

„Alkohol“ Ethanol

Peter Bützer

Inhalt

1. Physikalische Eigenschaften	2
2. Geschichtliches.....	3
3. Physiologische Eigenschaften	4
4. Alkoholismus.....	6
5. Blutalkoholgehalte	7
5. Aufnahme von Ethanol	8
6. Abbau von Ethanol	9
11. Die „Alkoholkurve“	11
8. Neurologische Wirkung von Ethanol.....	12
9. Allgemeine Literatur	13
10. Aufgaben	14
11. Lösungen	15
12. Glossar	18

August, 2002

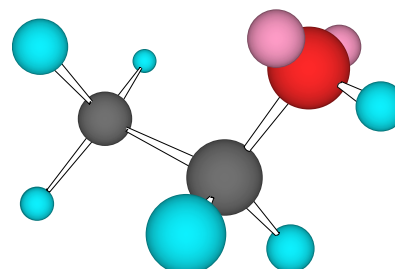
1. Physikalische Eigenschaften

Ethanol oder Ethylalkohol ist der Stoff, den alle Welt kurz "Alkohol" nennt. Man kennt diese Substanz auch unter den Namen: *Äthylalkohol*, *Äthanol*, *Spiritus*, *Brennsprit* oder *Weingeist*, *EtOH*.



Tabelle 1: Daten zu Ethanol

Summenformel	C ₂ H ₆ O, CH ₃ CH ₂ OH
<u>Konformation</u>	<u>gestaffelt</u> * (nicht ekliptisch ^)
Molmasse g/mol	46.08
Schmelzpunkt (Smp.) °C	-114
Siedepunkt (Bp.) °C	78
<u>Flammpunkt</u> : °C	12
<u>Zündpunkt</u> :	425 °C
<u>Explosionsgrenzen</u> (UEG –OEG) Vol. %	3.5 – 15
<u>Zersetzungstemperatur</u> (°C)	ca. 700
<u>Brandklasse</u> (brennbare Flüssigkeit)	<u>B</u>
Brennbarkeit (Flammensymbol)	leichtentzündlich
<u>Heizwert</u> MJ/kg	29.68
Dichte g/cm ³ (20°C)	0.79
<u>Dampfdruck</u> (20°C) mbar	57
<u>Dampfdruck</u> (20°C) mmHg	0.43
<u>Geruchsschwelle</u> ppm	93
<u>Geruchsschwelle</u> mg/m ³	178
<u>MAK</u> ppm	1000
<u>MAK</u> mg/m ³	1900
Kurzzeit MAK-Wert: <i>Faktor</i> für max. 15 Min.	4
<u>LD(50)</u> mg/kg	2500
<u>Dampfdichteverhältnis</u> (Luft=1)	1.6
<u>WGK</u> (schwach wassergefährdend)	<u>1</u>
<u>Kritische Temperatur</u> °C	243.1
<u>Kritischer Druck</u> bar	63.8



Ethanol hat am C-Atom, an welchem der Sauerstoff gebunden ist, einen positiven Pol. Hier greift der Sauerstoff bei der Oxidation an.

Ethanol ist farblos, mischbar mit Wasser in allen Verhältnissen, reagiert exotherm mit Wasser und bindet dabei Wasser. Es ist zum Teil auch lipophil. Bei Mischung mit Wasser kommt es zu einer Volumenkontraktion und Wärmeentwicklung: z. B. geben 52 Vol.-Teile Ethanol und 48 Vol.-Teile Wasser nicht 100, sondern nur 96,3 Vol.-Teile der Mischung; die Kontraktion ist bei annähernd gleichen Volumen der Komponenten am grössten. Den Ethanol-Gehalt wässriger Mischungen kann man nicht einfach berechnen, sondern nur nach der Dichte aus Tabellen entnehmen; es ist deshalb zweckmässiger, mit Gewichts-% zu rechnen (Dichte- und Konzentrations-Tabellen finden sich in der Literatur → Handbook).

Klare, farblose, würzig riechende und brennend schmeckende, leicht entzündliche, hygroskopische Flüssigkeit, die mit schwach blau leuchtender Flamme zu Kohlendioxid und Wasser verbrennt nach:

Totale Oxidation von Ethanol: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$

Ethanol kann auch als Treibstoff für Verbrennungsmotoren verwendet werden, braucht aber für dieselbe Energiemenge etwa 1/3 mehr Masse als Benzin (erneuerbare Rohstoffe).

Alkohol liefert beim Stoffwechsel auch Energie: Eiweisse und Kohlenhydrate liefern etwa 17.3 kJ/g, Ethanol ca. 29 kJ/g (pro Tag benötigen wir bei leichter Arbeit ca. 10 MJ Energie). Trinken macht nicht schlank!

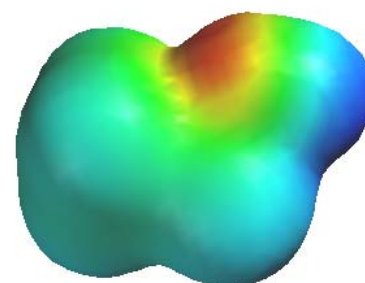


Abbildung 1: Modelle von Ethanol; oben Stick and Ball, unten Elektronendichteverteilung (Rot: hohe Dichte, Blau: kleine Dichte)

Oberhalb der [kritischen Temperatur](#) lässt sich ein Gas auch unter Anwendung stärkster Drücke nicht mehr verflüssigen: kritische Temperatur 243,1°C, [kritischer Druck](#) 63,8 bar ($63,8 \cdot 10^5$ Pa).

Mit Wasser und einer Reihe anderer Lösungsmitteln bildet Ethanol [Azeotrope](#); im Falle des Wassers siedet ein Gemisch aus 95,57 Gew.-% Ethanol und 4,43 Gew.-% Wasser konstant bei 78,2°C.

Chemisch hat das Molekül eine OH- Gruppe, die einer Hälfte des Wassermoleküls entspricht. Diese OH-Gruppe hat zum C-Atom eine relativ lange Bindung, weil die beiden freien Elektronenpaare des Sauerstoffes nahe zum Kern hingezogen werden (viel s-Charakter, damit haben die anderen Bindungen viel p-Charakter).

2. Geschichtliches

Eine systematische Herstellung von einer Art Bier war erst seit dem Neolithikum ([Jungsteinzeit](#)) vor etwa 9'000 Jahren möglich. In dieser Zeit begannen die Menschen, allmählich sesshaft zu werden und ihr Jäger- und Sammlerdasein gegen das von Landwirten einzutauschen. Besonders die Flussdeltas des "Fruchtbaren Halbmondes" von Mesopotamien und Ägypten lieferten reiche Ernten an Getreide wie Weizen und Gerste. Die **Vergärung** ihrer stärkehaltigen Körner war der erste Schritt zur Herstellung von Bier.

Vergären von Stärke:



N: Anzahl Glucosemoleküle pro Stärkemolekül

Historiker und Archäologen streiten noch darüber, ob Sumerer, die Bewohner Mesopotamiens oder Ägypter die ersten Bierproduzenten waren und ob sich die Menschen zuerst darauf verstanden, aus Getreidebrei Brot oder Bier (das "flüssige Brot") herzustellen. Fest steht, dass die Ägypter schon vor dem 3. Jahrtausend vor Christus Gersten- und Weizenbier tranken. Vor wenigen Jahren entdeckten Ägyptologen guterhaltene Reste einer pharaonischen Brauerei, und es gelang ihnen, das altägyptische Bier (*henket*) nachzubrauen.

Auch die Herstellung von Wein setzte eine, zumindest in Grundzügen, entwickelte Landwirtschaft voraus. Neben Getreidefeldern legten die Menschen der Jungsteinzeit auch Obstkulturen an. Dabei züchteten sie besonders süsse und wohlschmeckende Früchte heran. Schliesslich domestizierten sie auch wilden Wein, der dann so viel Zucker enthielt, dass er sich für eine [Vergärung](#) eignete. Den ersten gezielten Weinanbau sehen Fachleute in Armenien vor ca. 8'000 Jahren.

Waren Bier und Wein im europäischen Kulturkreis bis noch vor ca. 100 Jahren mehr oder weniger Alltagsgetränke, so nahmen die asiatischen Hochkulturen schon sehr früh einen anderen Weg. Die Trinkwasseraufbereitung durch einfaches Abkochen führte zur Erfindung vieler nichtalkoholischer Getränke, wie z.B. den Tee. Diese Entwicklung wurde jedoch auch durch zwei [genetische Besonderheiten](#) bedingt. Etwa der Hälfte der Asiaten fehlt ein Enzym für den vollständigen Abbau von Alkohol. Nach Alkoholgenuss häuft sich deshalb das giftige Zwischenprodukt [Acetaldehyd](#) (CH_3-CHO) an, das zu Kopfschmerzen und Übelkeit führt.

In unserem europäischen Kulturkreis wurde bis vor wenigen Jahren durch gezielte Hemmung dieses Enzyms versucht, [Alkoholikern](#) das Trinken abzugewöhnen. Hinzu kommt, dass die meisten Asiaten über eine Form der [Alkoholdehydrogenase](#) verfügen, die bei weitem nicht so leistungsfähig ist wie beispielsweise die eines [Gewohnheitstrinkers](#).

Um 700 nach Christus erfanden arabische Alchimisten die **Destillation**. Dabei machten sie sich zu Nutze, dass Ethanol bei einer tieferen Temperatur (78,3°) siedet als Wasser (100°), deswegen eher verdampft und sich beim Abkühlen zuerst wieder verflüssigt. Aus dem arabischen *kuhl* (Essenz von Stoffen) entwickelte sich das Wort *alcohol* (*vini*) im Sinne von "Essenz des Weines". Nun war es möglich, Getränke mit einem hohen Gehalt an Alkohol herzustellen. Die alkoholische [Gärung](#) stösst nämlich selbst bei einem hohen Zuckergehalt der Ausgangssubstanz an eine Grenze, da die [Hefepilze](#) nur eine Alkoholkonzentration von maximal 16 Volumenprozent tolerieren.

Aber erst im 12. Jahrhundert kam die Destillationskunst über die medizinische Schule von Salerno nach Europa. Hier setzte sich für den hochprozentigen Alkohol bald die Bezeichnungen *aqua vitae* (Wasser des Lebens) und *aqua ardens* (brennendes Wasser) durch. Mit der Ausbreitung der grossen Seuchen des 14.

Jahrhunderts hielten auch Branntwein und andere Spirituosen ihren Siegeszug in Europa. Während der grossen Pestepidemie von 1347 bis 1352 war der Alkohol wegen seiner gemütsaufhellenden und schmerzstillenden Wirkung das einzige Mittel, an das sich die Menschen in ihrer Not klammerten, auch wenn es gegen die Pest selber machtlos war. Nach dem Ende der Seuche war der Konsum hochprozentiger Spirituosen fester Bestandteil der Saufgelage mittelalterlicher Lebensfreude, wobei Mahnungen gegen Trunksucht und die gesundheitlichen Folgen dieser Exzesse unbeachtet blieben.

Als es im 19. Jahrhundert endlich gelang, Mikroorganismen als Verursacher vieler Krankheiten zu identifizieren und das Trinkwasser von ihnen zu reinigen, verzichteten immer mehr Menschen auf Alkohol. Die Alkoholabstinenz wurde zudem durch die Einsicht gefördert, dass Alkohol abhängig bzw. süchtig macht und dies eine Krankheit ist.

Benjamin Rush, Mitunterzeichner der Amerikanischen Unabhängigkeitserklärung war einer der Ersten, der die körperlichen und psychischen Symptome von Alkoholmissbrauch und –abhängigkeit beschrieb. Auf ihn geht die Temperenz- (Mässigungs-) bewegung zurück, die schliesslich in den USA in der Prohibition mündete (1920 – 1932: alle alkoholischen Getränke waren verboten und die beschlagnahmten wurden vernichtet)

Ethanolnachweis

Das älteste Verfahren beruht auf der Reduktion von orange gefärbten Chrom(VI)- zu grün gefärbten Chrom(II)-Salzen.

