1 Einleitung

1.1 Gift, was ist das?

Sola Dosis venenum facit – allein die Menge macht das Gift.

Philip Aureolus Theophrast Bombast von Hohenheim, besser bekannt als Paracelsus, stellte mit diesem lateinischen Satz schon vor fast 500 Jahren einen der Grundsätze der Giftkunde auf. Grundsätzlich können alle dem Organismus zugeführten Stoffe, auch Vitamine, Salze, Zucker oder Wasser ab einer bestimmten Dosis Schaden anrichten.

Als Gift werden im allgemeinen Stoffe bezeichnet, die Lebewesen über deren Stoffwechselvorgänge Schaden zufügen. Der Schaden kann hierbei vorübergehender, dauerhafter oder gar tödlicher Natur sein. Tritt durch die Gifteinwirkung eine sofortige Schädigung auf, spricht man von einer akuten Vergiftung. Hält die Gifteinwirkung längerfristig an, spricht man von einer chronischen Vergiftung. Die Wissenschaft, die sich mit der Erforschung der Gifte befasst, wird Toxikologie genannt.

Mitte 2011 gab es etwa 60 Millionen verschiedene registrierte chemische Verbindungen. 95 % der Vergiftungsfälle werden aber von nur etwa 3.000 verschiedenen Stoffen verursacht [146].

In Deutschland gab es 1995 offiziell 2.944 durch Vergiftung verursachte Todesfälle, die gemessen an 200.000 gemeldeten akuten Vergiftungen nur einen geringen Anteil ausmachen. Über 1.000 Fälle wurden durch Opioide (z.B. Heroin) verursacht, über 400 durch Kohlenmonoxid (z.B. Öfen); weniger wichtig waren Schlaf- und Beruhigungsmittel, des Weiteren Alkohol, und nur zwei Todesfälle wurden durch Pilze verursacht. Im Jahr 2004 stand die Alkoholvergiftung („Komasaufen“) an erster Stelle der tödlichen Vergiftungen.

Die weitaus größte Rolle bei Vergiftungsfällen, die der Giftnotzentrale gemeldet werden, spielen Medikamente.

Tab. 1-1 Vergiftungsgründe im Jahr 2008 laut Anrufe in der Giftnotzentrale in München [70]

Stoff	Prozent
Medikamente	52
Chemikalien	22
Drogen	8
Pflanzen	5
Tiere	2
Sonstige	11

Auch berühmte Personen sind immer wieder Opfer von Giften geworden. Dabei sind Gifte wie Vergiftungsgrund denkbar vielfältig: Es gibt Todesurteile wie beim griechischen Philosophen Sokrates, Giftanschläge (mit Knollenblätterpilzen) wie bei dem römischen Kaiser Claudius, Selbstmorde wie beim Schriftsteller Stefan Zweig, Unfälle wie bei Heroinüberdosierung bei der US-Sängerin Janis Joplin oder extremes Betrinken wie bei der englischen Sängerin Amy Winehouse, in deren Blut nach ihrem Tod ein Alkoholgehalt von unfassbaren 4,17 Promille gefunden wurde. Die Sängerin Whitney Houston scheint zwar ertrunken zu sein, doch ohne ihre jahrelange Einnahme von Drogen wäre sie dem tödlichen Wannenbad, sie wurde 48, sicherlich entronnen.

In historischen Zeiten wurde mit Gift gern Geschichte geschrieben und es wurden Gifte als kaum nachweisbare Waffe im Machtkampf gegen Fürsten und gar Päpste eingesetzt. So wurde im 4. vorchristlichen Jahrhundert in der Endphase des altpersischen Großreichs der Eunuch Bagoas ein Königsmacher. Der zum ersten Hofminister aufgestiegene Bagoas beseitigte zuerst Artaxerxex III. und fast alle seine Söhne durch Gift. Den jüngsten, Arses, ließ er am Leben, um ihn als Artaxerxes IV. zu seiner Marionette zu machen. Als Arses sich nach zwei Jahren Proforma-Herrschaft von Bagoas Einfluss befreien wollte, wurde auch er vergiftet und Dareios III. als neueste Marionette des machtbewussten Hofministers eingesetzt. Doch diesesmal verlor Bagoas den Machtpoker und wurde nunmehr von Dareios III. vergiftet. Dareios III. Glück währte nur kurz. Bald

