

Kapitel 06: Alkanole & Alkohole

Freies Lehrbuch der organischen Chemie von H. Hoffmeister und C. Ziegler
(unter GNU Free Documentation License, Version 1.2 (GPL)).

Die jeweils aktuellste Fassung finden Sie unter: <https://hoffmeister.it/index.php/chemiebuch-organik>

Inhalt

Kapitel 06: Alkanole & Alkohole.....	1
Inhalt.....	2
Alkohol.....	3
a) Allgemeine Informationen.....	3
Wirkung:.....	3
Alkohol enthaltende Getränke (mit Angabe des Alkoholgehaltes in Volumenprozent):.....	3
b) Chemische Hintergründe, Aufnahme und Abbau.....	4
Abbau des Ethanols im menschlichen Körper.....	4
c) Alkoholkonsum - Wie reagiert ein Mensch auf steigenden Alkoholgehalt?.....	5
Nebenwirkungen.....	5
Ethanolherstellung.....	6
a) Herstellung durch alkoholische Gärung.....	6
b) Herstellung durch elektrophile Addition von Wasser an Ethen.....	6
Der π -Komplex:.....	6
Aufgabe zur Propanolbildung.....	7
Homologe Reihe und Nomenklatur der Alkanole.....	8
Klassifizierungen der Alkanole.....	9
a) Primäre, sekundäre, tertiäre Alkohole:.....	9
b) Mehrwertige Alkohole:.....	9
Eigenschaften primärer Alkanole.....	9
Typische primäre Alkohole.....	10
Eigenschaften sekundärer Alkanole.....	10
Eigenschaften zwei- und mehrwertiger Alkohole.....	11
Aggregatzustände im Vergleich.....	12
Lösungsverhalten - zwei konkurrierende Einflüsse:.....	13
Löslichkeit von Alkanolen in Wasser.....	13
Eigenschaften aromatischer Alkohole.....	14
Eigenschaften der Alkenole und Alkinole.....	15
Die funktionelle Gruppe der Alkohole -OH.....	16
Oxidation eines primären Alkanols:.....	16
Zusatzinformationen:.....	16
Versuch: Oxidation und Reduktion eines Kupferblechs.....	17
1. Oxidation von Kupfer in der Flamme:.....	17
2. Reduktion von CuO zu Kupfer durch Ethanol.....	17
Oxidierbarkeit von Alkoholen im Vergleich (Unterschied primäre und sekundäre Alkohole).....	18
Dem Alkohol verwandt: Die Ether.....	19
Säurekatalysierte Kondensation von zwei Alkoholen zu Ether.....	19
Übungen & Wiederholungsaufgaben zu den Alkanolen (Alkoholen).....	20

Alkohol

a) Allgemeine Informationen

- Neben Nikotin ist Alkohol die häufigste Droge in Deutschland. (Volksdroge Nummer 1)
- Er ist fast immer präsent: beim Essen, Fernsehen, Arbeiten, Reisen, Unterhalten, Sport.
- Das Wort „Alkohol“ kommt aus dem Arabischen „Ar-kul“ = das Feinste
- Seit 3000 Jahren bekannt.
- Umgangssprachlich wird unter Alkohol vor allem der Alkohol Ethanol (früher Äthanol oder noch früher Ethylalkohol, auch Weingeist) verstanden. Es gibt natürlich zu jedem Alkan entsprechende Alkohole und mehrfach Alkohole! Zur Unterscheidung werden sie deshalb auch **Alkanole** genannt.
- In Deutschland starben im Jahr 2005 ca. 17.000 Menschen durch Alkohol-Missbrauch. 2005 starben alleine in Russland 36000 Menschen nur durch Alkoholvergiftungen!
- Konsum: In Deutschland wurden 2001 pro Kopf getrunken (120l Bier, 16l Wein, 6l Spirituosen, 6l Sekt. Das entspricht 153l alkoholischer Getränke im Vergleich zu 507l nicht alkoholischer Getränke)
=> entspricht einer Menge von 10,5 Litern reinem Alkohol pro Einwohner.

Wirkung:

- berauschende Wirkung
- Die Blutgefäße werden geweitet => stärkere Durchblutung der Haut (=> rote Haut, Nase)
- Hautporen öffnen sich => trotz anfänglichem Wärmegefühl erfolgt ein Wärmeverlust für den Körper => Gefahr der Unterkühlung
- Die Niere scheidet Alkohol mit viel Wasser aus
=> hoher Wasserverlust durch Urin Ausscheidung
=> Nachdurst

Alkohol enthaltende Getränke (mit Angabe des Alkoholgehaltes in Volumenprozent):

Reifer Kefir: bis ca. 3%

Leichtbiere: 1-2,5%

Vollbiere: ca. 3-5%

Starkbiere: 6-12%

Weine: 10-15%

Met: 5-14%

Liköre: 15-75%, oft ~ 30%

Spirituosen: ca. 30-96%

Im Handel ist noch eine andere Form erhältlich - Spiritus:

Spiritus enthält meist 96% Ethanol und 4% Wasser sowie einen geringen Anteil an Vergällungsmittel, welcher den Alkohol ungenießbar machen soll. Solcher vergällter Alkohol ist für Menschen ungenießbar und somit von der (recht hohen) Genussmittelsteuer befreit. So kann preiswerter Alkohol zum Reinigen verwendet werden, ohne dass eine Genussmittelsteuer zu zahlen ist.

Spiritus ist ein gutes Reinigungsmittel für Fette, Lösungsmittel und beispielsweise Nikotinflecken.

b) Chemische Hintergründe, Aufnahme und Abbau

Die Aufnahme des Alkohols (=Resorption) in das Blut findet vor allem in Magen und Darm statt. Sie dauert (je nach Getränk) ca. 30-60 Minuten. Ein geringer Teil des Alkohols wird allerdings schon von der Mundschleimhaut aufgenommen, sodass der aufgenommene Alkohol direkt ins Blut gelangt und sich dann über den gesamten Körper verteilt. Er wirkt dabei besonders auf Gehirn und Nervenzellen.

Alkohol wird mit dem Blut in die Leber transportiert, welche ihn dann letztlich durch enzymatische Vorgänge abbaut (pro Stunde und pro Kilogramm Körpergewicht ca. 0,1g Alkohol)¹.

Da vor allem bei destillierten (gebrannten) Produkten die volle Wirkung des Getränks erst nach ca. 30min einsetzt, kann diese erst nach einiger Zeit eingeschätzt werden. Keinesfalls schon sofort nach dem Genuss! Dies bemerken vor allem sehr junge Jugendliche, die erstmals Alkohol trinken, anfänglich keine Wirkung spüren und dann weiter trinken. Nach einer halben Stunde haben sie dann schon zu große Mengen getrunken => Alkoholvergiftung.

