>
12.1	Parenchymgifte . . . . .	458
12.2	Pilzgifte mit zentralnervöser Wirkung. . . . .	460
12.3	Pilze mit gastrointestinalen Reizstoffen . . . . .	461
12.4	Gifte und Allergene in Speisepilzen. . . . .	462
12.5	Pilzgifte in Lebensmitteln . . . . .	463
12.6	Bakterielle Toxine . . . . .	468
12.7	Biologische Kampfstoffe . . . . .	472
12.8	Antiinfektiöse Wirkstoffe . . . . .	474
12.9	Novel Food . . . . .	477
12.10	Übungsaufgaben. . . . .	478
<b>ANHANG</b>		
13	Lösungen der Übungsaufgaben. . . . .	479
14	Fachbegriffe: Chemie, Pharmakologie, Medizin . . . . .	490
15	Weiterführende Literatur und Internethinweise . . . . .	505
16	Sachwortverzeichnis . . . . .	506

# 1 Grundlagen der Toxikologie

## 1.1 Chemikalien und Wirkstoffe

### 1.1.1 Geschichte und Wesen der Toxikologie

Als Teilgebiet der Pharmakologie untersucht die **Toxikologie** – von griechisch *toxikon* (Gift) und *logos* (Lehre) – unerwünschte Wirkungen durch Substanzen und Umwelteinwirkungen, um Gefahren für die Gesundheit von Mensch und Tier und die belebte Umwelt abzuwenden und Risiken abzuschätzen.

Toxikologie ist die Lehre von den schädlichen Wirkungen von Stoffen und Umwelteinflüssen auf lebende Organismen.

Die Steinzeitmenschen kannten Pfeil- und Schlangengifte, die alten Griechen um 1400 v. Chr. Opium, die Chinesen um 1000 v. Chr. Eisenhut und Arsen. Der Eid des *Hippokrates* (460–370 v. Chr.) verbot Ärzten die Gabe tödlicher Gifte und frucht-abtreibender Zäpfchen. Der griechische Arzt *Dioskurides* (1. Jh. n. Chr.) schätzte die „Liebespflanze“ Mandragora (Alraune). *Plinius* der Ältere (23–79) und *Galen* (129–199) erwähnten Quecksilber, Bilsenkraut und Schierling. *Georgius Agricola* (1494–1555) beschrieb die Bleivergiftung. Mittelalterliche Alchemisten brauteten giftwidrige Lebenselixiere.

**Gifte** rufen schädliche Wirkungen hervor. *Paracelsus* (►1) erkannte, dass Vergiftungen durch Verdünnen des Giftes abgewendet werden können. Er nutzte Opiumtinktur (Laudanum) und entzündungshemmende Harze (Opopanax), behandelte Blutarmut (Anämie) mit Eisensalzen und Syphilis mit Quecksilber. Lungenkrankheiten bei Bergarbeitern schrieb er metallischen Dämpfen zu und die Verbreitung von Kröpfen dem niedrigen Mineralgehalt von Trinkwasser. Seine **Signaturenlehre**, wonach die äußere Gestalt von Pflanzenteilen deren pharmakologische Wirkung verrät, hat sich jedoch als falsch erwiesen. ►2 Die Grenzen zwischen Arzneimitteln und Giften sind fließend. Täglich nehmen wir mit der Nahrung körperfremde Stoffe auf, ohne uns zu vergiften, solange die angesammelten Mengen unterhalb der **toxischen Konzentration** liegen. Kleine Mengen bestimmter Schwermetalle sind sogar lebensnotwendig.

### 1.1.2 Natürliche und synthetische Gifte

Alle Stoffe in Technik, Chemie und Medizin werden aus Erzen, fossilen oder nachwachsenden Rohstoffen gewonnen (►3). Wer Naturstoffe für gut und chemische Produkte für schlecht erklärt, übersieht, dass beide häufig den gleichen Wirkstoff enthalten.

Das gleiche Molekül hat die gleiche toxikologische Wirkung, unabhängig davon, ob es natürlich oder synthetisch ist.



© akg-images / Erich Lessing

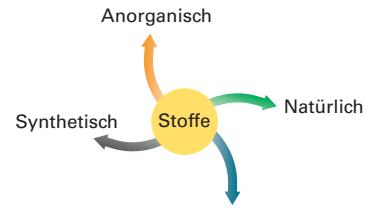
**1 Paracelsus (1493–1541),**  
Philippus Aureolus Theophrastus  
Bombastus von Hohenheim

Alle Ding' sind Gift  
und nichts ohn' Gift;  
allein die Dosis macht,  
dass ein Ding kein Gift ist.  
*Paracelsus* 1538

**Grundsatz der Schulmedizin:**  
Dosis sola facit venenum.  
Die Dosis allein macht das Gift.

**Signaturenlehre:**  
Die Nadeln der Distel sind ein Zeichen,  
„dass kein besser Kraut ist  
für den inwendigen Stechen“.