darauf verlor er bei Issos (333, Issos-Keilerei) gegen Alexander d. Gr. eine entscheidende Schlacht und kurz darauf sein Leben.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass in der heutigen Zeit Geheimdienste Gifte als Waffe gegen Gegner einsetzen. Nachweise solcher Aktivitäten sind natürlich denkbar schwer. In den 1970er Jahren untersuchte eine Sonderkommission des US-Senats Aktivitäten des amerikanischen Geheimdienstes CIA, so dass u.a. misslungene Giftanschläge gegen politisch so unterschiedliche Politiker wie den kubanischen Revolutionsführer Fidel Castro, den ersten frei gewählten kongolesischen Ministerpräsidenten Patrice Lumumba oder den rechtsgerichteten Militärdiktator Rafael Trujilo (Dominikanische Republik) aufgedeckt wurden.
Fast schon wie Realsatire wirkt der Plan des amerikanischen Geheimdienstes, die Schuhe Castros mit Thalliumsalzen zu bestäuben. Man rechnete damit, dass er während einer Auslandsreise seine Schuhe in den Hotelkorridor stellen würde.
Die Thalliumverbindung hätte dann nach kurzer Zeit zum Haarausfall und auch zu Verlust seines imageprägenden Barts geführt.
Für Lumumba war vergiftete Zahnpasta präpariert worden, doch der mit dem Mordanschlag beauftragte CIA-Agent bekam Zweifel und zögerte so lange, bis Lumumba schließlich bei einem Militärputsch ums Leben kam.
Neun Jahre nach dem Tod des Palästinenser-Führers Arafat wurde dessen Leichnam nochmals untersucht und es kam der Verdacht auf, er sei an einer Poloniumvergiftung gestorben. Da Polonium 210 eine Halbwertzeit von 138 Tagen hat, scheint es unsicher zu sein, nach 24 Halbwertzeiten noch einen sicheren Nachweis für dieses radioaktive Element führen zu können.
Die KGB-Akten der untergegangenen Sowjetunion bergen mit Sicherheit auch noch die ein oder andere Überraschung.

In der Gegenwart hingegen werden Künstler auffällig häufig Opfer von Alkohol und Drogen.

Der so genannte Club der 27er, Stars die mit erst 27 Jahren gestorben sind (Hendrix, Winehouse, Morrison, Joplin), fasziniert auf morbide Weise eine breitere Öffentlichkeit und es stellt sich die Frage, warum Stars, die täglich Beifall erhalten und viel Geld verdienen, ihre Gesundheit anscheinend viel häufiger ruinieren als Normalmenschen, die in bescheideneren Verhältnissen leben und klaglos ihre weitaus unglamourösere Arbeit in der Buchhaltung, auf der Krankenstation oder am Bau erledigen.

Der Psychotherapeut Borwin Bandelow erklärte 2007 in seinem Buch „Celebrities: Vom schwierigen Glück, berühmt zu sein“ dieses Paradoxon damit, dass Künstler bereits vor ihrem Erfolg überduchschnittlich häufig verhaltensauffällig waren und damit nicht der Ruhm gefährlich ist, sondern Gefährdete eher künstlerisch erfolgreich sind [10].

Tatsächlich sind unter den Stars fast nie ehemalige Musterschüler anzutreffen.

Marilyn Monroe verübte bereits als völlig Unbekannte ihren ersten Selbstmordversuch.

Die deutsche Nachwuchsschauspielerin Maria Kwiatkowsky zündete aus Frustration heraus eine Kindertagesstätte an und wurde zu einer Bewährungsstrafe verurteilt. Ihre Schauspielkarriere aber kam voran, sie gewann mehrere Preise, u.a. die „Goldene Kamera“ und schien kurz vor dem großen Durchbruch zu stehen. Inmitten von Dreharbeiten wurde die 26-Jährige tot in ihrer Wohnung gefunden, gestorben an einer Überdosis Kokain. Bei der Obduktion fand man etwa 300 Nadelstiche.

Der junge Philip Seymour Hoffman nahm als Schauspielschüler Heroin, um Jahrzehnte später trotz seines Erfolges als Oscar-Gewinner an einer Überdosis zu sterben.

Drogenerfahrungen, auffällige psychische Probleme und unstete Ausbildungskarrieren in jungen Jahren scheinen demnach fast ein probates Rüstzeug für den späteren künstlerischen Erfolg zu sein.

Möglicherweise bewundern wir Normalsterbliche insgeheim die Showgrößen für die Verrücktheiten, die wir uns nie zutrauen würden und sind schlussendlich insgeheim doch froh, dieselben zu überleben.

Tab. 1-2 Bekannte Giftopfer

Name	Bedeutung	Gift	Todesjahr
Tut-ench-Amun	Pharao	Sepsis nach Unfall	1323 v. Chr.
Sokrates	griech. Philosoph	Coniin	399 v. Chr.
Hannibal	karthagischer Feldherr	?	183 v. Chr.
Mithridates	König von Pontos	?	63 v. Chr.
Kleopatra	ägyptische Königin	Schlangengift?	30 v. Chr.
Claudius	römischer Kaiser	Amatoxine	54
Clemens VII.	Papst	Amatoxine	1534
Paracelsus	Arzt	Blei ?	1541
Emile Zola	franz. Schriftsteller	Kohlenmonoxid	1902
Kurt Tucholsky	dt. Schriftsteller	Barbiturate	1935
Joachim Gottschalk	dt. Schauspieler	Kohlenmonoxid	1941
Stefan Zweig	österr. Schriftsteller	Barbital	1942
Lupe Velez	US-Schauspielerin	Secobarbital	1944
Heinrich Himmler	NS-Politiker	Blausäure	1945
Alan Turing	engl. Mathematiker	Cyanide	1954
Sibylle Schmitz	dt. Schauspielerin	Phenobarbital	1955
Marilyn Monroe	US-Schauspielerin	Pentobarbital	1962
Sylvia Plath	US-Schriftstellerin	Kohlenmonoxid	1963
Judy Garland	US-Sängerin	Barbiturate	1969
Janis Joplin	US-Sängerin	Heroin	1970
Anne Sexton	US-Schriftstellerin	Autoabgase	1974
Jean Améry	österr. Schriftsteller	Schlafmittel	1978
Keith Moon	engl. Musiker	Clomethiazol	1978
Sid Vicious	engl. Musiker	Heroin	1979
R. M. Fassbinder	dt. Regisseur	Kokain, Alkohol	1982
John Belushi	US-Schauspieler	Kokain, Heroin	1982
Uwe Barschel	dt. Politiker	Cyclobarbital	1987
River Phoenix	US-Schauspieler	Heroin, Kokain	1993
Vitas Gerulaitis	argent. Tennisspieler	Kohlenmonoxid	1994
Margeaux Hemingway	US-Model	Phenobarbital	1996
Paula Yates	engl. TV-Moderatorin	Heroin	2000
Anna Nicole Smith	US-Model	div. Schlafmittel	2007
Heath Ledger	US-Schauspieler	div. Schlafmittel	2008
Michael Jackson	US-Sänger	Propofol	2009
Amy Winehouse	engl. Sängerin	Alkohol	2011
Whitney Houston	US-Schauspielerin	Kokain, Alkohol	2012
Silvia Seidel	dt. Schauspielerin	div. Schlafmittel	2012
Philip S. Hoffman	US-Schauspieler	Heroin	2014
Peaches Geldof	engl. It-Girl	Heroin	2014