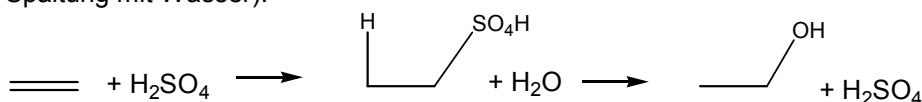


Heute werden vor allem elektrochemische und spektrochemische (Infrarot-Spektroskopie) Methoden zum Nachweis verwendet.

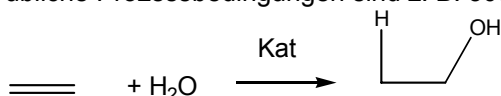
Chemische Synthese

So genanntes Syntheseethanol wird vor allem nach zwei technischen Verfahrensrouten erzeugt, wobei in beiden Fällen Ethen ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$) als eine Ausgangskomponente dient.

1. Man führt eine indirekte Hydratisierung durch. Im ersten Arbeitgang leitet man Ethen oder Ethen enthaltende Gase in Schwefelsäure. Dies geschieht unter bestimmten Reaktionsbedingungen in speziellen Absorptionstürmen. Durch Anlagerung der Säure an das Ethen bildet sich ein Schwefelsäureester, der im anschliessenden zweiten Schritt verseift wird (z. B. hydrolytische Spaltung mit Wasser).



2. Man lagert man mit Hilfe eines sauren Katalysators in der Gasphase Wasser an das Ethen an – übliche Prozessbedingungen sind z. B. 300 °C und 70 bar (700 Kilopascal).



3. Physiologische Eigenschaften

Das Molekül Ethanol ist sehr klein und mit dem lebenswichtigen Wasser sehr verwandt. Das dürfte mit ein Grund sein, weshalb das eigentliche toxische Prinzip des Alkohols erstaunlicherweise noch immer unbekannt ist¹ (Stand: Frühjahr 2002!!). Ethanol wirkt narkotisch, toxisch und ist wegen seiner guten Wasser- und Fettlöslichkeit grosse Gefahr für den gesamten Organismus. Ethanol ist ein Nerven- und Zellgift mit neurotoxischer (Nerven), leber-, pancreaticotoxischer

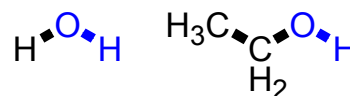


Abbildung 2: Die molekulare Ähnlichkeit von Ethanol und Wasser

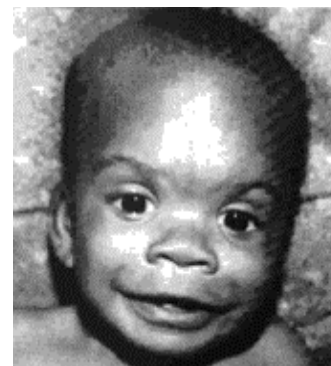
¹ Reichen J., Alkohol und die Leber, Institut für Klinische Pharmakologie, Universität, Bern, <http://www.cx.unibe.ch/ikp/lab2/Pp/INDEX.html> (18.01.02)

(Bauchspeicheldrüse) und cardiotoxischer (Herz) Wirkung. 70%iges Ethanol wird als sehr wirksames **Desinfektionsmittel** für Mikroorganismen verwendet. Es wirkt durch seine Osmose und die Denaturierung der Proteine.

Physiologisch wirkt Ethanol eher als ein Beruhigungsmittel. Wer Ethanol trinkt, empfindet ihn anfänglich aber als stimulierend, da durch ihn Teile des **Cortex** von hemmenden Einflüssen befreit werden. Der Stoffwechsel des Menschen kann Ethanol abbauen, wird aber nur mit sehr kleinen Mengen fertig. Als mässiges Trinken werden nach dem US-Gesundheitsdepartement 12 g Ethanol pro Tag bezeichnet - was mehr ist, ist übermässig. Damit ist aber das Fahrverhalten beim Autofahren schon gestört und ein Embryo bei einer schwangeren Frau je nach Entwicklung schon gefährdet. Weltweite Studien haben ergeben, dass *auf 1000 Geburten 1 Kind mit Alkoholschädigungen* zur Welt kommt – **Ethanol ist eindeutig teratogen**. Das ist häufiger als **Dow-Syndrom** oder **offener Rücken**, die als vorgeburtliche Schädigungen bekannter sind. **Das für die Neugeborenen tragische fötale Alkoholsyndrom könnte ganz aus der Welt geschafft werden, wenn alle schwangeren Frauen dem Alkoholkonsum während dieser Zeit entsagen würden**².

Die Schäden dieser so genannten **Alkoholembryopathie (fötales Alkoholsyndrom)** sind schwer wiegend³:

1. ZNS-Dysfunktion mit verminderter Intelligenz, Mikrocephalie (abnorm kleiner Kopf), geistigen Entwicklungsstörungen sowie Verhaltensstörungen (oft in Form von Hyperaktivität und erschwelter sozialer Integration).
2. Verlangsamtes Körperwachstum
3. Gesichtsveränderungen (kurze Lidspalten, kurze Nase, weit auseinander stehende Augen und kleine Wangenknochen)
4. Andere anatomische Anomalien (beispielsweise angeborene Herzfehler und missgebildete Augen und Ohren)



Ein Risiko durch Alkoholdämpfe der Fruchtschädigung braucht bei Einhaltung des **MAK-Wertes** nicht befürchtet zu werden.

Laut Schätzungen gab es in der Schweiz 1996 rund 140'000 **Alkoholabhängige**, fünfmal mehr als **Drogenabhängige**. Im Zusammenhang mit Alkoholmissbrauch sterben pro Jahr rund 3000 Menschen (illegale Drogen: 300 - 400). Die volkswirtschaftlichen Kosten belaufen sich jedes Jahr auf ca. 2 Milliarden Franken⁴. Ethanol ist in der Schweiz nach wie vor die Droge Nr.2 !! (nach Tabak)

Tabelle 2: Wirkung von Ethanol auf den Menschen (Durchschnittswerte)

Blutpromille	Wirkung
0.3	Erste Gangstörungen
0.5	Euphorie, Beeinflussung der Tiefensehschärfe, geringe motorische Störungen, Blindzielbewegungen gestört
0.6	Reaktionszeit verlängert, leichte Sprachstörungen
1.0	Mässiger Rauschzustand
1.4	Kräftiger Rausch, Grenze der akuten Vergiftung
1.5	Koordinationsstörungen, Gleichgewichtsstörungen, mittelschwere Intoxikation
2 - 3	Starker Rauschzustand, Schwerbesinnlichkeit, Bewusstseinstörungen, grobe Koordinationsstörungen
3 - 3.5	Koma möglich
3.5 - 5	Tödliche Grenzkonzentration

Bei **Gewohnheitstrinker** und **Alkoholikern** verschieben sich die angegebenen Wirkungen zu höheren Blutalkohol-Konzentrationen: Dazu ein Beispiel: Im Jahr 2001 wurde im Städtischen Klinikum in Karlsruhe ein 35-jähriger Mann mit 5.8 Blut-‰₀₀ eingeliefert – und hat überlebt. Am 26. Juni hat die Polizei in Hof

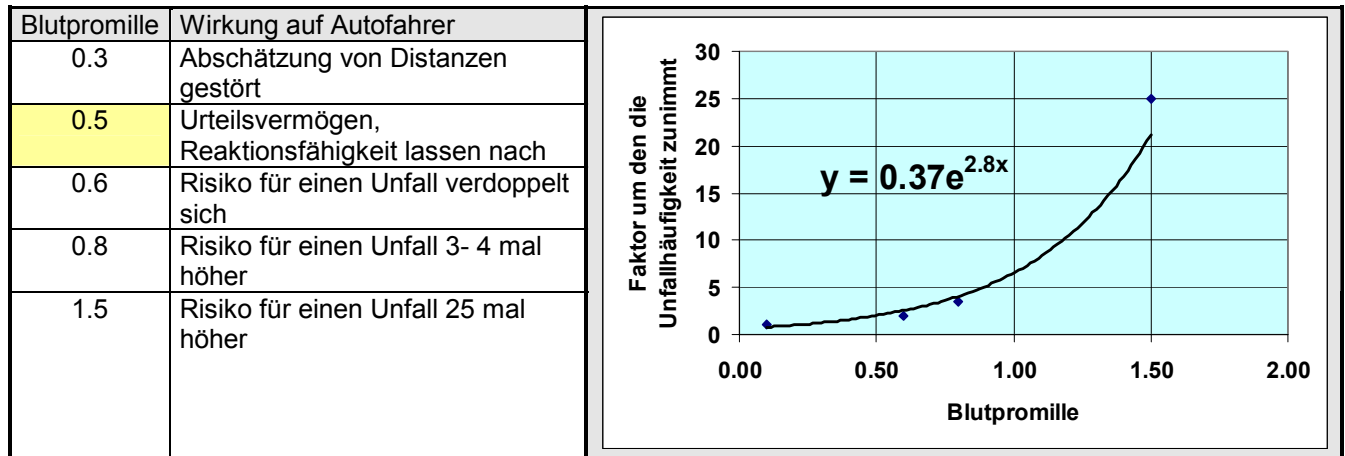
² Zbinden G., Menschen, Tiere und Chemie, M.T.C. Verlag, Zollikon, 1985, 202

³ Julien R.M., Drogen und Psychopharmaka, Spektrum Akademischer Verlag GmbH, Heidelberg/Berlin/Oxford (1997), S 120

⁴ Eidg. Kommission für Alkoholfragen (EKA) 1995

(Deutschland) einen niedersächsischen Lastwagenfahrer aus dem Verkehr genommen, der mit 5.26 ‰ unterwegs war⁵.

Tabelle 3: Wirkung auf das Fahrverhalten und die Unfallhäufigkeit bei Autofahrern, Vergleich zu Nüchternen^{6,7}



4. Alkoholismus

Tabelle 4: Typen von Alkoholismus

Bezeichnung	Kennzeichen	Abhängigkeit
α-Typ (Konflikttrinker)	Kein Kontrollverlust, aber undiszipliniertes Trinken bei Verärgerung, Unlustgefühlen und sozialen Schwierigkeiten	psychische Abhängigkeit, gebunden an den Anlass
β-Typ (Gelegenheits-trinker)	Zeitweiliger exzessiver Alkoholkonsum (z.B. am Wochenende oder bestimmten Anlässen), da Grenzwert gelegentlich überschritten wird, kann es zu Gesundheitsschäden kommen (Leberschädigung)	keine körperliche oder psychische Abhängigkeit, höchstens soziokulturelle
γ-Typ (Süchtiger Trinker)	Kontrollverlust, Perioden der Abstinenz sind jedoch möglich, <u>Toleranz</u> erhöht, Entzugssymptome können auftreten, Folgekrankheiten des Alkoholismus zeigen sich	erhebliche psychische, später auch körperliche (physische) Abhängigkeit
δ-Typ (Gewohnheits- oder Spiegeltrinker)	Unfähigkeit zur Abstinenz, gewohnheitsmässige Aufnahme von grossen Mengen Alkohol über den Tag verteilt, selten Kontrollverlust	physische Abhängigkeit steht im Vordergrund, psychische Abhängigkeit entwickelt sich meist erst nach einigen Jahren (Übergang zum Gamma-Typ möglich)
ε-Typ (Quartalstrinker)	Episodisch massives Trinken durch Verstimmungszustände z.B. bei depressiven Personen gefolgt von Wochen oder Monaten der Abstinenz, Trinken wegen äusserer Anlässe (Wochenende, Feier, etc.) ist hier nicht gemeint	Gefährdung nur in bestimmten Episoden

Der Delta- und Gamma-Typ charakterisiert die Alkoholkrankheit. Die übrigen Typen können als Vorformen aufgefasst werden und sind deshalb nicht zu verharmlosen. Übergänge vom Alpha- zum Gamma-Typ und vom Beta- zum Delta-Typ sind häufig.