Die Alkoholaufnahme wird bei durchblutungsteigernden Faktoren beschleunigt:

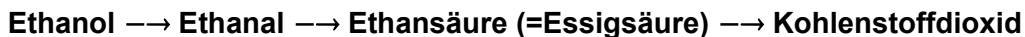
- Sport
- Wärme (Irish Coffee, Grog)
- Zucker (Likör)
- Kohlenstoffdioxid (als Kohlensäure z.B. im Sekt)

Die Alkoholaufnahme wird durch Fette verlangsamt:

- Fette führen nicht zu einer niedrigeren Aufnahme des Alkohols insgesamt, sondern nur zu einer zeitlichen Streckung. Man kann also nicht insgesamt mehr Alkohol „vertragen“, die Wirkung setzt nur etwas später ein, hält dafür aber länger an.

Abbau des Ethanols im menschlichen Körper

- Der Alkoholabbau wird im Körper durch gespeicherte Leberenzyme durchgeführt.



- Das Zwischenprodukt Ethanal sowie ein oft einhergehender kurzzeitiger Magnesiummangel (bedingt durch eine hohe Affinität von Ethanol zu Magnesium) ist für den so genannten Kater verantwortlich.
- Der Abbau des Ethanols wird durch Zucker gehemmt => Bei süßen Getränken bleibt der Alkohol länger im Blut und sein Abbauprodukt Ethanal entsteht später und über einen längeren Zeitraum. Die Konsequenz ist eine verstärkte Katerwirkung bei süßen alkoholischen Getränken wie Bowlen und Likören.
- Der Abbau des Ethanols im menschlichen Körper ist bei Frauen und Männern nicht genau gleich. Minimale genetische Unterschiede beschleunigen den Alkoholabbau bei Männern im Magen durch die „gastrische“ Alkoholdehydrogenase. Männer bauen Alkohol also etwas schneller ab als Frauen. Hinzu kommt eine bei Männern in der Regel größere Körpermasse, welche den Abbau ebenfalls beschleunigt.
- Durch häufigen Alkoholkonsum wird die Abbaurate übrigens nicht erhöht. Der Trainingseffekt bei regelmäßigem Konsum ist vor allem auf eine Vorratsspeicherung von Alkoholdehydrogenase in der Leber sowie eine Gewöhnung des Nervensystems an die höhere Ethanolmenge zurückzuführen.
- Berechnung des Alkoholspiegels:

$$C_{\text{Alkohol}} \text{ (in Promille ‰)} = [\text{getrunkenen Alkohol (in Gramm)}] : [\text{Körpergewicht (in Kilogramm)}] \cdot 70$$

¹ Das Enzym Alkoholdehydrogenase baut Ethanol zu Ethanal (H₃C-CHO) ab, das weiter zu Ethansäure (=Essigsäure) oxidiert wird. Die Ethansäure wird über den Citratzyklus und die Atmungskette in allen Zellen des Körpers unter Energiegewinnung zu CO₂ veratmet.

c) Alkoholkonsum - Wie reagiert ein Mensch auf steigenden Alkoholgehalt?

%o	Wirkung
0,2	Entspannung, Wärmegefühl, Persönlichkeitsveränderungen wie z.B.: Fröhlichkeit, Gesprächigkeit, Risikobereitschaft, Volkstänze oder sich sonst irgendwie zum Deppen machen *g*
0,5	Aggressionen steigen, Leistungsfähigkeit sinkt, Selbstüberschätzung nimmt zu („klar kann ich noch fahren“)
0,6	Sehleistung bereits vermindert (leichter Tunnelblick), Konzentrationsverlust
0,8	Sehfähigkeit nimmt um ca. 30% nach, Reaktionszeit ist ca. 35% länger. Motorik bereits grob
1-2	Rausch, Sprach- und Gleichgewichtsstörungen, Verlust der Selbstkontrolle, Absterben von Gehirnzellen (reicht deutlich aus für ein „nie wieder Alkohol“ am nächsten Morgen *g*)
2-3	Betäubungsstadium: Erinnerungslücken (Filmriss), Verwirrung, Erbrechen, vermehrte Anzeichen von Atemschwierigkeiten
3-4	komplette Desorientierung/ Halluzinationen, Lähmungen, Tiefschlaf
4-5	Atmungsmuskel wird gelähmt => Tod

In sehr seltenen Fällen gelangen Menschen in Krankenhäuser, welche einen höheren Promillegehalt im Blut haben (bis zu 8‰). Dies ist auf besondere genetische Veranlagung und jahrelangen Alkoholmissbrauch zurückzuführen.

(Leichte) Symptome des Dauerkonsums

Magenschleimhautentzündungen, Magengeschwüre, Verminderung der Sexualfunktion, geringere körperliche Leistungsfähigkeit, teilweise Verwahrlosung.

(Schwerwiegende) Symptome des Dauerkonsums

Abhängigkeit (bereits ab 2 Bier pro Tag möglich!), erst Fettleber, später Schrumpfleber (=Leberzirrhose), Organbeeinträchtigungen, Organversagen, soziale Ausgrenzung.

Nebenwirkungen

- Alkohol ist ein gutes Lösungsmittel für viele Substanzen. Dies ist problematisch, wenn Alkohol zusammen mit Medikamenten oder anderen Drogen konsumiert wird. Vielfältige Wechselwirkungen, welche die Einzelwirkungen noch verstärken, sind üblich.
- Jedes Jahr sterben tausende Menschen weltweit durch den für Menschen giftigen Alkohol Methanol, welcher bei der Herstellung von Ethanol als Nebenprodukt entstehen kann. (2006 alleine 300 in Russland)

Aufgaben:

1. Berechne, wie viel Promille Alkohol Du schon bei einem Glas der folgenden Alkoholika im Blut hättest:

- Ein Glas Bier (0,3l) enthält 14,4g reinen Alkohol =>
- Ein Glas Wein (0,2l) enthält 19,2g reinen Alkohol =>
- Ein Glas Schnaps (Korn) (0,02l) enthält 7,8g reinen Alkohol =>

2. Warum reagieren Männer und Frauen unterschiedlich stark auf dieselbe Menge Alkohol? Ergibt sich dadurch eine Konsequenz für eine mögliche Suchtgefährdung?

3. Ca. 10% aller Verkehrsunfälle werden durch Alkohol verursacht. Jährlich sterben dadurch mehr als 2000 Menschen², mehr als 55000 werden dabei verletzt.

Ein Viertel der „Alkoholtäter“ sind nach Polizeiangaben jünger als 25 Jahre. Versuche Ursachen und Erklärungen für diese Aussagen zu finden.