1.2 LD_{50}-Wert und ADI-Wert

Da die Dosis das Gift macht, wurde eine Bezugsgröße gefunden, um die Giftigkeit einer Substanz darzustellen. Der Begriff der letalen Dosis LD wurde eingeführt. Eine sehr häufig genutzte Größe ist LD_{50}. LD_{50} bezeichnet die mittlere tödliche Konzentration, die Menge, d.h. die bei 50 % der Versuchstiere, meistens Ratten, zum Tode führt. Um Vergleichbarkeit mit dem Menschen zu schaffen, wird der Wert in Giftmenge pro kg Körpergewicht angegeben. Die letale Dosis LD wurde 1927 vom Pharmakologen J. W. Trevan [227] eingeführt. Der LD_{50}-Wert für Nikotin liegt bei 50 mg/kg für Ratten, d.h. nach oraler Aufnahme von 7,5 mg bei etwa 150 g schweren Ratten sterben 50 % der Tiere.

Der LD_{50}-Wert für Arsenik liegt für die Ratte bei 10 mg/kg Körpergewicht, beim Menschen liegt der Wert bei 1,4 mg. Bei Menschen muss zudem beachtet werden, dass Arsenik früher als Stärkungsmittel genutzt wurde und Arsenikesser sich so an Dosen von bis zu 500 mg gewöhnen konnten, also eine mehrfach tödliche Dosis für „Arsenik-Anfänger“. Eine wichtige Information kann auch die Aufnahmeart der Substanz sein. Intravenös verabreichte Gifte sind meistens viel gefährlicher als unter die Haut gespritzte (subkutan) oder oral aufgenommene Stoffe. Die angegebenen Werte beziehen sich in der Regel auf orale Einnahme bei Ratten.

Botulinumtoxin ist etwa eine Milliarde mal giftiger als Heroin. Man sieht also: Die Dosis macht es! Selbst Wasser könnte bei genügend großer Menge, beim Menschen etwa sieben Liter in kürzester Zeit getrunken, lebensgefährlich werden. Des Weiteren ist zu bedenken, dass Ratten und Mäuse als Nagetiere z.T. anders auf Gifte reagieren als Menschen. Häufig gilt: Je entwickelter das Gehirn, desto stärker die Wirkung.

Tab. 1-3 Auswahl von LD_{50}-Werten für Ratten (orale Aufnahme)

Stoff	**Herkunft**	**LD_{50} mg/kg**
Botulinumtoxin	Botulinum	0,00000003 i.v. 0,000004 s.c.
Tetanustoxin	Tetanus	0,0000001
Maitotoxin-1	Algen	0,00005
Diphtherietoxin	Diphtherie	0,0003
Tetrodotoxin	Kugelfisch	0,01
Dioxin	Chemieabfall	0,02
Rizin	Christuspalme	0,02
Digoxin	roter Fingerhut	0,2
Amanitin	Knollenblätterpilz	0,3
Tabun	Giftaerosol	0,6
Senfgas	Giftaerosol	0,7
Quecksilber(II)-chlorid	Holzschutz	1
weißer Phosphor	Grundstoff	1,4
Aflatoxin B1	Schimmelpilz	1,7
LSD	Halluzinogen	1,8
Strychnin	Brechnuss	2
Parathion (E 605)	Pflanzenschutz	2
Kaliumcyanid	Cyanidlaugerei	5
Arsenik	Mäusebutter	10
Thalliumsulfat	Rattengift	10
Heroin	Opiat	25 i.v.
Nikotin	Tabak	50
Kokain	Kokablätter	96
DDT	Insektizid	113
Phenobarbital	Schlafmittel	162
Quecksilber(I)-chlorid	Elektroden	166
Coffein	Kaffee	192
Morphin	Schmerzmittel	335
Kaliumpermanganat	Oxidationsmittel	750
Silbernitrat	Höllenstein	1.100
Schwefelkohlenstoff	Lösungsmittel	1.200
1-Propanol	Lösungsmittel	1.870
Kaliumchlorid	Salz	2.600
Natriumchlorid	Kochsalz	3.000
Methanol	Lösungsmittel	5.630
Ethanol	Alkohol	10.300
Ascorbinsäure	Vitamin C	12.000
Saccharose	Zucker	30.000
Wasser	Leitungswasser	100.000