### 2 Grundsätze



### 3 Einteilung der Stoffe

Wirkstoff	Vorkommen
Atropin*	Tollkirsche, Bilsenkraut, Stechapfel
Digitalisglycoside*	Fingerhut
Ergotin*	Mutterkorn (Pilz) auf Roggen
Aflatoxin	Schimmelpilze auf Lebensmitteln
Amanitin	Knollenblätterpilz
Botulinustoxin	verdorbene Konserven
Coniin	Fleckschierling, Hundspetersilie
Muscarin	Fliegenpilz
Nicotin	Tabak
Nitrosamine	geräucherte Lebensmittel
Tetanustoxin	Erdreich
* als Arzneimittel genutzt	

## 1 Gifte in der Natur



© akg-images

## 2 Samuel Hahnemann

Ähnliches werde  
durch Ähnliches geheilt  
(similia similibus curentur)  
Hahnemann 1796

Die gefährlichsten **Gifte in der Natur** kommen in Bakterien und Pilzen vor (►1). Drei Nanogramm Botulinustoxin führen zum Tod; Spuren von Aflatoxin können Leberkrebs auslösen. Aus dem eingetrockneten Milchsaft des Schlafmohns (*Papaver somniferum*) stammt der Wirkstoff des Opiums, das Morphin. Dieses in der Medizin unverzichtbare Schmerzmittel kann auch im Labor synthetisiert werden, jedoch sind die Kosten dafür hoch. Deshalb dient die Ackerpflanze als Rohstoff für das Medikament. Das „natürliche“ Morphin unterscheidet sich in keiner Weise vom synthetischen Labormolekül. Durch chemische Umsetzung des Morphinmoleküls mit Essigsäureresten (Acetylierung) erhält man die halbsynthetische Suchtdroge Heroin (Diacetylmorphin). Die naturwissenschaftliche **Pflanzenheilkunde** (Phytotherapie) erschließt durch pharmazeutische und botanische Forschung neue Wirkstoffe aus Heilpflanzen, z. B. das Krebsmedikament Taxol aus der Rinde der pazifischen Eibe (*Taxus brevifolia*). Phytopharmaka unterliegen der Prüfung nach dem Arzneimittelgesetz.

### 1.1.3 Homöopathische Potenzen

*Christian Friedrich Samuel Hahnemann* (1755–1843, ►2) geißelte die in der Schulmedizin (Allopathie) um 1800 übliche Überdosierung von Arzneimitteln und empfahl hohe Verdünnungen. Die von ihm begründete **Homöopathie** behandelt Kranke mit Medikamenten, die bei Gesunden in hoher Dosis ähnliche Krankheitsbilder hervorrufen. Krankheitssymptome und Arzneibild sollen sich nach homöopathischer Lehre decken. So wird das Gift der Tollkirsche (*Belladonna*) gegen Scharlach und das Schwermetall Thallium gegen Haarausfall eingesetzt.

Die Wirkstoffe werden mit Wasser, Alkohol, Glycerin, Milchzucker oder Saccharose verdünnt. Für die **homöopathische Potenz**  $D6 = 1:10^6$  wird sechsmal hintereinander ein Teil des immer weiter verdünnten Wirkstoffes mit jeweils neun Teilen Trägersubstanz durch „zehn kräftige Schüttelschläge“ vermischt. Bei C-Potenzen erfolgt die Verdünnung in Hunderterschritten.

Dezimalpotenz:	$Dn = 1:10^n$	S. 3 ►1
Centesimalpotenz:	$Cn = 1:100^n$	
Quinquagesimallesima:	$Q = 1:50\,000 = LM$	

**Hochpotenzen** enthalten rechnerisch keinen Wirkstoff mehr. D17 wird durch eine Tollkirsche in der Leipziger Trinkwasserversorgung ( $34 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  im Jahr) erreicht. D24 entspricht dem Auflösen einer Kopfschmerztablette im Atlantischen Ozean. D30 bedeutet ein Molekül in  $30 \text{ m}^3$  Wasser; D78 ein Molekül im gesamten Universum. Die winzigen Substanzgaben zeigten in klinischen Studien bislang keine Wirkung, die den Placeboeffekt übersteigt.

Das mechanische Verreiben und Verschütteln bei der stufenweisen Potenzierung ändert nichts am molekularen Aufbau des Wirkstoffes. Bei der Herstellung homöopathischer Arzneien reichern sich allenfalls Verunreinigungen aus der Luft und Abrieb der Gefäßwandungen an; es gibt auch kein absolut sauberes Verdünnungswasser.

Gäbe es ein „Strukturgedächtnis“ von Lösungen, könnte man es auch technisch nutzen und Computer damit bauen; doch Wasserstoffbrückenbindungen werden zu schnell geschlossen und wieder gebrochen, um „Information“ im Wasser zu erhalten.

Bloßes Verdünnen verändert Moleküle chemisch nicht; allein die toxikologisch wirksame Menge (Dosis) sinkt.