Zusatzinformationen:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Alkohol>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Ethanol>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Methanol>

² Insgesamt ca. 60 000 Alkoholtote in Deutschland

Ethanolherstellung

a) Herstellung durch alkoholische Gärung

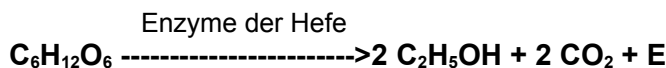
Alkohol entsteht u.a. bei der Vergärung von zucker- oder stärkehaltigen Substanzen durch Hefen oder Bakterien. So entsteht zum Beispiel Wein aus Weintrauben oder Bier (aus Malz und Hopfen).

Durch Destillation kann der Alkoholgehalt noch erhöht bzw. fast reiner Alkohol (=azeotropes Gemisch) gewonnen werden. Solche Getränke bezeichnet man als Spirituosen (z.B. Whiskey, Kognak, Schnaps, Wodka oder Rum). Liköre sind Spirituosen, denen Zucker und Aromen zugesetzt werden.

Als Nebenprodukt kann beim Destillieren Methanol (früher auch Methylalkohol genannt) entstehen. Dieser ist so giftig, dass jedes Jahr Hunderte daran sterben!

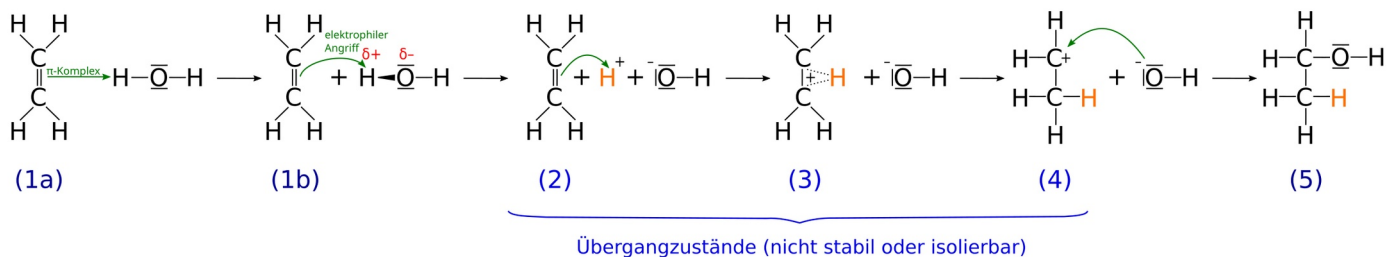
Zur Wiederholung aus der Biologie:

Hefezellen betreiben Zellatmung, aber bei Sauerstoffmangel (=anaerobe Bedingungen) führen sie die alkoholische Gärung durch!



Die maximal erzielbare Alkoholkonzentration durch Gärung beträgt dabei ca. 17 % Vol., danach sterben die Hefepilze durch ihren selbst hergestellten Alkohol ab.

b) Herstellung durch elektrophile Addition von Wasser an Ethen



(1a) Von der Doppelbindung ausgehen entsteht ein Pi-Komplex (π -Komplex). Das ist eine instabile und kurzzeitige Koordinationsverbindungen zwischen Elektronenpaaren einer Doppelbindung und einem elektrophilen Teilchen (hier dem Wasserstoff). Besonders gut geht dies bei freien Elektronenpaaren.

(1b) die Anziehung des π -Komplexes sowie kurzzeitige Dipole beim Wasser sorgen für eine Anziehung zwischen dem elektropositiveren Wasserstoff des Wassers und der Doppelbindung. Dies führt zu einer polarisierung der Bindung zwischen Wasserstoff und Sauerstoff.

(2) Als Folge wird das Wasser heterolytisch gespalten (in H^+ und OH^-). **Das Wasserstoffion** wird von der Doppelbindung angezogen.

(3) Es bildet sich ein σ -Übergangskomplex von H^+ mit dem Ethen. Die Doppelbindung wird dabei aufgespalten.

(4) Es bildet sich eine feste Bindung zwischen Kohlenstoff und **Wasserstoff**, da die Doppelbindung sozusagen wie ein Fensterladen „aufklappt“. In der Folge ist das obere C-Atom allerdings nur noch dreibindig und somit positiv geladen (=Carbeniumion).

(5) Die positive Ladung des Carbeniumions sorgt für eine Anziehung und eine anschließende Verbindung mit dem negativen Hydroxid. Es ist Ethanol entstanden.

Der π -Komplex:

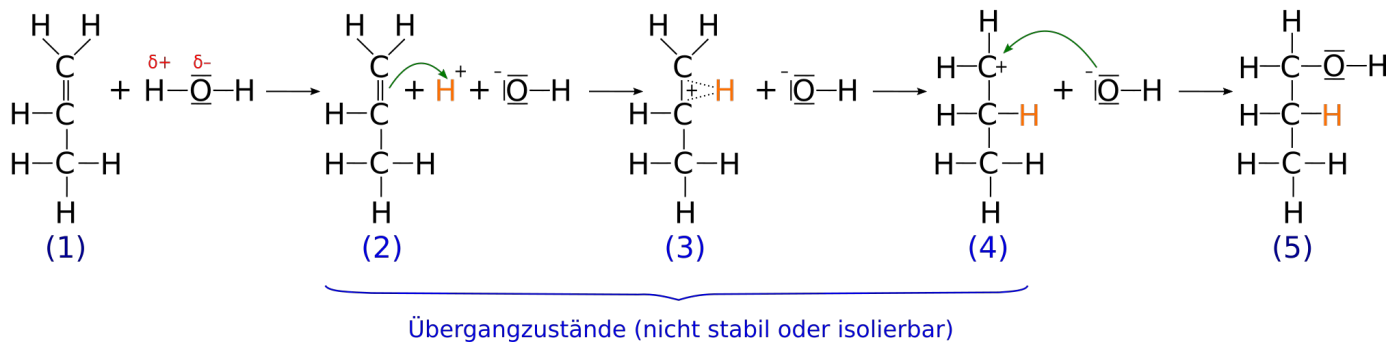
Der Übergangszustand, in dem die Doppelbindung des Kohlenstoffs auf das sich annähernde elektrophile Teilchen umschlägt, wird π -Komplex genannt.

LK: Es handelt sich dabei um eine Wechselwirkung der π -Orbital (bzw. des π -Molekülorbitals) mit einer freien Koordinationsstelle (meist ein unbesetztes σ -Orbital) des angreifenden Teilchens.

Aufgabe zur Propanolbildung

Propen reagiert mit Wasser (der Katalysator kann vernachlässigt werden).

- Erstellen den Reaktionsmechanismus.
- Es sind zwei verschiedene Produkte möglich. Benenne diese und erkläre den Zusammenhang.
- Eines der beiden Produkte ist häufiger im Reaktionsgemisch zu finden. Stelle eine Hypothese dazu auf und begründe, warum du zu dieser Hypothese kommst.



Anmerkung: In der Grafik sind die schritte 1a und 1b zusammengefasst.