Werte wie LD_{99} oder LD_1 beziehen sich auf 99 % oder 1 % verstorbene Tiere und sind weniger aussagekräftig. Diese Werte sagen nur etwas über die empfindlichsten und stärksten Tiere aus.
Beim LD_{lo}-Wert wird die geringste Menge, die jemals für eine tödliche Vergiftung ausreichte, angezeigt.
Der LD-Wert unterscheidet sich also abhängig von Tierart, Aufnahmeart und wie viel Prozent der Spezies gestorben sind. In folgender Tabelle werden verschiedene LD-Werte für das Barbiturat Cyclobarbital dargestellt.

Tab. 1-4 verschiedene LD-Werte von Cyclobarbital

LD-Wert	Tier	Aufnahme	Menge mg/kg
LD_{lo}	Hase	oral	450
LD_{lo}	Hase	s.c.	300
LD_{lo}	Hase	i.v.	90
LD_{lo}	Hund	oral	200
LD_{lo}	Hund	s.c	100
LD_{lo}	Katze	oral	110
LD_{lo}	Katze	s.c	100
LD_{lo}	Mensch	oral	71
LD_{50}	Maus	oral	840
LD_{lo}	Maus	s.c	300
LD_{50}	Ratte	oral	300
LD_{lo}	Ratte	s.c.	210

Der ADI-Wert (acceptable daily intake – erlaubte Tagesdosis, ETD) bezeichnet die gerade noch duldbare tägliche Menge pro Kilogramm Körpergewicht, die ein Mensch aufnehmen darf, und die für die Gesundheit als unbedenklich gilt. Dieser Wert spielt eine große Rolle bei den Zusatzstoffen in den Lebensmitteln, die eine E-Nummer tragen. Der ADI-Wert wurde 1959 vom französischen Toxikologen René Truhaut eingeführt.

Tab. 1-5 Beispiele für ADI-Werte

Stoff	Bedeutung	ADI-Wert in mg/kg
Nitrite	Konservierungsstoff	0,06
Kaliumsulfit (E 228)	Konservierungsstoff	0,7
Eisen-2-lactat (E 585)	Farbstoff	0,8
Gelborange S (E 110)	Farbstoff	2,5
Saccharin (E 954)	Süßstoff	2,5
Cochenillerot A (E 124)	Farbstoff	4
Azorubin (E 122)	Farbstoff	4
Nitrate	Konservierungsstoff	5
Benzoesäure (E 210)	Konservierungsstoff	5
Fumarsäure (E 297)	Säuerungsmittel	6
Allurarot AC (E 129)	Farbstoff	7
Cyclamat (E 952)	Süßstoff	7
Tartrazin (E 102)	Farbstoff	7,5
Kupferphthalocyanin (E 141)	Farbstoff	15
Sorbinsäure (E 200)	Süßstoff	25
Aspartam (E 951)	Süßstoff	40

1.3 MAK-Werte

Ein weiterer Wert, der für die Abschätzung des Gefahrenpotenzials relevant ist, ist der MAK-Wert. Der MAK-Wert gibt die maximale Arbeitsplatzkonzentration eines Stoffes an, die nach deutschem Recht am Arbeitsplatz zulässig ist und von der man annimmt, dass ein Arbeitnehmer keinen gesundheitlichen Schaden erleidet, wenn er acht Stunden täglich dieser Gefahrstoffkonzentration ausgesetzt ist.

Für potenziell krebserregende Stoffe werden keine MAK-Werte festgelegt. Vom MAK-Wert zu unterscheiden ist der MIK-Wert, der die maximale Immissions-Konzentration angibt. Der MIK-Wert ist eine Grenzwert-empfehlung für die Luftverunreinigung außerhalb der Emmissionsquelle, die für Menschen bei dauernder Einwirkung unbedenklich sein sollte. Der MIK-Wert beträgt meistens 5 % des MAK-Wertes.

Tab. 1-6 Auswahl an MAK-Werten

Stoff	MAK in mg/m³
Selenwasserstoff	0,05
Quecksilber	0,1
Diboran	0,1
E 605	0,1
Monophosphan	0,14
Ozon	0,2
Uran	0,2
Phosgen	0,4
Brom	0,7
Fluorwasserstoff	0,83
Stickstoffdioxid	0,95
DDT	1
Schwefeldioxid	1,3
Chlor	1,5
Blausäure	2,1
Chlorwasserstoff	3
Schwefelwasserstoff	7,1
Anilin	7,7

Stoff	MAK in mg/m³
Methylamin	13
Ammoniak	14
Pyridin	16
Schwefelkohlenstoff	16
Kohlenmonoxid	35
Halothan	40
Styrol	86
n-Hexan	180
Toluol	190
Nitromethan	250
Methanol	270
Propanol	500
Ethanol	960
Diethylether	1.200
Ethylacetat	1.400
Propan	1.800
n-Pentan	3.000
Kohlendioxid	9.100

Als umweltgefährlich gelten alle giftigen Schadstoffe. Entsprechend der Wirkung auf Menschen gibt es Gefahrensymbole:

Tab. 1-7 Gefahrensymbole

Symbol	Bezeichnung	Kennbuchstabe	LD_{50}-Wert
☠	sehr giftig	T++	unter 25 mg/kg
☠	giftig	T+	25-200 mg/kg
X	gesundheitsschädlich	Xn	200-2.000 mg/kg

Die Gefahrensymbole sind jeweils mit oranger Farbe unterlegt.
Nach GHS (Global harmonisiertes System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien) gibt es vier Kategorien akut toxischer Stoffe.