⁵ ap, Lastwagenfahrer in Franken mit 5.26 Promille erwischt, Nzz, Donnerstag, 27. Juni 2002, Nr. 146, 56

⁶ Germann U., Gerichtsmedizinisches Institut des Kantonsspitals St. Gallen, Februar, 1993

⁷ Julien R.M., Drogen und Psychopharmaka, Spektrum Akademischer Verlag GmbH, Heidelberg/Berlin/Oxford (1997), S.436

Der erste Schritt auf dem Weg in die [Abhängigkeit](#) ist die **Gewöhnung des Körpers** an die regelmässige Alkoholzufuhr ([Toleranz](#)). Dabei müssen immer grössere Alkoholmengen aufgenommen werden, um die gleiche Rauschwirkung zu erzielen. Durch Induktion des [MEOS](#) kann in kürzerer Zeit mehr Alkohol abgebaut werden, sodass für den Gelegenheitstrinker manchmal sogar ansonsten tödliche Alkoholmengen toleriert werden. Diese metabolische [Toleranz](#) wird noch durch einen anderen Mechanismus ergänzt: Der Versuch des Nervensystems, durch Anpassung an die veränderten Bedingungen seine Funktionsfähigkeit zu erhalten, wird als neuronale [Toleranz](#) bezeichnet. In den komplizierten Verschaltungen der Nervenzellen im Gehirn verstärkt Alkohol die hemmenden Impulse. Auf diese Weise ist seine beruhigende Wirkung zu erklären. Eine langanhaltend hohe Alkoholkonzentration im Gehirn führt jedoch dazu, dass das Nervensystem versucht, die verstärkte Hemmung durch eine Vermehrung der anregenden Impulse auszugleichen, um weiterhin arbeiten zu können. Der Zustand unter Alkoholeinfluss wird dann als Normalzustand akzeptiert.

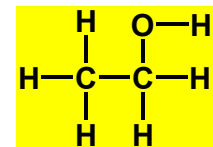
Leider wird die Wirkung von Ethanol als legalisierte Droge in unserer Gesellschaft meist tabuisiert und Diskussionen unterdrückt.

5. Blutalkoholgehalte

Ethanol ist sehr gut wasserlöslich und wird folgedessen im Blut gelöst transportiert (Verteilungskoeffizient Öl/Wasser=0.04). **Unser Blut enthält, unabhängig vom Alkoholgenuss, von Natur aus kleine Mengen Ethanol, nämlich 0.029 bis 0.037 Promille.** Diese Menge steigt durch Nahrungsaufnahme, auch ohne Alkoholzufuhr um 50% an. Wahrscheinlich handelt es sich dabei um ein Produkt der [Darmgärung](#). Sogar frisch gebackenes Brot ist mit 0.2 - 0.4% nicht alkoholfrei; im altbackenen befinden sich nur 0.1%.

Tabelle 5: Ethanolgehalte verschiedener Getränke

Getränk	Ethanolgehalt	Volumen	Ethanolmenge
Fruchtsäfte	- 0.3 %	5 dl:	- 1,5 g
alkoholfreies Bier	- 0.5 %	7 dl:	- 3.5 g
Bier (normal)	- 4.8 %	3 dl:	-14.4 g
Apfelsaft	4 - 5 %	3 dl:	12 -15 g
Leichte Weine	6 - 7.5 %	1.5 dl:	9 -11.3 g
Schwere Weine	7 - 13 %	1.5 dl:	10.5 -19.5 g
Sherry, Portwein	14 - 17 %	1 dl:	14 -17 g
Liköre	30 - 40 %	0.5 dl:	15 -20 g
Kirsch, Cognac, Whisky	33 - 50 %	0.3 dl:	10 -15 g



In den USA Angabe in "proof". 100 proof entspricht 50 Volumenprozent Ethanol, also dem Doppelten.

Ethanol verteilt sich über das Wasser in unserem Körper, besonders rasch über das gesamte Blutvolumen. Abschätzung: Wie viel Promille im Blut:

Abschätzung der Blutalkoholgehalte⁸

$$c_0 = A/(r \cdot p); \text{ Gleichung 1}$$

A: Alkoholmenge [g],

r: Reduktionsfaktor (auch scheinbares Verteilvolumen, entspricht dem Körperwasserraum)

p: Körpergewicht [kg]; $r \cdot p$ = Blutmenge in kg $\rightarrow A/(r \cdot p)$ = Blutpromille (g/kg)

$$\text{Männer: } (\text{Blut-}^0/_{100}) = (\text{g Alkohol}) / (0.68 \times \text{Körpergewicht in kg}) \quad \text{Gleichung 2}$$

$$\text{Frauen: } (\text{Blut-}^0/_{100}) = (\text{g Alkohol}) / (0.55 \times \text{Körpergewicht in kg}) \quad \text{Gleichung 3}$$

Folgerung: Frauen erreichen bei gleichem Alkoholkonsum einen höheren Blutalkoholgehalt als Männer. Die Begründung für diesen Unterschied ist vor allem im unterschiedlichen Blut- und Fettanteil, bezogen auf das Körpergewicht, zu finden. (Ethanol ist wenig [lipophil](#)).

⁸ Formel nach Erik M.P. Widmark, 1932, mit dem Reduktionsfaktor

Genauere Abschätzung (Andreas Alt, Stephan Seidl: 1999): **Gleichung 4**

Männer Reduktionsfaktor: $rM = 0.3161 - 0.004821 \cdot p + 0.004632 \cdot KL$; KL: Körpergrösse [cm]

Frauen Reduktionsfaktor: $rF = 0.3122 - 0.006446 \cdot p + 0.004466 \cdot KL$;

5. Aufnahme von Ethanol

Ethanol als kleines, [hydrophiles](#) und etwas [lipophiles](#) Molekül wird vom Verdauungstrakt sehr leicht aufgenommen. Im Mund/Rachenraum werden nur minimale Mengen aufgenommen, dafür wird aber die Leber umgangen und die Wirkung ist rascher⁹. Die Aufnahmegeschwindigkeit ist von der Konzentration abhängig, je grösser die Konzentration, desto rascher die Aufnahme (Reaktion 1. Ordnung). Nach 15 Minuten ist 50 % des Ethanols resorbiert (ca. 20% vom Magen, 80% vom Dünndarm). Frühestens 4-8 Minuten nach Verlassen des Magens wird Ethanol im Dünndarm resorbiert. Man nennt diese Aufnahmezeit die [Resorption](#)phase. Die maximale Konzentration im Blut ist bei leerem Magen nach ca. 45 Minuten, bei vollem Magen nach etwa 60 Minuten erreicht. Insgesamt werden in einer Stunde ca. 90% resorbiert (entspricht ca. 3 Halbwertszeiten). **Nahrung im Magen verlangsamt (nicht vermindern !!) die Resorption.**

Tabelle 6: Magenfüllung und Resorptionszeit¹⁰

Magenfüllung	Abgeschätzte Resorptionszeit [Min]	HWZ (Resorption) [Min]	k $\ln(2)/HWZ$ Min^{-1}
Leerer Magen	30	9.1	0.076
Kleine Mahlzeit	60	18.2	0.038
Normale Mahlzeit	90	27.3	0.025
Grosse Mahlzeit	120	36.4	0.019

Die Resorptionsgeschwindigkeit ist von der Menge abhängig und ca. 0.4 g/kg pro Stunde. Das über das Blut aufgenommene Ethanol verteilt sich rasch ziemlich gleichmässig im gesamten wässrigen Körpergewebe. Die Ethanolkonzentration im Gehirn hat ca. 10 Minuten nach der Blutkonzentration ein Gleichgewicht erreicht, wobei die maximale Konzentration im Gehirn ca. 20% tiefer liegt, als die Ethanolkonzentration im Blut.

Es existiert ein Enzym in der Magenwand, welches wenig Ethanol abbauen kann, bevor er in die Blutbahn gelangen kann - von diesem Enzym haben Frauen im Durchschnitt ein Viertel von der Konzentration der Männer.

Ethanol beschleunigt die Resorptionsgeschwindigkeit von vielen Medikamenten, weshalb gleichzeitige die Einnahme von Alkohol und Medikamenten zu vermeiden ist (zu hohe Spitzenkonzentrationen).

Speisen im Magen verlangsamen die Resorption durch Verzögerung der Diffusion. Schwache alkoholische Getränke wie Bier und Longdrinks werden *langsamer resorbiert* als hochprozentige.

Weil **süsse alkoholische Getränke** durch die Zuckeraufnahme die Aktivität des Darmes anregen, wird auch **Alkohol rascher aufgenommen**. Derselbe Mechanismus ist auch für **kohlensäurehaltige Getränke** wichtig. Diese **beschleunigen den Resorptionsvorgang**, da im Magen freigesetzte CO_2 -Bläschen [Kohlensäure: H_2CO_3 (schwache Säure) + HCl (starke Säure) $\rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{HCl}$] die Magenwand mechanisch reizen. Ebenso fördert resorbiertes CO_2 die Durchblutung der Schleimhaut. Praktische Untersuchungen von Ridout haben das bestätigt¹¹:

⁹ Aufnahme über die Mundschleimhaut: Dieser rascheren Aufnahme wird auch der Effekt zugesprochen, dass mit einem Röhrchen eingenommener Alkohol rascher wirkt.

¹⁰ Böhm J., Blutalkohol-Analyse, Promille, <http://home.t-online.de/home/boehmj/PROMILLE.html>, 29.2.00

¹¹ Coghlan A., Fizz, bang, wallop, New Scientist, 22./29. December, 2001, 7

Tabelle 7: Wirkung von CO₂ auf den Blutalkoholgehalt

30 g Ethanol als Champagner eingenommen	Blutalkoholgehalt ‰ Nach 5 Minuten	Blutalkoholgehalt ‰ Nach 40 Minuten	Wahrnehmungsgeschwindigkeit peripherer Objekte im Vergleich zu nüchtern . In Millisekunden
Champagner mit CO ₂	0.54	0.7	200
Champagner ohne CO ₂	0.39	0.58	50

6. Abbau von Ethanol

Der Abbau ist praktisch unabhängig von der Ethanolkonzentration bis ca. 0,2 Promille pro Stunde! (konstante Geschwindigkeit = Reaktion 0. Ordnung)

Alkohol wird im Körper nahezu ausschliesslich in der Leber abgebaut. Dabei findet mit Hilfe eines Enzyms (ADH=[Alkoholdehydrogenase](#)) eine Umwandlung in CO₂ und Fettsäuren statt. Man kann also nichts "rausschwitzen". Die Leber funktioniert bei der "Abbau-Arbeit" wie manche Supermarkt-Kasse: Egal wie lang die Schlange ist, es geht immer mit der gleichen Geschwindigkeit voran. Auch mit Kaffee, Tanzen, Schwerarbeit oder sonstigen Rezepten lässt sich der Abbau nicht beeinflussen. Die Leber beginnt mit dem Alkoholabbau bereits wenige Minuten nach dem ersten Schluck, also nicht erst am Ende der Trinkphase.

Die [Oxidation](#) durch die [Alkoholdehydrogenase](#) (ADH) stellt beim Menschen den Haupteliminationsweg für Alkohol (CH₃CH₂OH) dar. Dieser Abbauweg eliminiert ca. 90 % des resorbierten Ethanols. Als Zwischenprodukt entsteht der sehr [toxische Acetaldehyd](#) (CH₃CHO). Ca. 10 % werden über das P 450-abhängige Monooxygenasensystem (oxidierendes Enzymsystem der Leber) zu Essigsäure (CH₃COOH) [oxidiert](#). Ca. 0.5 % werden direkt glukuronidiert (an Glucose gebunden) und lediglich Spuren an Schwefelsäure (CH₃CH₂OSO₃H) gekoppelt und über den Harn eliminiert. Die anfallende Essigsäure wird z. T. in den Intermediärstoffwechsel eingeschleust und über den Tricarbonsäurezyklus (3 C) als Kohlendioxid und Wasser ausgeschieden. **Die Ausscheidung von reinem Alkohol beträgt über die Atemluft 0,5 - 5 %**; über die Nieren 0,2 - 10 %, über die Atemluft wird auch [Acetaldehyd](#) in kleinen Mengen ausgeschieden

Abbau von Ethanol: [Metabolismus](#) 85 - 95 % in der Leber:

1. Mit dem Enzym [Alkoholdehydrogenase](#) (ADH) zu [Acetaldehyd](#) (reaktive, [toxische](#) Substanz)
 2. Weiter[oxidation](#) mit dem Enzym Acetaldehyddehydrogenase (ALDH) zum Acetat
 3. Abbau bis zu Kohlendioxid und Wasser mit [MEOS](#) (Microsomal Ethanol Oxidizing System) mit dem Enzym Cytochrom P450E1
- Die Abbaurrate ist von der Gewöhnung abhängig ([Toleranz](#))
 - Die Abbaurrate in der Leber verläuft bis ca. 0.2 Promille pro Stunde linear und unabhängig von der konsumierten Menge¹².