Homologe Reihe und Nomenklatur der Alkanole

Die homologe Reihe der Alkanole (umgangssprachlich „Alkohole“) entspricht der der Alkane unter Berücksichtigung der Hydroxidgruppen. Man spricht von **Derivaten** der Alkane. Die funktionelle Gruppe ist die OH-Gruppe. Sie bestimmt im Wesentlichen die Eigenschaften, welche von denen der Alkane deutlich verschieden sind.

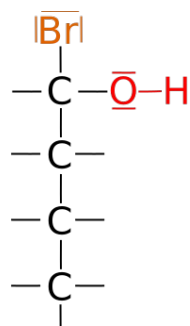
Die Namen der Alkanole entsprechen denen der Alkane, allerdings wird die Silbe „-ol“ angehängt. Eine Bezeichnung durch die Vorsilbe „Hydroxy-“ ist ebenfalls möglich.

Name	Halbstrukturformel
Methanol (Methylalkohol)	CH ₃ -OH
Ethanol (Ethylalkohol)	CH ₃ -CH ₂ -OH
1-Propanol (Propylalkohol)	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -OH
1-Butanol (Butylalkohol)	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -OH
Allgemein	C _n H _{2n} -OH

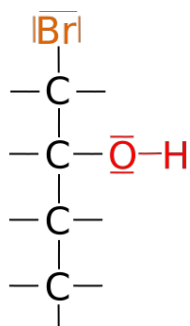
Beachte: Ab Propanol kann die OH-Gruppe verschiedene Positionen innerhalb der Kette einnehmen (Propan-1-ol, Propan-2-ol). Dies ist ein Fall von Isomerie!

Regeln:

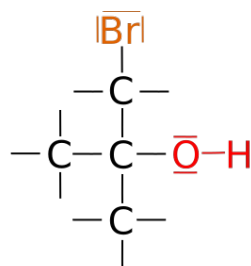
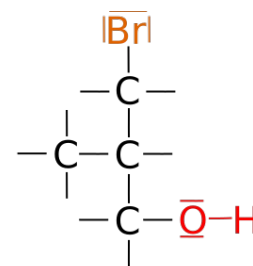
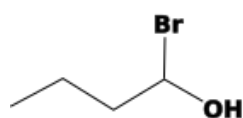
1. Alkohole heißen Alkanole, Endung -ol (bzw. bei komplexen Verbindungen auch „-Hydroxy“)
2. Kohlenstoffkette, die die funktionelle Gruppe trägt, gibt der Verbindung den Namen
3. Alkyl- und Halogensubstituenten werden dem Namen vorangestellt. Es werden dabei zuerst die Halogensubstituenten genannt.



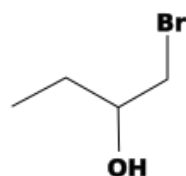
1-Brom-butan-1-ol



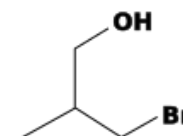
1-Brom-butan-2-ol

3-Brom-2-methyl-
-propan-2-ol3-Brom-2-methyl-
-propan-1-ol

1-Brom-1-butanol



1-Brom-2-butanol

3-Brom-2-methyl-
-2-propanol3-Brom-2-methyl-
-1-propanol

Klassifizierungen der Alkanole

a) Primäre, sekundäre, tertiäre Alkohole:

Man kann die Alkanole in primäre, sekundäre und tertiäre Alkohole unterscheiden, indem man je nach Anzahl der Kohlenstoffnachbarn des OH-Gruppe gebundenen C-Atoms zählt.

Primärer Alkohol: Das C-Atom mit der OH-Gruppe hat ein weiteres C-Atom gebunden (z.B. bei Ethanol) - siehe auch Beispiel 1.

Sekundärer Alkohol: Das C-Atom mit der OH-Gruppe hat zwei weitere C-Atome gebunden - siehe auch Beispiel 2.

Tertiärer Alkohol: Das C-Atom mit der OH-Gruppe hat drei weitere C-Atome gebunden (Beispiel 3)

b) Mehrwertige Alkohole:

Auch eine Unterscheidung nach der Anzahl in einem Molekül vorhanden OH-Gruppen in einwertige, zweiwertige, dreiwertige usw... (also mehrwertige) Alkohole ist möglich. Mehrwertige Alkohole enthalten also zwei oder mehr OH-Gruppen.

Eigenschaften primärer Alkanole

Alkanole leiten sich von den Alkanen ab und sind gesättigte Alkohole mit der Summenformel $C_nH_{2n+2}O$. Ein endständiges Wasserstoffatom der Kohlenstoffkette ist durch eine Hydroxidgruppe ersetzt. Früher wurden diese Alkohole auch mit der Endung „-yl“ versehen, z.B. Methylalkohol scheint als Wort unausrottbar in den Köpfen der Menschheit festgebrannt! Die korrekte Bezeichnung lautet Methanol).

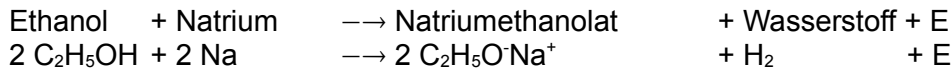
Die Isomerie kommt hier genauso vor, wie bei den Alkanen auch, sodass es mit steigender Kettenlänge und Verzweigung der Kohlenstoffkette eine zunehmende Anzahl an Isomeren gibt.

Schmelz- und Siedepunkte liegen höher als die der entsprechenden Alkane. Ursache ist die Hydroxidgruppe, welche Wasserstoffbrückenbindungen (WBBs) ausbildet. So kommt es zu einem stärkeren Zusammenhalt der Moleküle. Dadurch ist mehr Energie notwendig, sie aus ihrem jeweiligen Verband zu lösen und in den nächsten Aggregatzustand zu überführen.

Systematischer Name	Summenformel	Dichte (g/cm ³)	Siedepunkt (°C)	Siedepunkt der entsprechenden Alkane (°C)
Methanol	CH ₃ OH	0,812	66	-161
Ethanol	C ₂ H ₅ OH	0,806	78	-88
Propanol	C ₃ H ₇ OH	0,817	96,5	-42
Iso-Propanol	C ₃ H ₇ OH	0,789	81	-0,5
Butanol	C ₄ H ₉ OH	0,823	116,7	36
Pentanol	C ₅ H ₁₁ OH	0,829	137	69
Hexanol	C ₆ H ₁₃ OH	0,833	157	98
Heptanol	C ₇ H ₁₅ OH	0,836	175	126
Oktanol	C ₈ H ₁₇ OH	0,839	194,5	151
Nonanol	C ₉ H ₁₉ OH	0,842	213	174

Typische primäre Alkohole**a) Ethanol** $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH}$

- gut in Benzin und Wasser löslich
- Siedetemperatur: 78°C
- hat einen amphoteren Charakter, d.h. Alkanole sind sowohl Säuren als auch Basen (elektronenziehende Substituenten wie z.B. Halogene erhöhen dabei die Säurestärke)
- Ethanol bildet mit Alkalimetallen unter Bildung von Wasserstoff so genannte Alkoholatanionen.



