

5.16 Eigenschaften und Verwendung von Ethanol

Ethanol ist nicht nur als Bestandteil alkoholischer Getränke, sondern in vielen Bereichen des täglichen Lebens und in der Technik zu finden. Die besonderen Eigenschaften und damit die Anwendungsbereiche des Ethanols lassen sich durch den Bau der Moleküle erklären.

Auswirkungen der Hydroxygruppe. Das Ethanolmolekül besitzt eine OH - bzw. *Hydroxygruppe*. Die Bindung zwischen dem Wasserstoff- und dem Sauerstoff-Atom ist stark polar, mit einer positiven Teilladung am Wasserstoff-Atom und einer negativen am Sauerstoff-Atom. Es liegt ein **Dipol** vor.

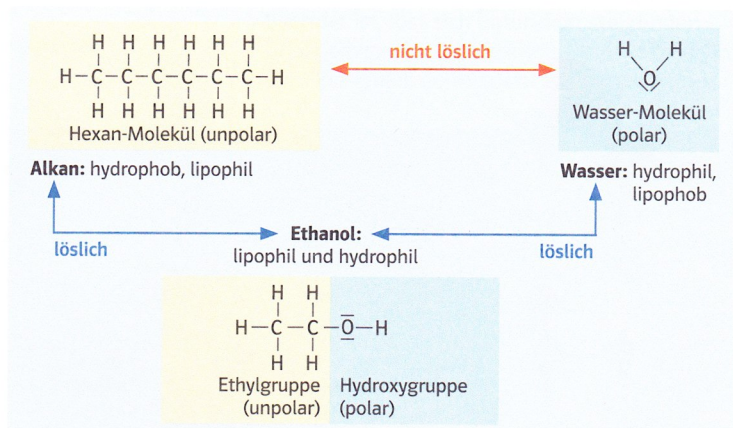
Zwischen Ethanol-Molekülen können sich **Wasserstoffbrücken** ausbilden [B2]. Jedes Ethanol-Molekül stellt im Unterschied zu einem Wasser-Molekül hierbei nur ein Wasserstoff-Atom zur Verfügung, das eine Wasserstoffbrücke zum Nachbarmolekül ausbilden kann.

Die zwischenmolekularen Kräfte sind insgesamt schwächer als beim Wasser. Dementsprechend ist auch die Siedetemperatur mit 78°C tiefer. Sie ist allerdings wesentlich höher als die Siedetemperatur von Stoffen, deren Moleküle unpolar sind und zwischen denen ähnlich große Van-der-Waals-Kräfte wirken wie zwischen Ethanol-Molekülen (z. B. Propanmoleküle).

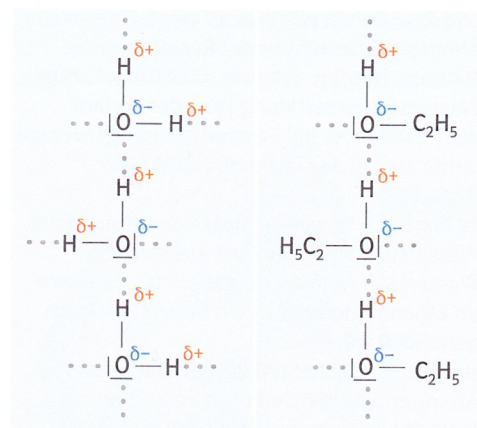
Auch die Tatsache, dass Ethanol in Wasser löslich ist [V1], ist auf die polare Hydroxygruppe zurückzuführen. Zwischen Ethanol- und Wasser-Molekülen können sich ebenfalls Wasserstoffbrücken ausbilden.

Ethanol als Lösungsmittel. Die Farbflecke mancher Filzstifte lassen sich nicht gut mit Wasser, dagegen sehr gut mit Ethanol entfernen. Offenbar hat Ethanol andere Lösungseigenschaften als Wasser. Versuche zum Lösungsverhalten des Ethanols ergeben, dass es nicht nur in Wasser, sondern auch in Benzin löslich ist [V1]. Dieses Verhalten ist erstaunlich, da Wasser und Benzin sich nicht ineinander lösen.

Benzin setzt sich vorwiegend zusammen aus Molekülen, an deren Aufbau nur Wasserstoff- und Kohlenstoff-Atome beteiligt sind. Es sind also **Kohlenwasserstoffe**. Im einfachsten Fall sind in diesen Molekülen alle Atome durch Einfachbindungen verbunden (Kap. 3.18). Stoffe, deren Moleküle dieses Bauprinzip aufweisen, gehören zur Stoffgruppe der Alkane. Aufgrund ihres räumlichen Baus sind Alkanmoleküle unpolar. Zwischen ihnen wirken nur Van-der-Waals-Kräfte (Kap. 5.8). Ein Teil des Ethanol-Moleküls, die C_2H_5 -Gruppe, zeigt dasselbe Bauprinzip wie die Alkanmoleküle. Dieser Molekülteil ist ebenfalls unpolar und verantwortlich für die Löslichkeit von Ethanol in Benzin.