Tabelle 8: Abbauraten entsprechend der Trinkgewohnheiten¹³

Abweichungen in der Eliminationsgeschwindigkeit können bei gesunden Personen bis zu 30% betragen.

Trinkgewohnheit	Abbaurrate (Witmark) in Promille/h [g l ⁻¹ h ⁻¹]
Nichttrinker (< 200 ml EtOH/Monat)	0.12 ± 0.04 (Frauen 0.1 ± 0.03)
Gesellschaftstrinker (200-900 ml EtOH/Monat)	0.15 ± 0.04 (Frauen 0.13 ± 0.03)
Alkoholiker (>1000 ml EtOH/Monat)	0.30 ± 0.04 (Frauen 0.26 ± 0.03)

0.1 g Alkohol pro Kilogramm Körpergewicht in der Stunde (Reaktion 0. Ordnung) entspricht bei einem 80 kg schweren Mann ungefähr der in einem kleinen Glas Bier (0,2 l) enthaltenen Alkoholmenge.

¹² Reaktion 0.Ordnung, da unabhängig von der Konzentration

¹³ Böhm J., Blutalkohol-Analyse, Promille, <http://home.t-online.de/home/boehmj/PROMILLE.html>, 29.2.00

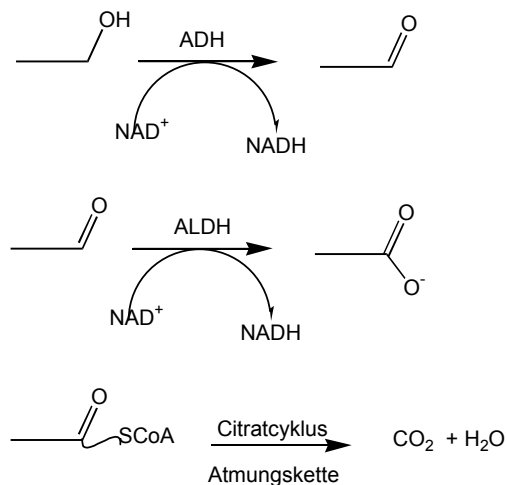
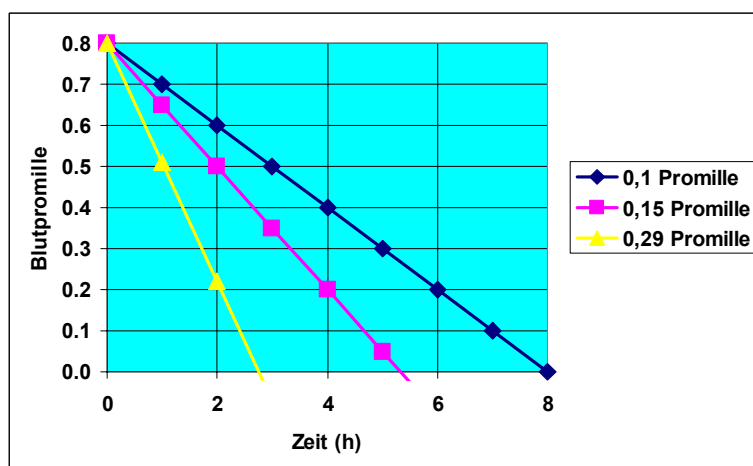


Abbildung 3: Links: Abbaugeschwindigkeiten; Rechts: Enzymatischer Abbau von Ethanol, ADH: Alkoholdehydrogenase, ALDH: Acetaldehyddehydrogenase, Citratcyclus: MEOS (Microsomal Ethanol Oxidizing System) mit dem Enzym Cytochrom P450E1

Der erste Abbauschritt ([Oxidation](#)) führt zu [Acetaldehyd](#). Dieser gilt als Stoff mit begründetem Verdacht auf [krebserzeugendes Potenzial](#), MAK-Wert: 50 [ppm](#). Wassergefährdende Flüssigkeit, WGK 1, [LD50](#) (Ratte oral) 661 mg/kg, Die weiteren [metabolische](#) Schritte laufen über die Essigsäure (CH_3COOH) bis zum Kohlendioxid.

Ein Vergleich der [Toxizität](#) von [Acetaldehyd](#) mit der von Ethanol macht die Unterschiede deutlich:

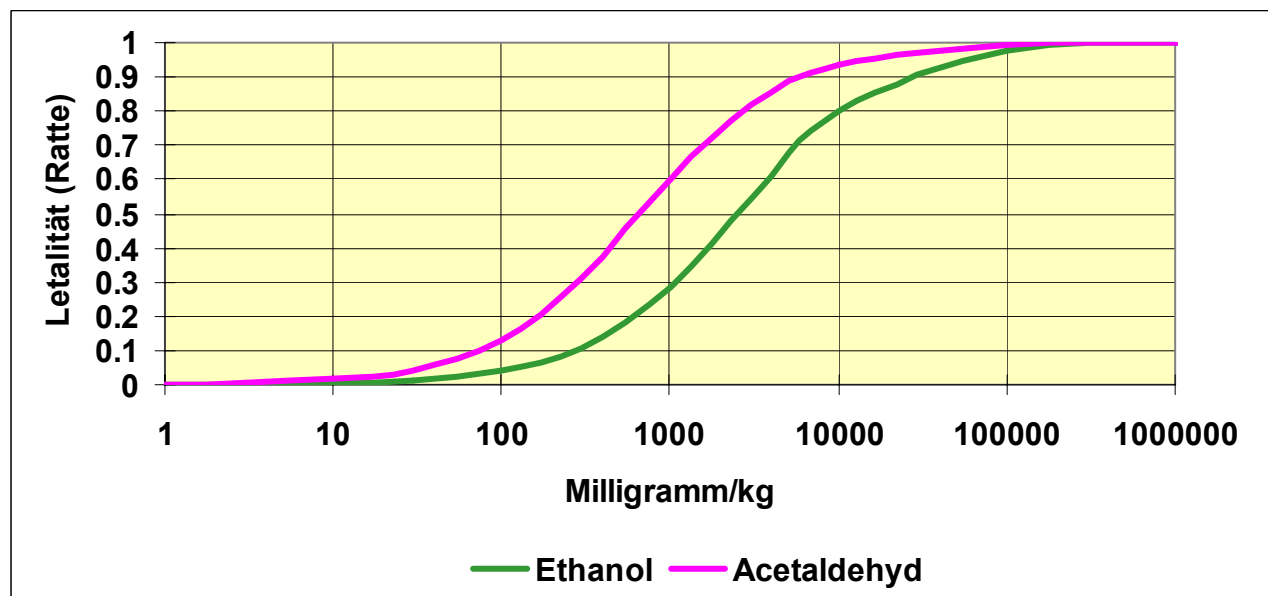


Abbildung 4: Vergleich der [akuten Toxizität](#) (Letalität) von Ethanol und seinem Abbauprodukt Acetaldehyd (die Abszisse ist logarithmisch!)

Tabelle 9: Vergleiche der toxischen Eigenschaften der Abbauprodukte von Ethanol

Ethanol	→	Ethanal	→	Essigsäure
	Oxidation	Acetaldehyd	Oxidation	
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$		$\text{CH}_3\text{-CHO}$		$\text{CH}_3\text{-COOH}$
MAK 1000 ppm		MAK 50 ppm		MAK 10 ppm
F		F+ , Xn		C
LD(50) Ratte oral 2500 mg/kg		LD(50) Ratte oral 661 mg/kg		LD(50) Ratte oral 3310 mg/kg

11. Die „Alkoholkurve“

Der Blutalkoholgehalt wird durch zwei Faktoren ganz entscheidend bestimmt: Die Aufnahme und den Abbau. Dabei ist die Ethanolkonzentration im Gehirn durch die [Blut-Hirn-Schranke](#) erstens zeitlich etwas verzögert und zweitens in der Konzentration geringfügig verringert.

Bei diesem [Metabolismus](#) wird deutlich, dass ein Stoff im Körper selbst, beim Abbau Stufen durch- laufen kann, die noch toxischere (giftigere) Produkte ([Acetaldehyd](#)) enthalten, als das Ausgangsprodukt (hier der Ethanol) – man spricht in der Toxikologie deshalb von [Giftung](#). [Acetaldehyd](#) kann sich mit biogene Aminen wie Serotonin, Dopamin, Adrenalin und Noradrenalin chemisch verbinden. Als Folge davon öffnen sich die Na^+ -Poren an der postsynaptischen Membran nicht, und die Erregung kann nicht weitergeleitet werden. Die neurophysiologische Wirkung von Ethanol äussert sich also in einer [Hemmung der Erregung](#) - Muskelschlaffung, erschwertes Sprechen, Unsicherheit im Gehen und Stehen und schliesslich kann eine Narkose bis zum [Atemstillstand](#) eintreten. Die [Alkoholdehydrogenase](#) ist zu 80% für diese Umwandlung verantwortlich. (Katalasesystem 10%, MEOS [mikrosomales ethanoxidierendes System](#) 10%). [Acetaldehyd](#) ist ein [Synapsengift](#) ! Acetaldehyd wird in der Leber mithilfe des Enzyms [Alkoholdehydrogenase](#) gebildet (ein Enzym, das in geringerem Masse auch in der Netzhaut vorkommt). [Alkoholdehydrogenase](#) dient in unserem Körper dazu, den während der normalen Verdauungs- und Kohlehydratabbauprozesse in kleinen Mengen und beim bakteriellen Stoffwechsel im Dünndarm in grösseren Mengen anfallenden Ethanol zu verarbeiten. [Acetaldehyd](#) gehört unter anderem zu den chemischen Stoffen, die für den "Kater" verantwortlich sind. [Acetaldehyd](#) ist eine stechend riechende, farblose und reaktive Flüssigkeit. Ganz allgemein gilt, dass grössere Menschen auch eine grössere Leber besitzen und deshalb Ethanol rascher abbauen. Andere Wege der Ausscheidung sind: 0.5 - 5 % mit der Atemluft, 0.2 - 10 % über die Niere.

Da die Ethanolkonzentration in der Alveolarluft vom Ethanolgehalt des Blutes abhängig ist, kann die Bestimmung der Ethanolkonzentration in der Ausatemluft für die Abschätzung des Blutalkoholgehaltes benutzt werden (Alkoholkontrollen).

Folgerung:

Der verzögerte Eintritt ins Blut und die noch mehr verzögerte Wirkung im Gehirn macht es unmöglich, den Alkoholkonsum nach dem aktuellen Zustand zu steuern. Die momentanen Empfindungen sind falsch, die Wirkungen folgen erst. Mit den Wirkungen geht aber gleichzeitig die Selbstkontrolle immer mehr verloren.

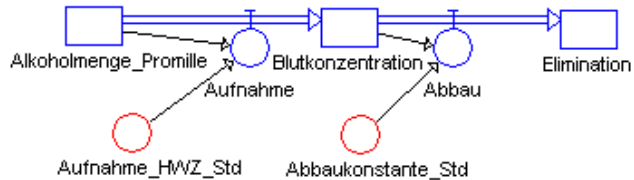


Abbildung 5: Simulationsdiagramm mit Aufnahme und Abbau (Elimination)

Zustandsgleichungen

$\text{Alkoholmenge_Promille_neu} \leftarrow \text{Alkoholmenge_Promille_alt} + dt * (-\text{Aufnahme})$

Startwert Alkoholmenge_Promille = $50 * 0.78 / (0.68 * 70)$

Die Resorption ist von der Alkoholmenge abhängig

*Alkoholpromille als Eingabe: $50 * 0.78 / (0.68 * 70)$*

50: ml Ethanol

0.78: Dichte von Ethanol --> Gramm Ethanol (Siehe: Tabelle 1: Daten zu Ethanol)

0.68: Faktor für Mann (Frau: 0.55) (Siehe: , Faktor nach Witmark, S.7)

70: Körpergewicht (die Blutmenge in Dezilitern ist eigentlich Faktor x Körpergewicht)

$\text{Blutkonzentration_neu} \leftarrow \text{Blutkonzentration_alt} + dt * (\text{Aufnahme} - \text{Abbau})$

Startwert Blutkonzentration = 0

Man geht davon Aus, dass bei Beginn der Ethanolaufnahme die Blutkonz. = 0 ist (ist aber nie ganz 0!!)