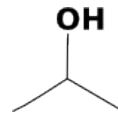
- Die Salze der Alkanole heißen **Alkoholate**.

b) Methanol $\text{H}_3\text{C}-\text{OH}$

- Lösungsmittel
- Zur Herstellung von Formaldehyd $\rightarrow \text{HCHO}$
- Verbrennungsmotoren $\rightarrow \text{CO}_2$
- allerdings: sehr giftig (Erblindung, Tod)

Eigenschaften sekundärer Alkanole**Isopropanol** (2-Propanol)

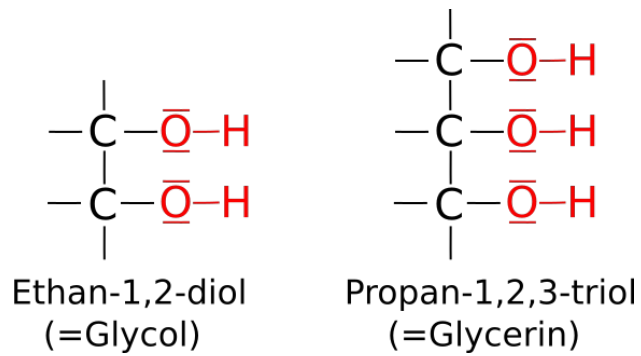
- farblose, brennbare Flüssigkeit
- leicht flüchtig, Geruch nach „Krankenhaus“
- wirkt leicht betäubend, reizt Schleimhäute, Augen und Atemwege
- Lösungsmittel der Industrie für Fette, Harze, Farben sowie Lösungsmittel der Kosmetikindustrie
- Verwendung als Frostschutzmittel (z.B. in der Scheibenwischanlage), Desinfektionsmittel
- Reinigungsmittel für Elektronikbauteile wie CPU oder Digicam-Sensoren

**Zusatzinformationen:**

<https://de.wikipedia.org/wiki/2-Propanol>

Eigenschaften zwei- und mehrwertiger Alkohole

Mehrwertige Alkanole (auch als Polyalkohole) enthalten mehrere Hydroxidgruppen:

**a) Ethandiol (Glykol)**

- Halbstrukturformel: OH-CH₂-CH₂-OH
- wegen 2 H-Brücken pro Molekül höhere Viskosität und hohe Siedetemperatur (197°C)
- Frostschutzmittel
- giftig

b) Glycerin (Propantriol)

- Halbstrukturformel: CH₂OH-CHOH-CH₂OH
- zähflüssig
- T_s = 290°C
- ungiftig, süßlich

c) Pentaerythrit

- Summenformel: C₅H₈(OH)₄
- Halbstrukturformel: (CH₂OH)₂-C-(CH₂OH)₂
- Schmelzpunkt: 260°C
- Siedepunkt: 276°C
- Dichte: 1,4 g/cm³

Aggregatzustände im Vergleich

Alkanole haben höhere Schmelz- und Siedepunkte als ihr vergleichbares Alkan. So ist Methanol flüssig, während Methan ein Gas ist.

Alkan	Molekül- masse	Siedepunkt	Schmelz- punkt	Alkanole	Molekül- masse	Siedepunkt	Schmelz- punkt
Methan	16u	-161°C	-182°C	Methanol	32u	65°C>	-97°C
Ethan	30u	-88°C	-183°C	Ethanol	46u	78°C	-115°C
Propan	44u	-42°C	-190°C	1-Propanol	60u	97°C	-126°C
Butan	58u	-1°C	-135°C	1-Butanol	74u	118°C	-90°C
Pentan	72u	36°C	-130°C	1-Pentanol	88u	138°C	-78°C
Hexan	86u	69°C	-95°C	1-Hexanol	102u	157°C	-52°C
Dodecan	170u	216°C	-10°C	Dodecanol	186u	256°C	-24°C
Hexadecan	226u	287°C	18°C	Hexadecanol	242u	-	50°C
Octadecan	254u	308°C	>28°C	Octadecanol	270u	-	59°C

Alkanole zeigen durch ihre Hydroxidgruppe starke intermolekulare Wechselwirkungen zwischen den Molekülen. Es liegen Dipol-Dipolkräfte und vor allem WBB vor. Um einzelne Moleküle also aus dem Verbund zu reißen und in die Gasphase zu überführen, muss im Vergleich mehr Energie aufgewendet werden, also mehr Temperatur zugefügt werden, um so die Eigenschwingung der Moleküle soweit zu erhöhen, dass zuerst die intermolekularen Bindungen aufbrechen und dann der Übergang der einzelnen Moleküle in die Gasphase erfolgen kann.

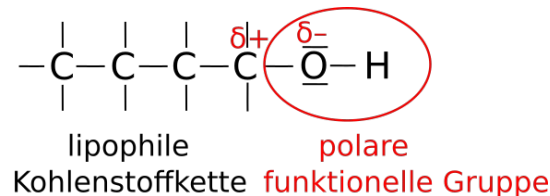
Bei Alkanen müssen nur die schwachen Van-der-Waals-Kräfte überwunden werden (welche bei steigenden Kettelängen deutlich stärker werden!). Dazu ist nur wenig Energie, also wenig Temperatur, notwendig. Als zweiten beeinflussenden Faktor für hohe Schmelz- und Siedepunkte gilt die Molekülmasse. Je schwerer ein Molekül ist, desto mehr Energie muss aufgewendet werden, um es in die Gasphase zu überführen. Daraus folgt, dass der Einfluss der OH-Gruppe bei steigender Kettenlänge abnimmt. Die Siedepunkte der Alkane nähern sich denen der Alkanole also mit steigender Kettenlänge an, da sich die Molekülmassen kaum noch unterscheiden.

Alkanole mit 12 (Dodecanol) oder mehr Kohlenstoffatomen sind wachsartige Feststoffe (auch „Fettalkohole“ genannt).

Lösungsverhalten - zwei konkurrierende Einflüsse:**Einflussfaktor 1:**

Die polare Hydroxidgruppe der kurzkettigen Alkanole bestimmt maßgeblich deren Lösungsverhalten. Je länger die Kohlenstoffkette wird, desto geringer ist ihr Einfluss.

Methanol, Ethanol, Propanol, Propanol und 2-Methyl-2-propanol sind in jedem Verhältnis mit Wasser mischbar. Ursache ist die Ausbildung von Dipolen und von Wasserstoffbrückenbindungen.

=> Hydrophiler Charakter der Alkanole**Einflussfaktor 2:**

Der Einfluss der unpolaren Kohlenstoffkette ist bei den kurzkettigen Alkanolen ebenfalls vorhanden, allerdings bei Methanol und Ethanol noch schwach.