Tab. 1-8 Einstufung nach GHS

Piktogramm	Bezeichnung	Kategorie	LD_{50}-Wert
	akut toxisch	1	bis 5 mg/kg
	akut toxisch	2	5-50 mg/kg
	akut toxisch	3	50-300 mg/kg
	akut toxisch	4	300-2.000 mg/kg

Seit dem 1. Dezember 2012 müssen Stoffe nach dem GHS-Standard gekennzeichnet werden.

Die internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme ICD gibt eine gute Übersicht über mögliche Vergiftungen beim Menschen.

Tab. 1-9 Klassifikation nach ICD-10

Nr	Bedeutung
T56	Toxische Wirkung von Metallen
T57	Toxische Wirkung von sonstigen anorganischen Substanzen
T58	Toxische Wirkung von Kohlenmonoxid
T59	Toxische Wirkung sonstiger Gase, Dämpfe oder sonstigen Rauches
T60	Toxische Wirkung von Schädlingsbekämpfungsmitteln
T61	Toxische Wirkung schädlicher Substanzen, die mit essbaren Meerestieren aufgenommen wurden
T62	Toxische Wirkung sonstiger schädlicher Substanzen, die mit der Nahrung aufgenommen wurden
T63	Toxische Wirkung durch Kontakt mit giftigen Tieren
T64	Toxische Wirkung von Aflatoxin und sonstigen Mykotoxin in kontaminierten Lebensmitteln
T65	Toxische Wirkung sonstiger und nicht näher bezeichneter Substanzen

1.4 Ein neuer Wert: pLD, die Giftstärke

Neben der relativ groben Klassifizierung von Stoffen mit den Gefahrenbezeichnungen T+ = sehr giftig, T = giftig und Xn = gesundheitsschädlich und den vier Kategorien der akut toxischen Stoffe nach GHS (Global harmonisiertes System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien) gibt es den quantitativen LD_{50}-Wert. Der LD_{50}-Wert ist die letale Dosis pro Kilogramm Körpergewicht, bei der 50 % der untersuchten Organismen sterben.

Um die Gifttigkeit einer Substanz und den Vergleich mit anderen Substanzen zu vereinfachen, bietet sich einer neuer Wert an:

Die Giftstärke.

Entsprechend der offiziellen SI-Einheit wird dabei der LD_{50}-Wert in kg/kg Körpergewicht angegeben und der dekadische Logarithmus des Wertes berechnet. Nach einem Vorzeichenwechsel erhält man einen neuen Wert. Alle nun folgenden Beispiele beziehen sich auf die orale Einnahme von Stoffen. Wie die logarithmische Bearbeitung der H^+-Ionenkonzentration zum pH-Wert führt und das Potential der Säure darstellt, führt der Logarithmus des LD_{50}-Wertes zu der Giftstärke. Es bietet sich für die neu berechnete Giftstärke der Begriff pLD-Wert an.

$$-\log LD_{50} \text{ (in kg/kg Körpergewicht)} = pLD$$

Der denkbar ungiftigste Stoff ist normales Wasser. Der LD_{50}-Wert liegt für Wasser bei 100 g/kg, also 0,1 kg/kg. Der dekadische Logarithmus von 0,1 ist -1. Nach einem Vorzeichenwechsel erhält man 1. Wasser hat also einen pLD-Wert von 1.

$$-\log 0{,}1 = 1 \qquad pLD \text{ Wasser} = 1$$

Das Coffein hat einen LD_{50}-Wert von 192 mg/kg. Das sind 0,000192 kg/kg. Der negative Wert des dekadischen Logarithmus ist 3,716699. Auf eine Stelle hinter dem Komma abgerundet ist der pLD-Wert also 3,7.

-log 0,000 192 = 3,716699 pLD Coffein = 3,7

Das viel giftigere Arsenik hat einen LD_{50}-Wert von 10 mg/kg oder 0,00001 kg/kg. Arsenik ist etwa 10.000 oder 10^4 mal giftiger als Wasser Der pLD-Wert liegt bei 5, also um 4 höher als Wasser.

-log 0,000 01 = 5 pLD Arsenik = 5

Je höher der pLD-Wert liegt, desto größer ist die Giftstärke. Eine Steigerung des pLD-Wertes um 1 bedeutet eine Verzehnfachung der Giftigkeit.