$\text{Elimination_neu} \leftarrow \text{Elimination_alt} + dt * (\text{Abbau})$

Startwert Elimination = 0

Zustandsänderungen

$\text{Aufnahme} = \text{Alkoholmenge_Promille} * (\ln(2) / \text{Aufnahme_HWZ_Std})$

Aufnahme: Abhängig von der Ethanolmenge, daher Ordnung (Siehe: Aufnahme von Ethanol)

$\text{Abbau} =$

*wenn (Blutkonzentration <= 0.2; Blutkonzentration * Abbaukonstante_Std; Blutkonzentration - Abbaukonstante_Std)*

Unterhalb 0.2 Promille ist der Abbau konzentrationsabhängig (1. Ordnung), oberhalb bestimmt die konstante Eliminationsrate die Geschwindigkeit (0. Ordnung) (Siehe: Abbau von Ethanol)

Konstanten

$\text{Aufnahme_HWZ_Std} = 1/3$

Aufnahme_HWZ_Std: 90% Aufnahme entspr. ca. 3 HWZ (Berechnung mit der e-Funktion)

Kleine Mahlzeit: 90% Aufnahme in 60 Minuten (S. Tabelle 6: Magenfüllung und Resorptionszeit)

$\text{Abbaukonstante_Std} = 0.15$

Ist abhängig von Person zu Person (0.12 – 0.3) (Siehe S.7)

Zwischenwerte

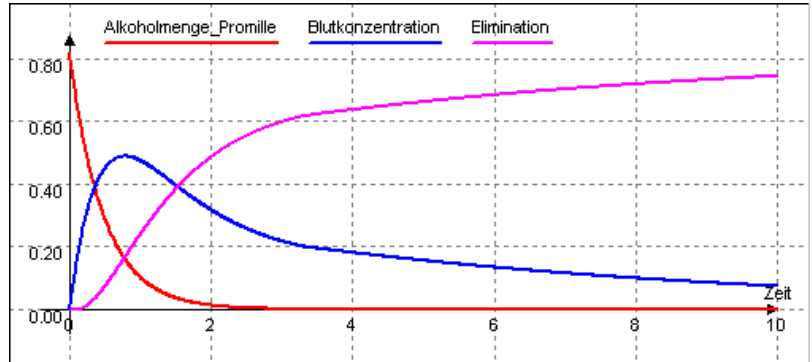
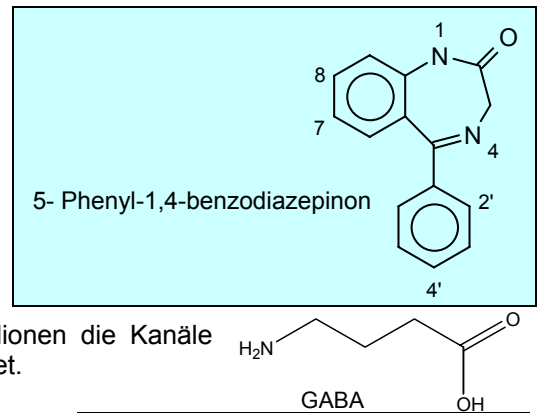


Abbildung 6: Zeitdiagramm von Ethanol im Menschen

8. Neurologische Wirkung von Ethanol

Wer Alkohol trinkt, empfindet ihn als stimulierend. Dies wird dadurch erreicht, dass Teile des äussersten, höchstentwickelten und entwicklungsgeschichtlich jüngsten Teiles des Gehirns (**Cortex**) **deblockiert** werden. Die höheren Nervenzentren, die normalerweise hemmend auf die niederen Zentren wirken, werden gelähmt, was **erregend und enthemmend** wirkt. Der **Neurotransmitter** γ -Aminobuttersäure (GABA) hemmt die Aktivität gewisser Nervenzellen (Wirkung an der **Synapse**). Dabei wird die Zellmembranstruktur so verzerrt, dass Chloridionen die Kanäle besser passieren können, was weitere Nervenimpulse unterbindet.



Das Ethanolmolekül bindet an dasselbe Molekül, wie die GABA, aber an anderer Stelle. Diese Bindung verändert das Rezeptorprotein so, dass GABA besser gebunden werden kann. Da einige Medikamente (Tranquilizer, Beruhigungsmittel, Schlafmittel,...), die auf der Basis von Benzodiazepinen aufgebaut sind (Valium, Librium, Mogadon...) an demselben Protein binden, kommt es zu einer sich steigernden Wechselwirkung zwischen Ethanol und diesen Medikamenten (**Synergismus**).

Schematische Darstellung der Wirkung von Ethanol an den GABA-Rezeptoren:

Die weissen Blöcke stellen Proteinmoleküle, Rezeptoren, dar, die die Kanäle umgeben, welche den Chloridionenfluss in die Zelle steuern können. Jeder Rezeptor besitzt Bindungsstellen für Ethanol- und GABA-Moleküle. Bei einer Bindung wird die Grösse des Chloridionen-Kanals verändert.

Weiter konnte nachgewiesen werden, dass die Zufuhr von Ethanol zu einem Anstieg der **Endorphine**, den körpereigenen Opiaten führt – **die Schmerzempfindlichkeit sinkt**.

Zu den weiteren physiologischen Wirkungen von Ethanol gehört die Störung der Ausschüttung antidiuretischer (anti-wasserausscheidender) Hormone. Dies bewirkt eine **verstärkte Wasserabgabe**, Blasenentleerung und daher das Gefühl der Austrocknung, aber auch eine wirkliche Dehydratisierung. **Ethanol erweitert die Blutgefässe**. Der Blutfluss durch die Kapillaren nimmt auch unter der Haut zu, was zu einem Wärmegefühl und einer Rosafärbung der Haut führt. Die Atmung ist in allen Rauschzuständen gesteigert, ebenso die Diurese (diese Letztere ist sehr abhängig von der Art des Getränks).

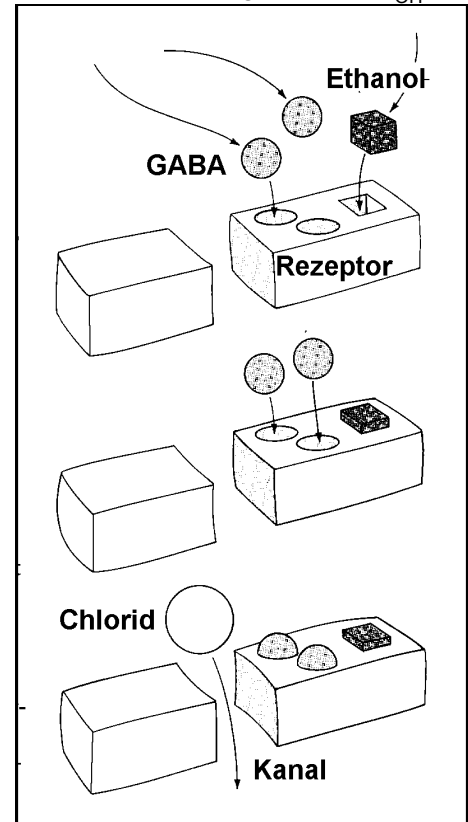


Abbildung 7: Rezeptor von Ethanol im Gehirn

Wer rasch aufsteht kennt das **Schwindelgefühl**, das auftreten kann. Dieses hängt mit dem Blutdruck zusammen. Das Schwindelgefühl dauert so lange, bis der Körper den Druck wieder ausgeglichen hat. Man hat nun Hinweise darauf, dass Ethanol den Teil im Gehirn beeinflusst, welcher für diese Regelung verantwortlich ist – daher der schwankende Gang der Betrunkenen.

Die **Muskelleistung** scheint im leichten bis mittleren Rausch vermehrt. Messungen der körperlichen Leistungsfähigkeit haben aber gezeigt, dass dies durch gestörte Bewegungskoordination (lauter Auftritt, Türeenschlagen..) nur vorgetäuscht ist. In Wirklichkeit mindern selbst geringste Alkoholdosen die messbare Muskelleistung deutlich.

9. Allgemeine Literatur

- Ahlheim H.H., Medikamente/Gifte/Drogen, Bibliograf. Institut AG Mannheim, Meyers Lexikonverlag, 1972
- Ariens E.J., Mutschler E., Simonis A.M., Allgemeine Toxikologie, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1978
- Atkins P.W., Moleküle, Die chemischen Bausteine der Natur, Verlag Spektrum der Wissenschaft, Heidelberg, 1987, S.54ff
- Engel F.M., Giftpflanzen Pflanzengifte, Silva-Verlag Zürich, 1984
- Ethanol, http://www.gefahrstoff-info.de/igs40public/servlet/de.kisters.igs.igs40.servlets.igs40Servlet?DATEISERVLET=1&USER_ID=0UID0&SOCKET=2099&DATEI=haupt.htm&SPRACHE=de&DATENBESTAND=GDL%2016 (18.01.2002)
- Forth W., Henschler D., Rummel W., Starke K., Pharmakologie und Toxikologie, Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim, 1992
- Fritzsche A.F., Wie sicher leben wir ?, Verlag TÜV Rheinland Köln, 1986
- Julien R.M., Drogen und Psychopharmaka, Spektrum Akademischer Verlag GmbH, Heidelberg/Berlin/Oxford, 1997
- Kiechler N., Helveticus Das Wissen- und Mutbuch über Wundermittel und Gifte, Verlag AARE Solothurn, 1986
- Lang K., Wasser, Mineralstoffe, Spurenelemente, Dr.Dietrich Steinkopff Verlag Darmstadt, 1974
- Lindner E., Toxikologie der Nahrungsmittel, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1979
- Lohs K., Martinez D., Gift, Verlag D.W. Callwey München, 1986
- Martinez D., Immobilisation, Entgiftung und Zerstörung von Chemikalien, Verlag Harri Deutsch Thun, 1981
- Mayr Ch., Giftfibel, Verlagsgesellschaft Athesia GmbH Bozen, 1984
- Meyers F.H., Jawetz E., Goldfien A., Lehrbuch der Pharmakologie, Springer-Verlag Berlin, 1975
- Moeschlin S., Klinik und Therapie der Vergiftungen, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1980
- Stephan U., Elstner P., Müller K.R., Fachlexikon ABC Toxikologie, Verlag Harri Deutsch Thun, 1985
- Velvart J., Toxikologie der Haushaltprodukte, Verlag Hans Huber Bern, 1981
- Wagner G., Darf's noch ein Gläsche sein?, NiU-Chemie, 11, Nr.60, 2000, 41, Gute Angaben und Blutalkoholrechner: <http://userpage.fu-berlin.de/~schmidtg/> (18.01.2002)
- Zbinden G., Menschen, Tiere und Chemie, M.T.C. Verlag Zollikon, 1985

10. Aufgaben

- Schreiben Sie alle physikalischen und chemischen Eigenschaften von Ethanol auf, die Sie aus den Angaben noch ableiten können.
- Was bedeutet der Flammpunkt von Ethanol für die sichere Aufbewahrung?
- Ist Ethanoldampf in den Konzentrationen schon toxisch, die Sie mit der Nase wahrnehmen können? Können Sie mit der Nase Ethanol- Luft- Gemische feststellen, bevor sie explosiv sind?
- Ist Ethanol ein guter Energieträger?
- Wie viel Energie wird dem Körper zugeführt, wenn 3 dl Wein getrunken werden?
- Wie interpretieren Sie das Dampfdichteverhältnis von Ethanol für den Umgang mit dieser Substanz?
- Weshalb wird beim Trinken von hochprozentigen alkoholischen Getränken im Mund und in der Speiseröhre Wärme empfunden?
- Wie kann man sich das fötale Alkoholsyndrom erklären?
- Schreiben Sie die Reaktionsgleichung für die Gärung von Glucose zu Ethanol auf. Was gewinnt die Hefe bei diesem biotechnologischen Prozess?
- Schreiben Sie die Reaktionsgleichung für die Verbrennung von Alkohol auf. Schätzen Sie ΔH , ΔS und ΔG ab.
- Wie lange dauert die Fahruntüchtigkeit (0.5 ‰ bei der „Blutalkoholkurve“ in Abbildung 6: Zeitdiagramm von Ethanol im Menschen?
- Sie nehmen rasch 3 dl Wein mit 12.5% Alkoholgehalt ein. Interpretieren Sie mit Hilfe der Zeitverlaufskurve und den Tabellen die Wirkungen.
- Entgiftet unser Körper beim Abbau von Ethanol? Welche Folgerung können Sie aus dieser Tatsache ziehen? Kennen Sie einen Effekt, den Sie mit dieser Aussage deuten können?
- Warum ist die gleichzeitige Einnahme von Medikamenten und Ethanol immer sehr gefährlich? Geben Sie die Begründung an einem konkreten Beispiel.
- Die physiologische Wirkung des Ethanol auf den Menschen ist sehr gross und nicht sehr spezifisch. Wie können Sie das erklären?
- An einer Autobahnraststätte wird als besondere Dienstleistung die Messung des Alkoholgehalts in der Atemluft angeboten. Was meinen Sie dazu?
- Vier Stunden nach der Einnahme von Alkohol wurden bei Ihnen 0.5 Promille im Blut gefunden. Wie gross war die Blutkonzentration vor 2 Stunden?
- Wie lautet die Reaktionsgleichung für den Abbau von Ethanol im Körper?