=> Längerkettige Alkohole lösen sich durch ihre unpolare Kohlenstoffkette in unpolaren Lösungsmitteln, wie z.B. Octan. Schon Ethanol kann sich nahezu unbegrenzt auch mit unpolaren Kohlenwasserstoffen wie Octan mischen.

=> Lipophiler Charakter der Alkanole

Nach der Regel: „Ähnliches löst sich in Ähnlichem“, sollten sich polare Stoffe (hydrophile) nur in polaren Lösungsmitteln und unpolare (lipophile) nur in unpolaren Lösungsmitteln lösen. Die Alkohole brechen mit dieser Erwartung! Kurzkettige Alkohole sind eher hydrophil, langkettige eher lipophil - wobei jeder Alkohol auch immer etwas vom entgegengesetzten Charakter hat.

=> Ethanol ist ein gutes Lösungsmittel für polare und unpolare Stoffe!

Löslichkeit von Alkanolen in Wasser

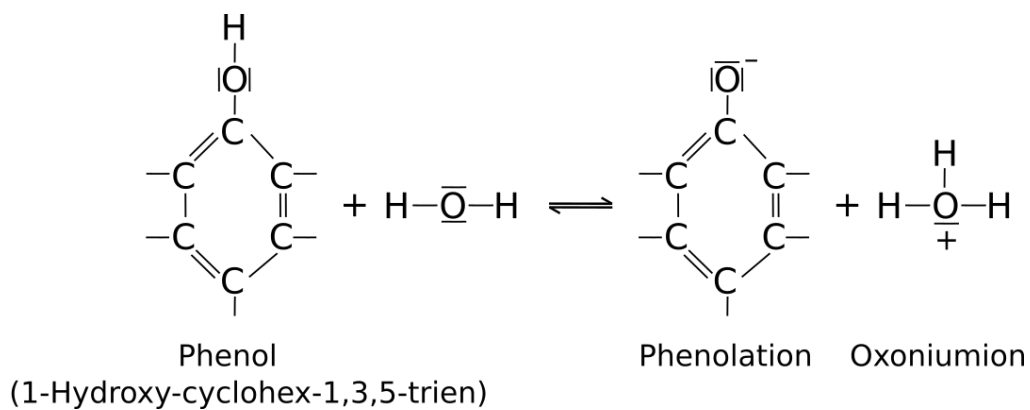
Alkanol	Halbstrukturformel	Löslichkeit von Wasser
Methanol	CH ₃ -OH	in jedem Verhältnis
Ethanol	CH ₃ -CH ₂ -OH	in jedem Verhältnis
Propan-1-ol	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -OH	in jedem Verhältnis
Butan-1-ol	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -OH	7,9g
Pentan-1-ol	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -OH	2,3g
Hexan-1-ol	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -OH	0,6g
Heptan-1-ol	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -OH	0,2g
Octan-1-ol	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -OH	0,05g

**Je länger die Kohlenstoffkette wird, desto unpolarer und lipophiler ist ein Alkanol.
Je kürzer die Kohlenstoffkette ist, desto stärker ist der Einfluss der polaren funktionellen Gruppe und desto höher ist der polare, hydrophile Charakter!**

Eigenschaften aromatischer Alkohole

Phenol (Hydroxybenzol)

1. aromatische Hydroxylverbindung
2. farblose Kristalle; $T_{\text{Smp.}} = 41^\circ\text{C}$
3. giftig; leichte Aufnahme durch die Haut
4. schwache Säure (\Rightarrow Phenolatbildung)



Eigenschaften der Alkenole und Alkinole

Alkenole sind ungesättigte Alkohole, das heißt, sie haben eine oder mehrere Doppelbindungen in ihrer Kohlenstoffkette. Sie entsprechen vom Aufbau also den Alkenen und besitzen eine oder mehrere Hydroxidgruppen.

Alkinole verfügen über Doppelbindungen und leiten sich entsprechend von den Alkinen ab.

Name	Summenformel	Halbstrukturformel	Smp. [°C]	Sdp [°C]	Dichte [g/cm ³]
Alkenol:					
Propenol (Allylalkohol)	C ₃ H ₅ OH	CH ₂ =CH-CH ₂ -OH	-50°C	96,5°C	0,872
Cetylalalkohol (im Walrat vorhanden)	C ₁₆ H ₃₁ OH				
Alkinol:					
Propinol (Propargylalkohol)	C ₃ H ₄ OH	CHC-CH ₂ -OH		114,5°C	0,963

Die funktionelle Gruppe der Alkohole -OH

Funktionelle Gruppen sind Gruppen, welche an Alkanen und Alkenen eine besondere Funktion erfüllen. Sie sind in der Regel stark für den Charakter der jeweiligen Verbindung bestimmend. So ist die funktionelle Gruppe der Alkanole, die auch Alkohole genannt werden die Hydroxidgruppe (OH) die funktionelle Gruppe. Sie kennzeichnet die Gruppe der Alkohole, welche auch Alkanole genannt wird.

Beispiele für natürlich vorkommende Alkohole:

1. Ethanol ist ein Produkt der alkoholischen Gärung von Hefen.
2. Glycerin findet man in Membranfetten, Fetten und Ölen. Es gibt auch einen Frosch, der im Winter eingefroren in Eis überlebt, da er Glycerin im Blut hat, welches vor Kristallisation schützt.
3. Zucker, Stärke und Zellulose enthalten viele Hydroxidgruppen. Sie werden als Polyhydroxy-Verbindungen bezeichnet.

Verwendung:

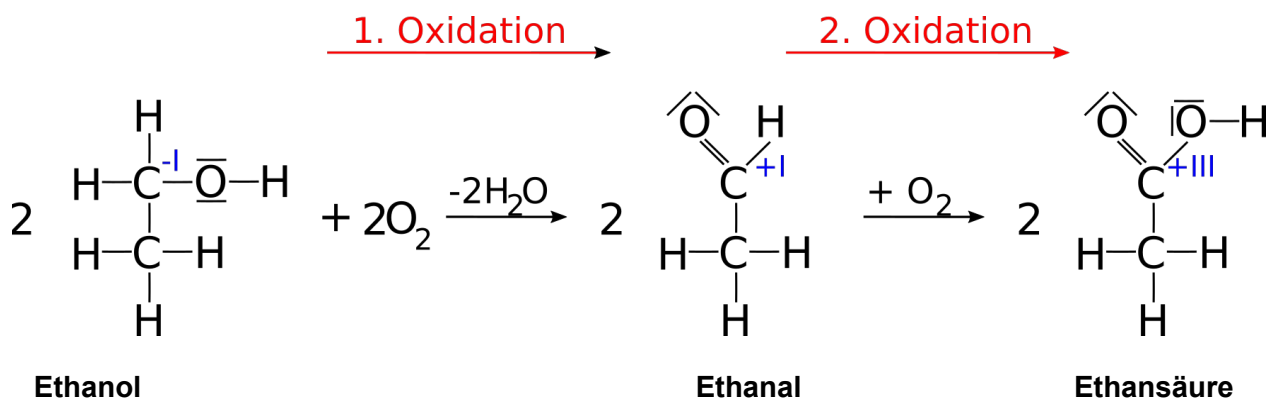
1. Kurzkettige Alkohole sind meist recht passable Lösungsmittel für wasserlösliche also hydrophile Stoffe. Aber auch unpolare (=lipophile) Stoffe lassen sich teilweise auflösen. Alkohol hat als Lösungsmittel damit eine Doppelrolle.
2. als Genussmittel
3. Rohstoff der Kosmetik und Parfumindustrie
4. Lösungsmittel und Ausgangsstoff für Synthesen in der chemischen Industrie.
5. zur Sprengstoffherstellung bei der Synthese von Nitroglycerin
6. Alkohole sind Ausgangsstoffe für die Produktion von Alkansäuren durch Oxidation