B1 Struktur und Löslichkeit. Ethanol löst sich aufgrund seines Molekülbaus in Wasser und Benzin



B2 Wasserstoffbrücken zwischen Wasser-Molekülen (links) und zwischen Ethanol-Molekülen (rechts)

Ethanol ist wegen der polaren Hydroxygruppe seiner Moleküle hydrophil. Gleichzeitig ist wegen der unpolaren Ethylgruppe seiner Moleküle lipophil.

Verwendung von Ethanol. Eine Eigenschaft, die Ethanol mit den Kohlenwasserstoffen gemeinsam hat, ist die Brennbarkeit. Außer bei seiner Verwendung als Brennspritus wird diese Eigenschaft bei der Verwendung als Treibstoff genutzt. Auch Lösungen mit Wasser sind bis zu einer Alkoholkonzentration von ca. 50 % noch brennbar. Der Bedarf an Ethanol zur industriellen Verwendung ist sehr groß. Der größte Teil wird nicht über die alkoholische Gärung hergestellt, sondern durch Reaktion von Ethen (das aus Erdöl gewonnen wurde) mit Wasser.



So werden in Deutschland jährlich etwa 100 000 t „technischer Alkohol“ hergestellt. Aufgrund seiner Fähigkeit, sowohl hydrophile als auch hydrophobe Stoffe zu lösen, wird Ethanol in vielen Bereichen als Lösungsmittel verwendet. Dies ist besonders dann wichtig, wenn *zugleich* hydrophile und hydrophobe Stoffe, z. B. Wirkstoffe in einem Arzneimittel, gelöst werden sollen [B5]. Ein weiterer Vorteil ist, dass solche Lösungen noch bis zu einem bestimmten Grad mit Wasser verdünnbar sind, bevor sich eine Emulsion bildet [V2b].

Außer in der pharmazeutischen Industrie nutzt man dies bei der Herstellung von Kosmetika, wie Rasier-, Gesicht-, Mund- und Duftwasser



B3 Alltagsprodukte mit Alkoholgehalt

[B3], sowie in der Lack- und Farbenindustrie. Auch viele Filzstifte und Tinten enthalten Ethanol als Lösungsmittel. Ferner wird es als Extraktions-, Reinigungs-, Desinfektions- und Konservierungsmittel verwendet. Für nicht zu hohe Temperaturen ersetzt Ethanol als Thermometerfüllung das giftige Quecksilber [B4].

V1 Gib in je ein Reagenzglas etwas Wasser bzw. Benzin, füge etwa die gleiche Menge Ethanol (Brennspritus) zu und schüttele.

V2 a) Gib in ein Reagenzglas zu 1 ml Benzin 1 ml Wasser und schüttele. Füge anschließend portionsweise etwa 20 ml Brennspritus zu. b) Gib in ein Reagenzglas etwas alkoholischen Anisetrakt und füge tropfenweise Wasser hinzu.

V3 Gib in drei Reagenzgläser je einen kleinen Iodkristall. Füge dann 3 ml Wasser, Ethanol bzw. Heptan hinzu und schüttele.

Information: Eine Lösung von Iod in flüssigen Sauerstoffverbindungen ist gelb bis braun. Eine Lösung von Iod in Verbindungen, die keine Sauerstoff-Atome enthalten, ist in der Regel rotviolett bis violett. Ausnahmen bilden einige Schwefel- und Stickstoffverbindungen, die hier aber keine Rolle spielen.

A1 Nenne jeweils Eigenschaften des Ethanols, die auf den Einfluss der Hydroxy- bzw. Ethylgruppe zurückzuführen sind, und begründe die Zuordnung.

A2 a) Welche zwischenmolekularen Kräfte sind hauptsächlich für die Höhe der Siedetemperaturen von Wasser und Ethanol verantwortlich? b) Erkläre, warum Ethanol bei einer tieferen Temperatur siedet als Wasser.

A3 Zeichne einige Ethanol- und Wasser-Moleküle in einem Ethanol-Wasser-Gemisch mit den zwischen ihnen auftretenden Kräften. Erkläre die Löslichkeit von Ethanol in Wasser.

A4 Nenne die Eigenschaft von Ethanol, die man bei seiner Verwendung in „Kölnisch Wasser“ nutzt.