Tab. 4: Einige Thermodynamische Daten zum Ethanolabbau: (Dichte von Ethanol: 0.785 g/cm^3)

Substanz	Molmasse g	Schmelzpkt. °C	Siedepkt. °C	ΔH_f° kJ/mol	S° J/mol.K
Methanol	32.0	-97.7	64.5	-201	240
Ethanol	46.1	-114.1	78.3	-235	283
Methanal	30.0	-117	-19.2	-116	219
Ethanal	44.1	-123	20.1	-166	264
Ameisensäure	46.0	8.4	100.6	-379	249
Essigsäure	60.1	16.7	117.9	-435	283
Kohlendioxid	44.0	-57	-78	-393	214
Wasser (l)	18.0	0	100	-285	70
Sauerstoff	32.0	-219	-183	0	205

- Weshalb können Spiritusbrenner sehr gefährlich sein?
- Weshalb eignet sich Ethanol als Desinfektionsmittel?
- Bei der Gärung der Hefe, also auch beim Brotbacken entsteht Ethanol. Schreiben Sie die Reaktionsgleichung auf. Wie viel Glucose wird dabei verbraucht? Warum enthält Brot trotzdem nicht viel Ethanol?
- Was könnte in einem Weinkeller gefährlich sein?

11. Lösungen

1. Schreiben Sie alle chemischen, physiologischen und physikalischen Eigenschaften von Ethanol auf, die Sie aus den Angaben noch ableiten können.

Tabelle 10: Chemische, physiologische und physikalische Eigenschaften von Ethanol

Angabe	Interpretation
Eigenschaften	<i>kann mit der Nase und der Zunge erkannt werden.</i>
Hygroskopisch	<i>Wasseranziehend, z.B. als Desinfektionsmittel entzieht es den Bakterien das Wasser.</i>
Leicht entzündlich (siehe Symbol)	<i>gefährliche Substanz → Vorsicht im Umgang mit Brennspritus.</i>
Schwach leuchtende Flamme	<i>nicht gut erkennbar (Spiritusflamme).</i>
Zündtemperatur	<i>tief.</i>
Dampfdrucke	<i>verdunstet bei erhöhter Temperatur sehr rasch (kochen).</i>
Mischbarkeit	<i>ist ein sehr universelles Lösungsmittel (polar und unpolar).</i>
Volumenkontraktion	<i>lagert sich beim Mischen zwischen die Wassermoleküle ein.</i>
Azeotrope	<i>beim Destillieren kann kein reiner Alkohol gewonnen werden, er reisst immer Wasser mit.</i>
Alkohol	<i>dieser Name ist nicht korrekt, da es chemisch viele verschiedene Alkohole gibt (organische Stoffe mit OH-Gruppen). Ethanol ist der typischste Vertreter, daher der Name.</i>
Summenformel	C_2H_6O , CH_3CH_2OH
Konformation	<i>Der „Hund“ läuft nicht auf den Hinterbeinen, sondern auf dem „Schwanz“.</i>
Molmasse g/mol	46.08 <i>kleines Molekül.</i>
Schmelzpunkt (Smp.) °C	-114 <i>sehr tief, wird in keinem Kühlschrank fest.</i>
Siedepunkt (Bp.) °C	78 <i>tiefer als Wasser.</i>
Flammpunkt: °C	12 <i>im Kühlschrank meist nicht überschritten, bei Raumtemperatur jedoch schon.</i>
Zündpunkt:	425 °C <i>tief. Wird im deutschsprachigen Raum auch Selbstentzündungstemperatur genannt.</i>
Explosionsgrenzen (UEG – OEG) Vol. %	3.5 – 15 <i>sehr grosser Bereich: gefährlich.</i>
Heizwert MJ/kg	29.68 <i>in der Grössenordnung von Holz. Nährwert von Kohlenhydraten und Eiweiss beträgt jeweils 17 kJ pro g, der von Fett 39 kJ je Gramm. (Ethanol macht auch dick!!).</i>
Dichte g/cm ³ (20°C)	0.79 <i>leichter als Wasser.</i>
Dampfdruck (20°C) mbar	57 <i>bei 20°C ist die Konzentration von Ethanoldampf in Luft ca 57/1000 = 5,7%, also über der unteren Explosionsgrenze</i>
Dampfdruck (20°C) mmHg	0.43
Geruchsschwelle ppm	93 <i>Ethanoldämpfe können mit der Nase im Allgemeinen wahrgenommen werden, lange bevor der MAK-Wert erreicht ist.</i>
Geruchsschwelle mg/m ³	178
MAK ppm	1000 (1900 mg/m ³) <i>Maximale Arbeitsplatzkonzentration 1000 ml Ethanoldampf auf 1 m³ Luft.</i>
LD(50) mg/kg	2500 <i>kein besonders starkes Gift.</i>

Dampfdichteverhältnis (Luft=1)	1.6 <i>Ethanol dämpfe sind schwerer als Luft und „kriechen“ daher dem Boden entlang.</i>
WGK	0 <i>Wassergefährdungsklasse 0, nicht wassergefährdend.</i>
Kritische Temperatur °C	243.1 <i>oberhalb dieser Temperatur lässt sich Ethanol mit einem noch so hohen Druck nicht mehr verflüssigen.</i>
Kritischer Druck bar	63.8 <i>Der Druck, den Ethanol bei der kritischen Temperatur zeigt.</i>

- Was bedeutet der Flammpunkt von Ethanol für die sichere Aufbewahrung? *[Ist sehr tief und damit praktisch immer entzündbar]*
- Ist Ethanol dampf in den Konzentrationen schon [toxisch](#), die Sie mit der Nase wahrnehmen können? Können Sie mit der Nase Ethanol- Luft- Gemische feststellen, bevor sie explosiv sind? *[ja, Geruchsschwelle: 93 ppm, untere Explosionsgrenze: 35'000 ppm]*
- Ist Ethanol ein guter Energieträger? *[Ethanol 29.68 MJ/kg, Benzin 48 MJ/kg, Grund: Ethanol ist schon teiloxydiert. Im Körper liefert Ethanol 29/17.3=1.7 mal mehr Energie als Kohlenhydrate]*
- Wie viel Energie wird dem Körper zugeführt, wenn 3 dl Wein getrunken werden? *[Leichter Wein ca. 20 g Ethanol, Heizwert 20 x 29.68 kJ = 593.6 kJ, täglicher Verbrauch bei leichter Arbeit 10'000 kJ, also ca 1/20, Oberhalb der kritischen Temperatur lässt sich ein Gas auch unter Anwendung stärkster Drücke nicht mehr verflüssigen: kritische Temp. 243,1°C, kritischer Druck 63,8 bar (63,8 · 10⁵ Pa).]*
- Wie interpretieren Sie das Dampfdichteverhältnis von Ethanol für den Umgang mit dieser Substanz? *[Das Gas-Luftgemisch ist schwerer als Luft, kriecht dem Boden nach, geht in Vertiefungen]*
- Weshalb wird beim Trinken von hochprozentigen alkoholischen Getränken im Mund und in der Speiseröhre Wärme empfunden? *[Ethanol bindet Wasser aus den Schleimhäuten und setzt nebst der osmotischen Reizung erst noch Wärme frei]*
- Wie kann man sich das fötale Alkoholsyndrom erklären? *[Der Embryo nimmt den Alkohol über das Blut der Mutter auf. Ethanol ist ein Zellgift, das vor allem auf sich entwickelnde Zellen (Organogenese) einen verheerenden Einfluss hat.]*
- Schreiben Sie die Reaktionsgleichung für die [Gärung](#) von Glucose zu Ethanol auf. Was gewinnt die Hefe bei diesem biotechnologischen Prozess? *[C₆H₁₂O₆ → 2 C₂H₅OH + 2CO₂ + Energie]*
- Schreiben Sie die Reaktionsgleichung für die Verbrennung von Alkohol auf. Schätzen Sie ΔH, ΔS und ΔG bei RT (20°C) ab. *[C₂H₅OH + 3 O₂ → 2 CO₂ + 3 H₂O; ΔH° = 2 x -393 + 3 x -285 -(-235) = -1406 kJ (es wird Wärme frei); ΔS° = 2 x 214 + 3 x 70 -283 = 355 J (die Unordnung nimmt zu); ΔG = ΔH - T x ΔS = -1406 - 273 x 0.355 = 1510 kJ (die Reaktion kann Arbeit leisten)]*
- Wie lange dauert die Fahruntüchtigkeit bei der „Blutalkoholkurve“ in Abbildung 6: Zeitdiagramm von Ethanol im Menschen? *[Bei 0.5 Blutalkoholpromille: Ca. 2 Stunden]*
- Sie nehmen rasch 3 dl Wein mit 12.5% Alkoholgehalt ein. Interpretieren Sie mithilfe der Zeitverlaufskurve und den Tabellen die Wirkungen. *[Blutpromille, Aufnahmezeit, max. Konzentration im Blut nach ca. 1 Std., max Wirkung nach ca.2 Std. im Gehirn, Abbau (0.085 Promille/h Frau, 0.1 Promille/h Mann; ca. 20 g Ethanol, umrechnen mit der Formel: Frau mit 60 kg c₀ = 20/(0.55 x 60) = 0.61 Promille; Risiko für einen Unfall verdoppelt sich]*
- Entgiftet unser Körper beim Abbau von Ethanol? Welche Folgerung können Sie aus dieser Tatsache ziehen? Kennen Sie einen Effekt, den Sie mit dieser Aussage deuten können? *[Erst Giftung durch Bildung des [Acetaldehyd](#), erst dann Abbau zu ungiftiger Substanzen wie Essigsäure und CO₂]*
- Warum ist die gleichzeitige Einnahme von Medikamenten und Ethanol immer sehr gefährlich? Geben Sie die Begründung an einem konkreten Beispiel. *[Benzodiazepine (Valium, Librium etc) am gleichen Rezeptor von GABA]*
- Die physiologische Wirkung des Ethanol auf den Menschen ist sehr gross und nicht sehr spezifisch. Wie können Sie das erklären? *[Ethanol ist als Molekül sehr klein, [lipophil](#) und [hydrophil](#) und daher wenig spezifisch]*
- An einer Autobahnraststätte wird als besondere Dienstleistung die Messung des Alkoholgehalts in der Atemluft angeboten. Was meinen Sie dazu? *[Rasch nach der Alkoholeinnahme ist der Wert in der Atemluft nur mit den notwendigen Angaben umzurechnen]*
- Vier Stunden nach der Einnahme von Alkohol wurden bei Ihnen 0.5 Promille im Blut gefunden. Wie gross war die Blutkonzentration vor 2 Stunden? *[Grob: Männer 0.1 Promille pro Stunde abgebaut, Frauen 0.085 Promille, also Männer: 0.7, Frauen 0.67 Promille. Genauere Abschätzungen mit 0.1 resp. 0.085 g/kg Körpergewicht und Stunde. Bei [Alkoholikern](#) ist die erhöhte Abbaurate zu berücksichtigen]*

18. Wie lautet die Reaktionsgleichung für den Abbau von Ethanol im Körper? $[CH_3CH_2OH \rightarrow Ox. + O_2 \rightarrow CH_3CHO \rightarrow Ox. + O_2 \rightarrow CH_3COOH \rightarrow Ox. + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O]$