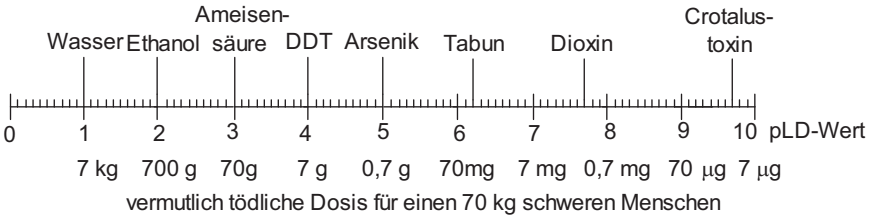

Abb. 1-1 Giftstärke und tödliche Dosen

Der pLD-Wert ist eine Vereinfachung gegenüber dem LD_{50}-Wert, ohne die quantitative Präzision einzubüßen. Jede Verbindung hat einen pLD-Wert genauso wie jeder Stoff, nach Paracelsus abhängig von der Menge, giftig sein kann.
Das Gift des grünen Knollenblätterpilzes Amanitin hat einen LD_{50}-Wert von 0,3 mg/kg und ist daher 640 mal giftiger als das Coffein mit einem LD_{50}-Wert von 192 mg/kg. Der Unterschied dieser beiden LD_{50}-Werte ist grafisch nicht mehr darstellbar. Die pLD-Werte von 6,5 (Amanitin) und 3,7 (Coffein) hingegen sind leicht zu vergleichen.

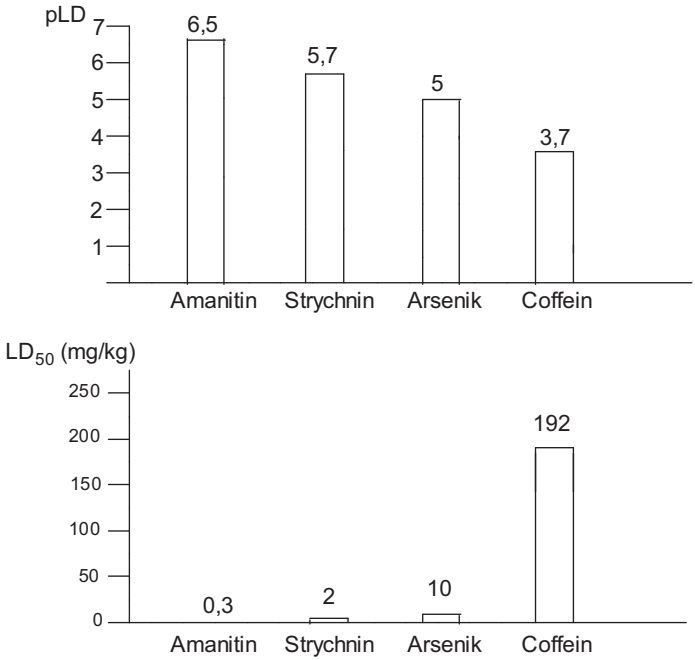

Abb. 1-2 pLD-Werte und LD_{50}-Werte von Amanitin, Strychnin, Arsenik und Coffein im Vergleich

Und gibt es einen völlig ungiftigen Stoff? Der Körper besteht zu 1 kg/kg Körpergewicht aus sich selbst. Würde man ihn als Gift betrachten, müsste er einen pLD-Wert von -log 1 = 0 haben.

Die entsprechende Gift-Skala, die man aus den pLD-Werten gewinnen kann, ist nach oben offen. Der Rekordhalter ist das Botulinumtoxin. Die tödliche Dosis für einen Erwachsenen liegt hier bei 0,000003 mg also 3 Nanogramm oder etwa $4{,}3 \times 10^{-14}$ kg/kg Körpergewicht. Botulinumtoxin ist damit etwa 100 Millionen mal giftiger als Kaliumcyanid.
Auch für neue bisher unbekannte Gifte, die den bisherigen Rekordhalter Botulinumtoxin übertreffen, könnten leicht pLD-Werte ausgerechnet werden.

Tab. 1-10 LD_{50}-Werte und pLD-Werte diverser Stoffe für Ratten bei oraler Aufnahme

Stoff	**Herkunft**	**LD_{50} mg/kg**	**pLD**
Botulinumtoxin	Botulismus	0,00000003 (i.v.)	13,5
Maitotoxin-1	Algen	0,00005	10,3
Diphtherietoxin	Diphtherie	0,0003	9,5
Tetrodotoxin	Kugelfisch	0,01	8
Dioxin	Chemieabfall	0,02	7,7
Rizin	Christuspalme	0,02	7,7
Adrenalin	Hormon	0,1	7
Amanitin	Knollenblätterpilz	0,3	6,5
Tabun	Giftaerosol	0,6	6,2
Phosphor (weiß)	Element	1,4	5,9
Aflatoxin B1	Schimmelpilz	1,7	5,8
Strychnin	Brechnuss	2	5,7
Parathion (E 605)	Pflanzenschutz	2	5,7
Kaliumcyanid	Cyanidlaugerei	5	5,3
Arsenik	Mäusebutter	10	5
Thalliumsulfat	Rattengift	10	5
Nikotin	Tabak	50	4,3
Natriumnitrit	E 250	85	4,1
Kokain	Kokablätter	96	4
DDT	Insektizid	113	4
Phenobarbital	Schlafmittel	162	3,8
Coffein	Kaffee	192	3,7
Chloroform	Lösungsmittel	300	3,5
Codein	Hustenstiller	427	3,4
o-Xylol	Lösungsmittel	440	3,4
Diethylether	Lösungsmittel	1.200	2,9
Natriumnitrat	E 251	1.267	2,9
Paracetamol	Schmerzmittel	1.900	2,7
Kaliumchlorid	Salz	2.600	2,6
Natriumchlorid	Kochsalz	3.000	2,5
Ethanol	Alkohol	10.300	2
Lactose	Milchzucker	21.600	1,7
Saccharose	Zucker	29.700	1,5
Wasser	Leitungswasser	100.000	1