Oxidation eines primären Alkanols:

Alkanole lassen sich leicht mit Sauerstoff oxidieren. Bei der ersten Oxidation entsteht aus dem Alkanol ein Alkanal (auch Aldehyd genannt). Durch weitere Oxidation entsteht daraus dann eine Carbonsäure.

Diese Reaktion geschieht übrigens auch, wenn man Wein oder Bier lange offen stehen lässt. Nach mehreren Tagen oxidiert der Luftsauerstoff den enthaltenen Alkohol zur Essigsäure!

Durch Verbrennen ist unter Aufbrechen der Kohlenwasserstoffkette ein weiterer Oxidationsschritt möglich. Hierbei entsteht Kohlenstoffdioxid. Die Oxidationsstufe des Kohlenstoffs beträgt hier dann +IV.



Bis auf die Oxidation zu Kohlenstoffdioxid ist der Oxidationsvorgang durch eine Reduktion immer umkehrbar. Aus Ethansäure lässt sich durch Reduktion also Ethanol herstellen.

Zusatzinformationen:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Alkohol>

Versuch: Oxidation und Reduktion eines Kupferblechs

V1: Ein Kupferblech wird in der Brennerflamme oxidiert.

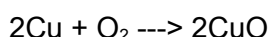
B: Das Kupferblech färbt sich in der Flamme grau. Beim Eintauchen in Ethanol nimmt es wieder seine rötliche Farbe an.

S: Die Auswertung kann man zerteilen:

1. Oxidation von Kupfer in der Flamme:

Kupfer reagiert durch die Hitze der Flamme mit Luftsauerstoff zu Kupferoxid. Eine Oxidation kann als Vereinigung mit Sauerstoff betrachtet werden. Es entsteht frisches Kupfer(II)oxid (dunkelgrau).

In der Oberstufe verwendet man aber oft eine andere Definition. Bei einer Oxidation werden Elektronen abgegeben. Hier gibt Kupfer zwei Elektronen an Sauerstoff ab.



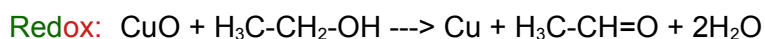
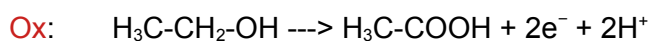
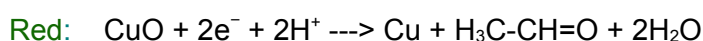
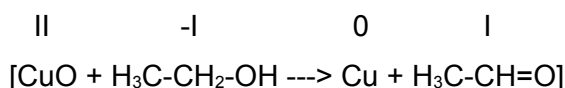
Betrachtet man nur die Oxidation: $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$

2. Reduktion von CuO zu Kupfer durch Ethanol

Taucht man das heiße Kupferoxid in Ethanol, so reagiert es wieder zurück zum Kupfer. Dies nennt man Reduktion. Einfach gesagt, ist die Abgabe von Sauerstoff eine Reduktion.

In der Oberstufe betrachtet man allerdings bei Redoxreaktionen die Elektronenbewegungen. Die Aufnahme von Elektronen ist eine Reduktion.

Betrachtet man nur die Reduktion: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$

Die komplette Redoxreaktion der Oxidation von Ethanol zu Ethanal:**Zusammenfassung:**

Gibt man heißes Kupferoxid dieses in Ethanol, so findet die Reduktion des Kupferoxids zu Kupfer statt. Die benötigten Elektronen liefert die gleichzeitige Oxidation des Ethanols zu Ethanal (dem Aldehyd). Die Oxidation der primären Alkanole läuft vom Alkohol zum Aldehyd zur Carbonsäure und dann unter Strukturverlust zum Kohlenstoffdioxid.

Das Video zu diesem Versuch findet ihr in meinem Kanal: <https://youtu.be/d00CGMYBJZs>

Versuch: Oxidation und Reduktion mit Kaliumpermanganat

Zu jeweils einer Lösung von 1-Butanol, 2-Butanol und Tertiärbutanol (=Isobutanol) alkalisch mit etwas Natronlauge, gibt man eine schwache Kaliumpermanganatlösung (ca. 0,001 mol/L) hinzu.

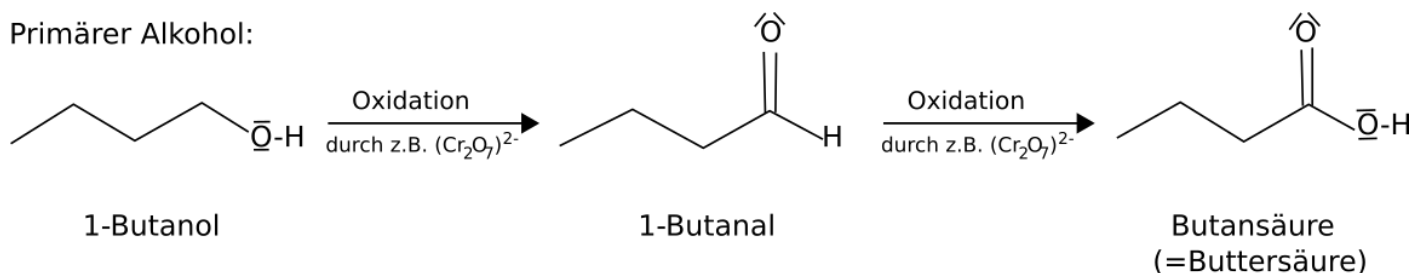
Das Video zu diesem Versuch findet ihr in meinem Kanal: <https://youtu.be/68UObjEjZH4>

Oxidierbarkeit von Alkoholen im Vergleich (Unterschied primäre und sekundäre Alkohole)

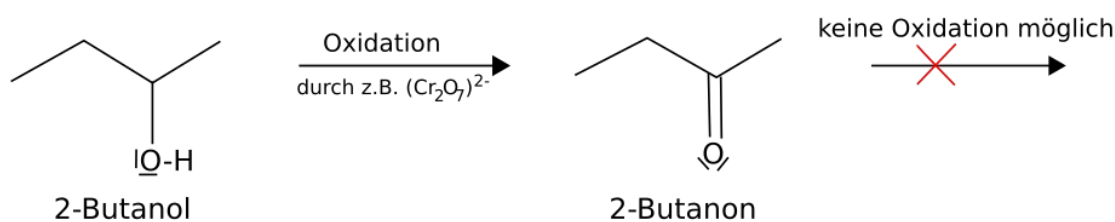
V1: Ein Kupferblech wird in der Brennerflamme oxidiert und dann in primären Alkohol getaucht.