Tabelle 11: Einige Thermodynamische Daten zum Ethanolabbau: (Dichte von Ethanol: 0,785 g/cm³)

Substanz	Molmasse g	Schmelzpkt. °C	Siedepkt. °C	ΔH_f° kJ/mol	S° J/mol.K
Methanol	32.0	-97.7	64.5	-201	240
Ethanol	46.1	-114.1	78.3	-235	283
Methanal	30.0	-117	-19.2	-116	219
Ethanal	44.1	-123	20.1	-166	264
Ameisensäure	46.0	8.4	100.6	-379	249
Essigsäure	60.1	16.7	117.9	-435	283
Kohlendioxid	44.0	-57	-78	-393	214
Wasser (l)	18.0	0	100	-285	70
Sauerstoff	32.0	-219	-183	0	205

19. Weshalb können Spiritusbrenner sehr gefährlich sein? *[Leicht zündfähige Gemische, hoher Dampfdruck]*
20. Weshalb eignet sich Ethanol als Desinfektionsmittel? *[Ethanol erzeugt einen sehr hohen osmotischen Druck und bindet Wasser sehr gut (hygroskopisch, bildet Azeotrope, setzt bei der Mischung mit Wasser Wärme frei. Mikroorganismen wie Bakterien oder Pilze werden entwässert)].*
21. Bei der Gärung der Hefe, also auch beim Brotbacken entsteht Ethanol. Schreiben Sie die Reaktionsgleichung auf. Wie viel Glucose wird dabei verbraucht? Warum enthält Brot trotzdem nicht viel Ethanol? *$[C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 CO_2 + 2 CH_3-CH_2-OH]$, Um 1 Liter Gas zu erzeugen, welches den Brotteig zum Treiben bringt werden nur gerade ca. 1/25 Mol gasförmige Substanzen benötigt, angenommen der Ethanol ist gasförmig, dann werden von jedem $C_6H_{12}O_6$ 4 gasförmige Moleküle erzeugt, also braucht es 1/100 Mol Glucose = 1.8 g. Ethanol verdampft beim Backen].*
22. Was könnte in einem Weinkeller gefährlich sein? *[Natürlich der Wein einmal selbst. Dann: Das Kohlendioxid, das bei der Gärung entsteht, denn es ist farb- und geruchlos. Das Ethanol könnte mit der Nase wahrgenommen bei ca. 93 ppm werden, also lange bevor der MAK-Wert von 1000 ppm oder die untere Explosionsgrenze von 3,5% oder 35'000 ppm erreicht ist. Wer sich aber lange im Keller aufhält, riecht das Ethanol nicht mehr → Adaption].*

Einige biochemische Angaben

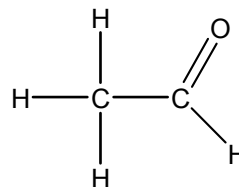
Bei der Oxidierung von Alkohol durch ADH wird NADH im Exzess produziert, sodass der NADH/NAD Quotient erhöht ist. Um das Gleichgewicht und damit den normalen Quotienten wiederherzustellen, wird NADH in verschiedene wichtige Stoffwechselschritte eingeschleust. Dies hat folgende Konsequenzen:

1. Erhöhte Fettsäure- und Glycerophosphatsynthese. Dies führt - zusammen mit einer Hemmung der Proteinsynthese und einer Hemmung der Exozytose - zu erhöhter Triglyceridspeicherung in der Leber und damit zur Fettleber.
2. Der Pyruvat/Lactat Quotient wird zu Gunsten von Lactat verschoben, was zu einer relativen Lactatazidose führt. Erhöhter Umsatz von ATP hat erhöhte Harnsäureproduktion zur Folge. Daneben führt Lactatüberschuss zu erniedrigter renaler Uratausscheidung und trägt dadurch zur Hyperurikämie bei. Das erniedrigte Pyruvat reduziert die Gluconeogenese und kann dadurch Hypoglycämie verursachen.
3. Hohe Acetaldehydspiegel schädigen die Mitochondrien und vermindern die Effizienz des Krebszyklus.
4. Die verminderte Effizienz der Mitochondrien durch die Abnahme des Redoxpotentials kann über unvollständigen Fettsäureabbau und Erhöhung des β -Hydroxybutyrats zur alkoholischen Ketoazidose führen.
5. Der Export sekretorischer Proteine, unter anderem Albumin und α_1 -Antitrypsin wird gehemmt.
6. Der Abbau durch das MEOS führt zur Bildung von Sauerstoffradikalen und damit zur weiteren Zellschädigung.

12. Glossar

Abhängigkeit ist ein Überbegriff, der sich in → Gewohnheitsbildung und → [Sucht](#) unterteilen lässt. Der Übergang zwischen den beiden ist fließend.

Acetaldehyd: (Ethanal). $\text{H}_3\text{C}-\text{CHO}$, $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$, Molmasse 44,05 g/mol. Leichtbewegliche, brennbare farblose Flüssigkeit von charakteristisch stechendem, fruchtigem Geruch, Dichte 0,78, Schmp. -124°C , Sdp. 21°C , Flammpunkt -38°C ; Explosionsgrenzen in Luft 4,5–60,5 Vol.-%. Acetaldehyd-Dämpfe haben (bei langer Einwirkung) betäubende Wirkung und reizen die Augen stark, die Atemwege, ebenso die Lungen sowie die Haut; [Lungenödeme](#) sind möglich. Der Kontakt mit der Flüssigkeit führt zu Verätzung der Augen und zu Reizung der Haut. Acetaldehyd gilt als Stoff mit begründetem Verdacht auf krebserzeugendes Potential. Acetaldehyd ist wesentlich giftiger als Ethanol.



Adaptation: Anpassung. Die physische oder psychische, aktive oder passive, vorübergehende oder dauernde Anpassung eines Organismus/Organs an veränderte Bedingungen oder Reize (z.B. Stress); auch die Anpassung im Sinne der »Gewöhnung« → siehe auch [Toleranz](#).

Akute Toxizität: [Toxizität](#) einer Einzeldosis. Die schädliche Wirkung tritt bereits nach einmaliger Verabreichung der toxischen Substanz auf. Beobachtungszeitraum max. 2 Wochen, normal 5 Tage, Angabe z.B. [LD\(50\)](#).

Azeotrop: ist eine Bezeichnung für Mischungen von zwei oder mehreren verschiedenen Flüssigkeiten, deren Dampf dieselbe Zusammensetzung wie die flüssige Phase hat. Es wird somit nie reines Ethanol oder reines Wasser aus einem Ethanol-Wasser-Gemisch destilliert werden können.

Blut-Hirn-Schranke: Die Zellen und Flüssigkeits-(Liquor)räume des Zentralnervensystems werden vom Blutraum durch eine "Barriere" getrennt. Diese Schranke wird durch eine besondere Beschaffenheit und Funktionsweise der Kapillaren gebildet. Diese besitzen nur wenige oder gar keine Poren, welche den Durchtritt wasserlöslicher Stoffe erlauben. Stark ionisierte und polare Stoffe (Säuren, quaternäre Ammoniumverbindungen) können somit keine oder nur geringe Wirkung am Zentralnervensystem entfalten und sind, falls es sich um Gifte handelt, vergleichsweise wenig toxisch.

Brandklassen: kennzeichnet eine Gruppe brennbarer Stoffe, mit gleichartigen Branderscheinungen, der bestimmte Feuerlöschmittel als geeignet zugeordnet werden. Entsprechend der europäischen Norm unterscheidet man:

Klasse A : Brände fester Stoffe, hauptsächlich organ. Natur, die normalerweise unter Glutbildung verbrennen (Holz, Kohle, Papier, Stroh, Faserstoffe, Textilien).	
Klasse B : Brände von flüssigen oder flüssig werdenden Stoffen (Benzin, Benzol, Heizöl, Ether, Alkohol, Stearin, Harze, Teer).	
Klasse C : Brände von Gasen (Acetylen, Wasserstoff, Methan, Propan, Stadtgas, Erdgas).	
Klasse D : Brände von Metallen (Aluminium, Magnesium, Natrium, Kalium).	

Cortex: Cortex cerebri, die Hirnrinde der Wirbeltiere. Man unterscheidet Grosshirn- und Kleinhirnrinde. Durch die Lokalisation von motorischen Eigenschaften, wie zielgerichteten Bewegungen, und abstrakten Fähigkeiten, beispielsweise das Sprachvermögen, kommt der Grosshirnrinde besondere Bedeutung zu. Die Oberfläche des Cortex ist bei vielen Säugetieren und insbesondere beim Menschen durch Hirnwindungen vergrößert.

Dampfdichteverhältnis: In einer etwas ungenauen Verwendung des Begriffes versteht man in der Technik unter Gasdichte oft das Dichteverhältnis d_v eines trockenen Gases (Messgas) zur Dichte trockener Luft im Normzustand (1,2928 g/L); Beispiel: Wasserstoff (0,0695), Stickstoff (0,9667), Sauerstoff (1,1051), Kohlendioxid (1,5289), Chlor (2,4861). Gase mit $d_v > 1$ sind also schwerer als Luft.

Dampfdruck: ist eine Bezeichnung für denjenigen Druck, den - in einem abgeschlossenen Behälter - ein mit seinem Bodenkörper (flüssige oder feste Phase) im Gleichgewicht befindlicher Dampf auf die ihn umschliessenden Wände ausübt; er ist allein von der Temp. abhängig und steigt mit dieser an.

Verkleinert oder vergrößert man den Raum, der dem Dampf zur Verfügung steht, so bleibt (solange noch Bodenkörper vorhanden ist) der Druck bei einer bestimmten Temperatur unverändert, denn beim Verkleinern des Raumes wird ein Teil des Dampfes einer Flüssigkeit wieder in diese umgewandelt, beim Vergrößern verdampfen dagegen weitere Flüssigkeitsmengen.

Desinfektionsmittel: Desinfektion ist die Inaktivierung oder Abtötung von Krankheitserregern (Protozoen, Bakterien, Pilze, Viren) in der Umgebung des Menschen. Sie kann mit chemischen Mitteln oder (mit hier nicht erörterten) physikalischen Verfahren erfolgen. **Sterilisation** ist die Abtötung aller Keime, ob pathogen, ruhend oder apathogen. **Antisepsis** ist eine *Verminderung* der Keimzahl.

Endorphine: Von endogen und Morphin abgeleitete Sammelbezeichnung für schmerzlindernd wirksame Peptide, die in der Hirnsubstanz und Hypophyse produziert werden.

Explosionsgrenzen: (Zündgrenzen) die untere und obere Grenzkonzentration eines brennbaren Gases oder Dampfes in Mischung mit Luft (oder einem anderen, Sauerstoff enthaltenden Gas), zwischen denen das Gas-(Dampf-)Luft-Gemisch durch Erhitzen (Zündtemperatur) oder Funken zur Explosion gebracht werden kann.

Flammpunkt: (Abk.: FP.) ist die niedrigste Temperatur, korrigiert auf einen Barometerstand von 101,3 kPa (760 Torr), bei der unter Anwendung einer Zündflamme unter den vorgeschriebenen Versuchsbedingungen die Entflammung der Dämpfe der Probe erfolgt. Der Flammpunkt unterscheidet sich vom *Brennpunkt*, der höher liegt und bei dem die Dämpfe nach der Entflammung von selbst weiterbrennen und von der *Zündtemperatur*, bei der die Entzündung ohne Fremdzündung (Selbstentzündung) eintritt.

Gefahrensymbole:

	F		F+		Xn		C
F: leichtentzündlich		F+: hochentzündlich		Xn: gesundheitsgefährdend		C: ätzend	

Geruchsschwelle (hier Wahrnehmungsschwelle): Bei der Geruchswahrnehmung unterscheidet man die Wahrnehmungsschwelle, bei der eben wahrgenommen wird, dass etwas riecht, von der *Erkennungsschwelle* eines Duftstoffes. Die *Wahrnehmungsschwelle* von z. B. Buttersäure liegt bei einer Konzentration von $2,4 \times 10^{-9}$ Mol./mL Luft. Dauerreizung durch einen bestimmten Geruchsstoff führt zu einer Abnahme der Empfindung ([Adaptation](#)), so dass die Geruchsempfindung bei sehr langer Reizdauer vollständig verschwinden kann, allerdings ohne die Empfindlichkeit für andere Stoffe zu beeinflussen.