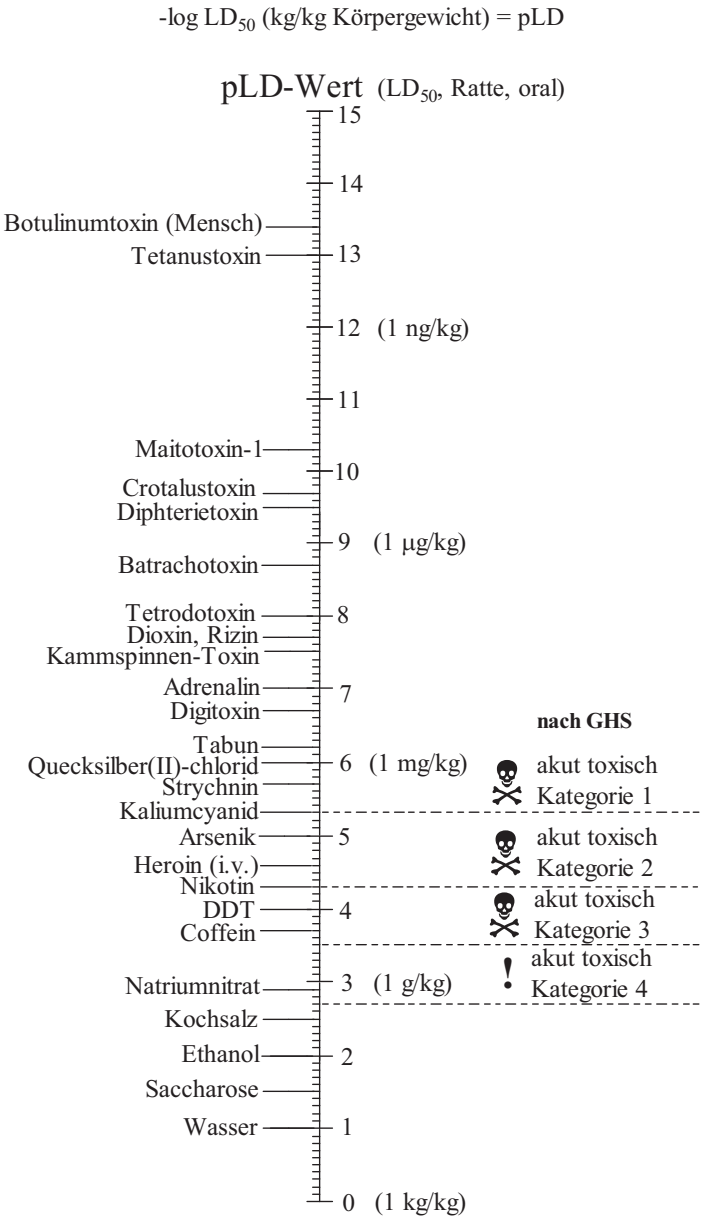

Abb. 1-3 Die Gifteskala

1.5 Behandlungsmöglichkeiten bei Vergiftungen

Es gibt viele verschiedene Gifte, aber prinzipiell nur vier Möglichkeiten zur Soforttherapie bei einer Vergiftung.

1) Aufrechterhaltung der Vitalfunktionen:
- Freihalten der Atemwege, eventuell Beatmung
- Erhaltung der Blutzirkulation
- Sauerstoffzufuhr (bei Vergiftung mit Reizgasen)
- Korrektur des Elektrolytgleichgewichts
- Wärmeschutz

2) Verhütung weiterer Giftaufnahme:
- Kochsalzgabe (zwei Esslöffel auf 200 ml Wasser)
- Apomorphin
- Magenspülung, vor allem bei bewusstseinsgetrübten Patienten
- Abspülen der Haut mit großen Mengen Wasser, Seife oder Polyethylenglykol
- Bei Einwirkung auf das Auge lange mit fließendem Wasser spülen

3) Beschleunigung der Giftausscheidung:
- Hyperventilation
- Forcierte Urinausscheidung durch Aufnahme großer Mengen von Elektrolytlösungen. Dies geht nicht bei Nierenschädigung
- Hämoperfusion: Das Blut des Patienten wird durch adsorbierendes Material wie Aktivkohle geleitet

4) Antidot-Therapie:

Antidote inaktivieren Gifte durch chemische oder physikalische Reaktionen oder die Wirkung an speziellen Rezeptoren und verringern so die Wirkung der Gifte. Beispiele hierfür sind Chelatbildner bei Schwermetallen oder Atropin bei Vergiftung von Organophosphaten.

Welche Elemente potentiell giftig sind und welche im Gegenteil sogar überlebenswichtig sind, kann man an der Elementhäufigkeit im menschlichen Körper gut ablesen.