V2: In einem zweiten Versuch probiert man diese Reaktion mit einem sekundären und einem tertiären Alkohol.

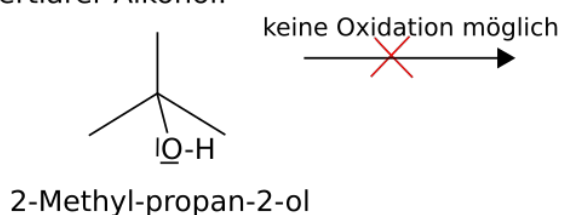
Primärer Alkohol:



Sekundärer Alkohol:



Tertiärer Alkohol:



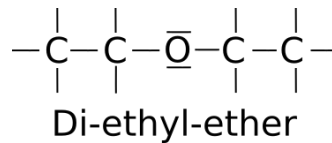
- Primäre Alkohole werden über das entsprechende Aldehyd zur Carbonsäure oxidiert.
- Sekundäre Alkohole können nur zum Keton oxidiert werden. Eine weitere Oxidation ist mangels Angriffspunkt für einen zweiten Sauerstoff nicht möglich.
- Tertiäre Alkohole können nur zum Kohlenstoffdioxid (also durch Kettenaufbruch) oxidiert werden.

=> Dies ist eine Möglichkeit zur Unterscheidbarkeit isomerer Alkohole!

In beiden Fällen ist aber eine endgültige Oxidation zum Kohlenstoffdioxid (also durch Kettenaufbruch) immer möglich.

Dem Alkohol verwandt: Die Ether

Ether sind Verbindungen, welche nach dem Schema $R_1 - O - R_2$ aufgebaut sind (R steht dabei für beliebige Alkylreste). Sie kommen sowohl in der Natur (z.B. die Aromastoffe Anisol und Vanillin), als auch in künstlich hergestellten Formen vor. Der bekannteste Ether ist der Di-Ethyl-Ether:



Diethylether ist ein gutes Lösungsmittel für apolare Stoffe und hat einen scharfen Geruch nach Desinfektionsmittel, bzw. Zahnarzt. Es wurde früher als Narkosemittel benutzt.

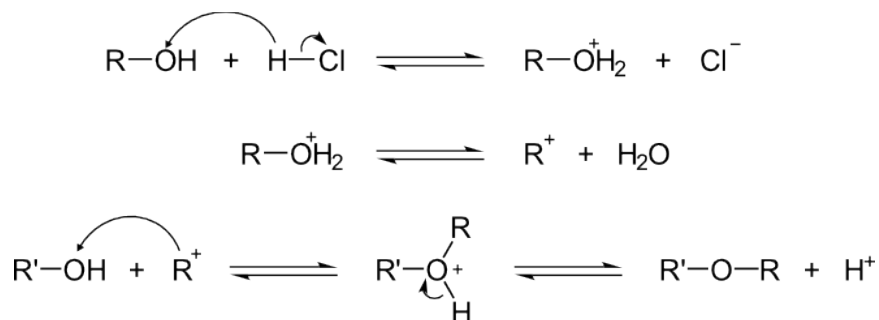
Halbstrukturformel Dimethylether: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-O-CH}_2\text{-CH}_3$

Smp. / Sdp.: $-116,3^\circ\text{C}$, $34,4^\circ\text{C}$

Die Bindungsverhältnisse der Ether sind denen der Alkohole ähnlich - auch wenn es formal keine Alkohole sind! Es gibt sowohl unverzweigte, verzweigte und cyclische Ether. Die meisten Ether sind nicht sehr reaktionsfreudig.

Säurekatalysierte Kondensation von zwei Alkoholen zu Ether

Durch Säure können zwei Alkoholmoleküle zu einem Ether kondensieren:



Quelle Grafik: <https://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Alkoholkondensation.svg>; Public domain - thanks to Wikipediauser NEUROtiker – thank you

- R = beliebiger Alkylrest
- wird bei der Herstellung nur eine Alkoholart verwendet, entstehen symmetrische Ether

Zusatzinformationen:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Ether>

Übungen & Wiederholungsaufgaben zu den Alkanolen (Alkoholen)

1. Gibt es eine eindeutige homologe Reihe der Alkohole? Begründe!
2. Wie kann man Ethanol gewinnen. Nenne 2 Möglichkeiten - eine davon sollte durch Lebewesen durchgeführt werden (Wie lautet bei der „biologischen“ Methode eigentlich die Reaktionsgleichung?)
3. Zeichne alle und benenne (nur 10) Alkohole mit 5 Kohlenstoffatomen. Ordne anschließend in primäre, sekundäre und tertiäre Alkohole.
4. Welche Alkohole sind dabei Spiegelbildisomere?
5. Je höher die Anzahl an Kohlenstoffatomen, desto viskoser werden sie. Erkläre.
6. Warum haben Alkohole im Vergleich zu Alkanen gleicher Kettlänge höhere Smp. und Sdp.?
7. Zeichne Propan-1-ol und Propantriol und treffe Aussagen bezüglich der Smp., Sdp. und der Viskosität.
8. Ordne die folgenden Substanzen hinsichtlich ihrer Löslichkeit in Wasser: CO₂, Methan, Methanol, Pentanol. Begründe.
9. Ordne die folgenden Substanzen hinsichtlich ihres Vermögens Kochsalz zu lösen: Methanol, Wasser, Benzin, Tetrachlormethan.
9. Ordne nach zunehmenden Siedepunkten: Propan-1,2-diol, Glycerin, Propan-2-ol, Propan
10. Vergleiche Ethanol und (Diethyl-)Ether (H₃C-CH₂-O-CH₂-CH₃) hinsichtlich ihrer Siedepunkte.
11. Formuliere die Reaktionsgleichung des Ethanolations mit Wasser. Was wird man beobachten können, wenn man Universalindikator hinzufügt.
12. In Gegenwart von Natronlauge reagiert Ethanol nicht als Säure. Bei der Reaktion mit Natrium gibt es allerdings schon ein Proton ab. Ist Ethanol damit doch eine Säure?
13. Begründe, warum 1-Brom-1-Fluormethan-1-ol gut mit Wasser als Säure reagiert.