Gewohnheitsbildung ist die psychische, nicht zwanghafte Neigung eine Droge einzunehmen, und beinhaltet normalerweise keine Tendenz zur fortschreitenden Dosissteigerung (→ [Toleranz](#)). Körperliche Entzugssymptome finden sich meist nicht.

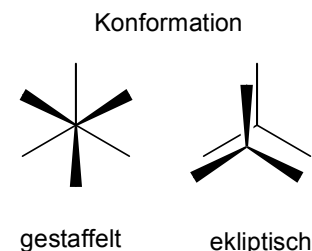
Heizwert: (Symbol Hu). Ist in der Technik neben oder an Stelle des Brennwertes verwendetes Mass für die bei der Verbrennung eines Brennstoffs gebildete Wärmemenge, die von der Art und dem Zustand des Brennstoffs sowie seiner Verbrennungsprodukte abhängt.

Hydrophil: Wasserliebend, mit Wasser mischbar, mit Fetten und Ölen nicht oder sehr schlecht mischbar. Diese Stoffe sind polar.

Hygroskopisch: Wasseranziehend, z.B. als Desinfektionsmittel entzieht es den Mikroorganismen das Wasser (wirksam bei Bakterien, Pilzen, z.T. Viren und bedingt bei Sporen).

Jungsteinzeit: Der früheste Beginn der Jungsteinzeit ist für Kleinasien und Mesopotamien um 9000 v. Chr. belegt. Siedlungen wuchsen zu beachtlicher Grösse und wurden mit Mauern und Türmen befestigt. Rohstoffe und Waren wurden gehandelt. Bekanntes Beispiel dafür ist Çatal Hüyük in der Türkei – hier wurde bereits Blei verarbeitet. In Europa begann die Jungsteinzeit im 6. Jahrtausend im Bereich der Balkanhalbinsel. Von hier breitete sie sich nach und nach aus. Die Werkzeuge waren weiter verfeinert worden, Keramik wurde reich verziert. Die Verarbeitung von Metall bildete den Übergang in die Bronzezeit.

Konformation: (Konstellation). Ein von Haworth 1929 erstmals benutzter Begriff aus der Stereochemie. Hierunter versteht man die *genaue räumliche Anordnung* von Atomen oder Atomgruppen eines Moleküls definierter Konstitution und Konfiguration. Verschiedene Konformationen werden durch Rotation um Einfachbindungen erzeugt und lassen sich nicht zur Deckung bringen; theoretisch existieren bei einem Molekül gegebener Konfiguration unendlich viele Konformationen. Entsprechen diese einem Energieminimum, so redet man von *Konformationsisomeren* oder



Konformer – das ist die stabilste Anordnung. Als Beispiel liegt Ethanol normalerweise in *gestaffelter Konformation* vor.

Kritische Temperatur: (Kurzzeichen: T_k) ist die Temperatur, unterhalb der reale Gase verflüssigt werden können.

Kritischer Druck: Bei Zimmertemperatur bildet sich zwischen Dampf und Flüssigkeit ein dynamisches Gleichgewicht aus, wobei ebenso viele Dampfmoleküle in die Flüssigkeit zurückwandern wie umgekehrt Flüssigkeitsmoleküle in den Dampfraum übertreten. Die Flüssigkeit steht also unter ihrem eigenen Dampfdruck. Erwärmt man nun die Flüssigkeit, so wandern mehr Flüssigkeitsmoleküle in den Dampfraum, die Dichte des Dampfes nimmt zu, während die Dichte der Flüssigkeit gleichzeitig sinkt. Schliesslich wird bei weiterem Erhitzen ein Punkt erreicht, an dem die Dichte des Dampfes ebenso gross ist wie die der Flüssigkeit, so dass zwischen Dampf und Flüssigkeit kein Unterschied mehr besteht und der Flüssigkeits-Oberfläche verschwindet. Die Temperatur an diesem Punkt nennt man die **kritische Temperatur** (T_k), den dazugehörigen Druck den **kritischen Druck** (p_k), die hierbei gemessene Dichte die **kritische Dichte** (d_k).

Koma: Zustand tiefer Bewusstlosigkeit, in dem die betroffene Person auf äussere Reize nicht mehr reagiert. Im tiefen Koma kommt die spontane Atmung zum Erliegen, so dass der Patient künstlich beatmet werden muss. Das Koma ist ein lebensbedrohlicher Zustand, es kann mehrere Tage oder in seltenen Fällen auch über Jahre andauern, wobei es meist nach dem ersten Monat bei einem dauerhaften Zustand bleibt.

LD(50): Die im Tierversuch einmalig verabreichte Dosis, die bei der Hälfte der Tiere den Tod innert 5 Tagen verursacht. Die LD(50) ist abhängig von der Art der Verabreichung der Testsubstanz und der Tierart. z.B. LD(50) oral (Aufnahme via Mund), z.B. Ratte; LD(50) intravenös (Injektion in Vene), z.B. Hund; LD(50) intraperitoneal (Injektion in Bauchhöhle; LD(50) dermal (Aufnahme via Haut).

Lipophil: Fettlöslich und damit auch nicht oder schlecht wasserlöslich. Diese Stoffe sind unpolar.

Lungenödem: akute oder chronische Durchtränkung der Lunge mit einem Luftbläschen-durchsetzten, zunächst zellfreien, wässrigen, später Zellen enthaltenden gallertartigen Flüssigkeit in den Räumen zwischen den Lungenbläschen (Alveolarräumen).

MAK: maximale Arbeitsplatzkonzentration. Der *Maximale Arbeitskonzentrationswert* (MAK-Wert) ist diejenige Durchschnittskonzentration eines gas-, dampf- oder staubförmigen Arbeitsstoffes in der Luft, die nach derzeitiger Kenntnis in der Regel bei Einwirkung während der Arbeitszeit von 8 Stunden täglich und bis 42 Stunden pro Woche auch über längere Perioden bei der ganz stark überwiegenden Zahl der gesunden, am Arbeitsplatz Beschäftigten die Gesundheit nicht gefährdet. Besonders empfindliche oder in ihrer Gesundheit beeinträchtigte Personen können auch durch tiefere Konzentrationen gefährdet werden. $\text{MAK ppm} = \text{MAK ml/m}^3 = 24.06 \times \text{MAK mg/m}^3 / \text{Molmasse}$ $\text{MAK mg/m}^3 = \text{MAK ppm} \times \text{Molmasse} / 24.06$. 24.06 l = Molvolumen bei 20°C (293 K) und 760 Torr (1013.25 mbar, 101'325 Pa). Dem MAK-Wert im geschlossenen Raum steht der MAK-Wert im Freien gegenüber.

Metabolismus: Stoffwechsel

Down-Syndrom, früher auch *Mongolismus* genannt (diese Bezeichnung gilt heute als diskriminierend und unzutreffend): angeborene Fehlbildung, die von mässiger bis schwerer geistiger Behinderung begleitet ist; Ursache ist eine Chromosomenanomalie.

Narkotika: Bezeichnung für alle Chemikalien, die die Funktionen lebender Zellen vorübergehend (also reversibel) hemmen, das heisst die betäubend, dämpfend (Sedativa), gefühlslähmend (Anästhetika) oder einschläfernd und/oder schlafverstärkend (Hypnotika) wirken.

Neurotransmitter: sind Übertragersubstanzen (Botenstoffe), die auf chemischem Wege an den → Synapsen oder den motorischen Endplatten Nervenimpulse übertragen.

OEG: Obere Explosionsgrenze: Maximaler Volumenanteil des brennbaren Gases in % in Luft, welcher im Gemisch explosiv ist. Grössere Volumenanteile sind nicht explosiv.

Offener Rücken: Spina Bifida. In den ersten Wochen der Schwangerschaft entsteht aus einer Zellschicht die Anlage für Rückenmark und Wirbelsäule, das sogenannte Neuralrohr. Wenn sich das Rohr in der 4. Schwangerschaftswoche nicht auf der ganzen Länge schliesst, wird die Entwicklung des Fötus schwer gestört. Das Kind kommt mit offenem Rücken zur Welt, alle Organe unterhalb der Missbildung sind gelähmt oder nur teilweise funktionstüchtig. In den meisten Fällen kommt auch noch eine Erweiterung der Hirnkammern dazu, ein Wasserkopf. Jeder Tausendste Fötus ist betroffen. Spina Bifida lässt sich im Ultraschall erkennen.

Oxidation: Elektronenabgabe, z.B. an Sauerstoff

ppm: parts per million, ein Millionstel, z.B. 1 ppm entspr. 1 ml Gas auf 1 m³ Luft.

Resorption: (von lateinisch: resorbere = aufsaugen) Aufnahme von Nahrungsmitteln, Arzneimitteln und ähnlichen Stoffen in die Blut- und Lymphbahnen.

- Rezeptoren:** zelluläre Strukturen, die als Bindungs- bzw. Reaktionsstellen für körpereigene → [Neurotransmitter](#) oder körperfremde Stoffe funktionieren und biologische Wirkungen in Gang setzen.
- Sucht** ist eine psychische und/oder physische Fixierung eines Menschen an eine Droge. Zwanghaftes Angewiesensein auf die Befriedigung ungeachtet des Verlusts an Selbstwert- und Umweltbezug. Typische Merkmale: übermächtiger Wunsch nach Beschaffung des Suchtmittels, Tendenz zur Dosissteigerung (→ [Toleranz](#)), Auftreten eines Entzugssymptoms.
- Synapse:** Kontaktstelle zwischen Nervenzellen bzw. Nervenzellen und dem Plasmalemma anderer Zellen (Sinnes-, Epithel-, Muskelzellen). Die Nervenreizleitung findet an diesen Stellen stets nur in einer Richtung statt. Die → [Neurotransmitter](#) übertragen die Nervenimpulse bei den Synapsen.
- Synergismus:** Prinzip, bei dem eine Struktur oder eine Substanz eine andere in ihrer Wirkung unterstützt oder verstärkt. Die Gesamtwirkung übertrifft dabei die Summe der Einzelwirkungen.
- Teratogenität** - Die [toxische](#) Wirkung besteht in der Erzeugung von Missbildungen bei einem Embryo durch die Behandlung der Mutter mit der toxischen Substanz während der Schwangerschaft.
- Toleranz:** Wirkungsabfall einer wiederholt eingenommenen Substanz durch Anpassung des Organismus.
- Toxisch:** giftig
- UEG:** Untere Explosionsgrenze: Minimaler Volumenanteil des brennbaren Gases in % in Luft, welcher im Gemisch explosiv ist. Kleinere Volumenanteile sind nicht explosiv.
- Verseifung:** die der Veresterung entgegengesetzte Reaktion, eine hydrolytische Spaltung von Estern mit Hilfe von Laugen, wobei Alkohole und Salze der Carbonsäuren (Seifen) entstehen.
- Wassergefährdungsklassen:**(WGK).
Einstufung von Stoffen gemäss ihres wassergefährdenden Potentials:
- WGK 0:** Im allg. nicht wassergefährdend, z. B. Aceton, NaCl
 - WGK 1:** Schwach wassergefährdend, z. B. Ethanol, Methanol, Petrolether, Essigsäure, Schwefelsäure, Schmieröle (Grundöle)
 - WGK 2:** Wassergefährdend, z. B. Ammoniak, Chlor, Dieselöl, Oleum, Phenol
 - WGK 3:** Stark wassergefährdend, z. B. Benzol, Altöle, Hydrazin, Blausäure, Mercaptane, Chromschwefelsäure.
- Zersetzungstemperatur:** Temperatur, bei welcher sich der Stoff zersetzt, also chemisch in Teile zerfällt oder sich chemisch umwandelt.
- Zündtemperatur:** (Zündpunkt) ist die übliche Bezeichnung für diejenige Temperatur, bei der Stoffe an heißen Körpern Selbstentzündung zeigen (Entzündungstemperatur). Die Zündtemperatur ist demnach die niedrigste Temperatur, die brennbare Gase, Dämpfe, Stäube oder feinzerteilte feste Stoffe im sogenannten „zündwilligsten“ Gemisch mit Luft besitzen müssen, um die Verbrennung einzuleiten.