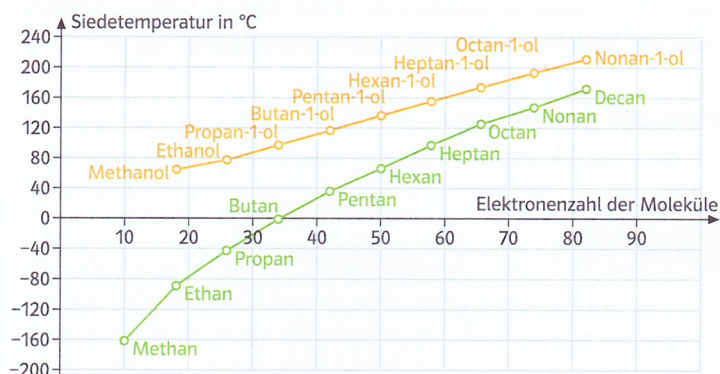


B4 Ethanol als Thermometerfüllung



B5 Ethanol als Lösungsmittel für Pflanzenwirkstoffe

5.18 Eigenschaften der Alkohole



B1 Siedetemperaturen von Alkanolen und Alkanen im Vergleich

Die Stoffeigenschaften eines Alkohols werden sowohl von der polaren OH-Gruppe als auch von dem unpolaren Alkylrest geprägt. Es besteht somit ein direkter Zusammenhang zwischen der *Struktur der Moleküle* und den *Eigenschaften der Stoffe*.

Homologe Reihe und Siedetemperaturen.

Innerhalb der homologen Reihe steigen die Siedetemperaturen der Alkanole an [B1]. Diese liegen wesentlich höher als die Siedetemperaturen von Alkanen mit ähnlicher Kettenlänge und Elektronenanzahl.

Name	Schmelztemperatur ϑ_{sm} in °C	Siedetemperatur ϑ_{sd} in °C	Löslichkeit in Wasser	Löslichkeit in Benzin	Viskosität
Methanol	-98	65	unbegrenzt	wenig	nimmt zu
Ethanol	-117	78			
Propan-1-ol	-126	97			
Butan-1-ol	-89	117	nimmt zu	unbegrenzt	
Pentan-1-ol	-79	138			
Hexan-1-ol	-47	157			
...					
Dodecan-1-ol	26	256			
Hexadecan-1-ol	50	344			

B2 Die homologe Reihe der Alkanole. Zusammenhang zwischen Struktur und Eigenschaften

Dies ist auf die Polarität der OH-Gruppe zurückzuführen, die zur Ausbildung von Wasserstoffbrücken zwischen den Alkanol-Molekülen führt. Mit zunehmender Kettenlänge nähern sich allerdings die Siedetemperaturen von Alkanen und entsprechenden Alkanolen an, da die Van-der-Waals-Kräfte zwischen den Alkan-Molekülen bzw. Alkylgruppen mit zunehmender Molekülgröße und damit zunehmender Elektronenanzahl immer größer werden. Sie gewinnen gegenüber den Wasserstoffbrücken einen immer größeren Anteil an den zwischenmolekularen Kräften. Der erste bei Zimmertemperatur feste Alkohol ist Dodecan-1-ol.

Homologe Reihe und Viskosität. Mit größer werdender Kettenlänge nehmen die Van-der-Waals-Kräfte zu. Dies ist die Ursache für die im Verlauf der homologen Reihe zunehmende *Zähflüssigkeit (Viskosität)* der Alkanole [B2].

Homologe Reihe und Löslichkeit. Der Einfluss des Alkylrests bzw. der Hydroxygruppe wirkt sich auch auf das Lösungsverhalten der Alkanole aus [B2]. Zwischen der polaren OH-Gruppe der Alkanol-Moleküle und den Wasser-Molekülen können sich Wasserstoffbrücken ausbilden. Die ersten drei Glieder der homologen Reihe lösen sich deshalb unbegrenzt in Wasser. Ab Butan-1-ol nimmt die Wasserlöslichkeit immer mehr ab, da der größer werdende unpolare Alkylrest zunehmend das Lösungsverhalten bestimmt. In Benzin und anderen lipophilen Lösungsmitteln sind alle Alkohole unbegrenzt löslich [V1, B2].

V1 Gib zu einigen Millilitern Wasser bzw. Benzin tropfenweise verschiedene Alkanole und prüfe, ob sich eine Lösung bildet. Interpretiere die Ergebnisse.

A1 Propan-1-ol siedet bei 97°C, Butan bei -1°C. Erkläre den Unterschied.

A2 Kommentiere den Satz: „Eine OH-Gruppe zieht drei Kohlenstoff-Atome ins Wasser.“