Bei **Niedrigpotenzen** (bis D6) sind Vergiftungen möglich, z. B. mit Quecksilber, Arsen, Strychnin, Bakterien- und Pilzgiften. Viele in der Homöopathie verwendete Ursubstanzen sind giftig. Mit einem Tropfen Quecksilber D4 (5 µg) wird der Trinkwassergrenzwert von 1 µg/L überschritten (►1).

**Schüßler-Salze** nach *Wilhelm Heinrich Schüßler* (1821–1898) sollen einen gestörten Mineralhaushalt ausgleichen. Zu den giftigen Ergänzungsmitteln späterer Autoren zählen Lithiumchlorid, Kalium- und Kupferarsenit, Arsentsriiodid, Selen (D6) und Kaliumdichromat D12.

Die **Bach-Blütentherapie** nach *Edward Bach* (1886–1936) für ursprünglich 38 seelische Gleichgewichtsstörungen beruht auf Blüten und Pflanzenteilen von Gartengewächsen, die ausdrücklich keine Heilpflanzen sind. Sie werden in Wasser gelegt oder gekocht, 1:1 mit Alkohol konserviert und anschließend 1:240 verdünnt.

Die Selbstmedikation mit „alternativen Heilmitteln“ birgt die Gefahr der Verzögerung medizinischer Diagnostik und Therapie.

	Verdünnung	Einheit	entspricht einem Zuckerkwürfel in
D1	1 : 10		1 Schnapsglas (27 mL)
D2	1 : 100	%	2 Tassen (270 mL)
D3	1 : 1000	‰	4 Flaschen (2,7 L)
D6	1 : 10 <sup>6</sup>	mg/kg ppm	Tankwagen (2,7 m <sup>3</sup> )
D9	1 : 10 <sup>9</sup>	µg/kg ppb	Öltanker (2700 m <sup>3</sup> )
D12	1 : 10 <sup>12</sup>	ng/kg ppt	Talsperre Oestertal (2,7 · 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
D15	1 : 10 <sup>15</sup>	pg/kg ppq	Starnberger See: 2,7 · 10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>
D23	1 : 10 <sup>23</sup>	1 Tropfen im Mittelmeer	
D30	1 : 10 <sup>30</sup>	1 Tropfen in 50 Erdvolumina	

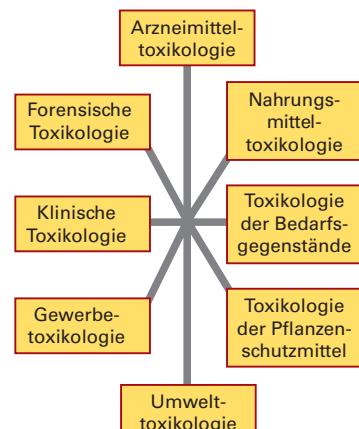
## 1 Homöopathische Potenzen

### 1.1.4 Teilgebiete der Toxikologie

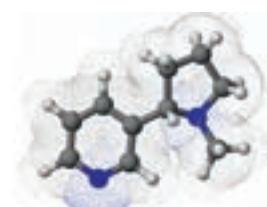
Die Toxikologie betrachtet alle Bereiche des täglichen Lebens: Arzneimittel, Lebensmittel, Bedarfsgegenstände, Pestizide, Umweltschadstoffe und Arbeitsschutz (►2). Nachbardisziplinen sind Chemie, Pharmakologie, Medizin und Biologie, speziell analytische Chemie und Biochemie, Physiologie, Pathologie, Arbeitsmedizin, Rechtsmedizin, innere Medizin, Anästhesiologie und Pädiatrie, sowie Genetik.

Die **klinische Toxikologie** widmet sich der Diagnose und Behandlung von Vergiftungen. Grenzwerte für Schadstoffe am Arbeitsplatz und in Ökosystemen fallen ins Gebiet der **Gewerbetoxikologie** und **Umwelttoxikologie**. *Rudolf Buchheim* (1820–1879) führte 1847 Tierversuche in die Medizin ein, *Max von Pettenkofer* (1818–1901) definierte „Erträglichkeitswerte“ für Gase, ehe *Louis Levin* (1850–1929) den **Arbeits- und Gesundheitsschutz** begründete. Seit 1960 gibt es an deutschen Universitäten eigenständige Institute für Toxikologie.

Die **forensische Toxikologie** unterstützt die Aufklärung von Straftaten, z. B. durch den Nachweis von Alkohol, Drogen und Medikamenten und die Beurteilung von Vergiftungen und Todesfällen. Der Belgier *Jean Servais Stas* (1813–1891) gilt als ihr Begründer. 1850 überführte er den Grafen *Bocarmé* des Mordes, indem er das bis dahin wenig bekannte Gift Nicotin aus Leichenteilen extrahierte. Nicotin ist löslich, so konnte *Stas* damals gän-



## 2 Teilgebiete der Toxikologie



## 3 Nicotinmolekül