Tab. 1-11 Lebenswichtige Elemente im menschlichen Körper, Mengen bezogen auf einen etwa 70 kg schweren Erwachsenen [53]

Element	im Körper vorhanden	Gesamtmenge
Sauerstoff	überall und Wasser	43 kg
Kohlenstoff	alles außer Wasser	12 kg
Wasserstoff	Wasser	6,3 kg
Stickstoff	Proteine, DNA	2 kg
Calcium	Knochen, Zähne	1,1 kg
Phosphor	Knochen, DNA, ATP	750 g
Kalium	Elektrolyt	225 g
Schwefel	Aminosäuren	150 g
Chlor	Elektrolyt	100 g
Natrium	Elektrolyt	90 g
Magnesium	Elektrolyt	35 g
Silicium	Bindegewebe	30 g
Eisen	Hämoglobin	4,2 g
Fluor	Zähne	2,6 g
Zink	Enzymbestandteil	2,4 g
Kupfer	Enzym-Cofaktor	90 mg
Iod	Thyroxin	14 mg
Zinn	?	14 mg
Selen	Antioxidanz	14 mg
Mangan	Enzymbestandteil	14 mg
Nickel	Enzymbestandteil	7 mg
Molybdän	Enzym-Cofaktor	7 mg
Vanadium	Fettstoffwechsel	7 mg
Chrom	Glucosetoleranzfaktor	2 mg
Cobalt	Vitamin B12	1,5 mg

Etwa 60 % des Körpers bestehen aus Wasser, 13 % aus Knochen.

1.6 Gift – der Weg zum perfekten Verbrechen?

Zu Zeiten Kaiser Augustus war „Gift schwerer aufzufinden als ein Feind". Für giftkundige Menschen, die skrupellos genug waren, war es ein Leichtes, unliebsame Zeitgenossen, egal ob aus politischen oder finanziellen Gründen, mit Arsenik oder Ähnlichem zu beseitigen. Inzwischen haben die modernen physikalischen Analysemethoden den potenziellen Giftmördern das Leben schwer gemacht. Tatsächlich sind die Giftmorde mit Arsenik, Thallium, Quecksilbersalzen oder selbst das in den 1950er Jahren bei Giftmischern sehr beliebte E 605 sehr selten geworden.

2009 untersuchte M. Lanzerath die Sektionsberichte am Bonner Institut für Rechtsmedizin von 1946 bis 2005 [119]. Bei 10.739 untersuchten Fällen wurden 15 Giftmorde festgestellt, dabei in den ersten 30 Jahren viermal häufiger als in der zweiten Hälfte des Untersuchungszeitraums. Seit 1975 wurden laut Untersuchung nur noch Medikamente für Giftmorde eingesetzt.

Die Kernaussage der Arbeit von Lanzerath ist, dass die größte Gefahr Opfer eines Giftmordes zu werden für ältere, meist pflegebedürftige Menschen besteht. Hier sind die Täter häufig die Pflegenden, meist kundig auf dem Gebiet der Pharmazie und mit optimalem Zugang zum späteren Opfer. Die Dosis und die Wahl der Medikamente wird zur zielgerichteten Mordwaffe. Der Todesfall überrascht in der Regel nicht, eine genauere Untersuchung entfällt meist, die Giftstoffe sind schwer nachzuweisen, das Opfer verschwindet schnell unter der Erde oder im Krematorium und der Täter erfreut sich damit unerkannt seines mörderischen Erfolges.

Gibt es damit also das perfekte Verbrechen?

L. Fanton fragte im Jahr 1998 [57]: „Das perfekte Verbrechen: Mythos oder Realität?" Die eindeutige Antwort lautete: Realität.

In Anbetracht der Tatsache, dass anscheinend der perfekte Giftmord möglich ist, mag die folgende Tabelle mit bekannt gewordenen Giftmördern den geneigten Leser noch mehr beunruhigen. Doch bleibt als Trost, dass diese Liste enttarnte Mörder aufzählt, die sich einer Justiz nicht entziehen konnten.

Tab. 1-12 Enttarnte Mörder

Name	Lebensdaten	Bedeutung
Hippolyte Visart de Bocarme	1818-1851	extrahierte Nikotin aus Tabak, um damit den Bruder seiner Frau zu vergiften
Marquise de Brinvilliers	1630-1676	mindestens 3 Morde, wurde literarisch häufig verarbeitet
George Chapman	1865-1903	mindestens 3 Morde mit Antimon
Gesche Gottfried	1785-1831	mindestens 15 Morde mit Arsenik in Bremen. Ihr Tod war die letzte öffentliche Hinrichtung einer Frau in Bremen
Marie Lafarge	1816-1852	ihr Mord am Ehemann mit Arsen konnte erstmals mit Marsh´scher Probe bewiesen werden
Christa Lehmann	1922-?	mindestens 3 Morde mit E 605, fand viele Nachahmer
Martha Marek	1904-1938	mindestens 4 Morde mit Thallium
Asahara Shoko	1955	verantwortete 1995 den Sarin-Anschlag in Tokyo mit 12 Toten und wartet aktuell auf seine Hinrichtung
Harold Shipman	1946-2004	ermordete als Arzt in England mindestens 218 Patienten
Graham Young	1947-1990	fing bereits als Jugendlicher an, mit Thallium zu vergiften: 3 Tote