

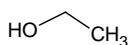
## Gruppe 6 –Pflichtversuch

### Abnahme der Wasserlöslichkeit der Alkanole mit zunehmender Molekülgröße

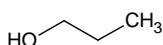
#### Strukturformeln:



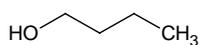
Methanol



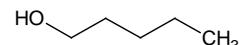
Ethanol



Propan-1-ol



Butan-1-ol



Pentan-1-ol

#### Zeitbedarf:

Vorbereitung:	10 min
Versuchsdurchführung:	10 min
Nachbereitung	5 min

#### Chemikalien:

Chemikalien	Summenformel	Menge	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrensymbole	Schuleinsatz (HessGiss)
Methanol	CH <sub>3</sub> OH	2 mL	11-23/24/25-39/23/24/25	7-16-36/37-45	F, T	S 1 (*)
Ethanol	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	2 mL	11	7-16	F	S 1
1-Propanol	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OH	2 mL	11-41-67	7-16-24-26-39	F, Xi	S 1
1-Butanol	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	2 mL	10-22-37/38-41-67	7/9-13-26-37/39-46	Xn	S 1
Pentan-1-ol	C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> OH	2 mL	10-20	24/25	Xn	S 1

(\*) Ersatzstoffprüfung ist besonders wichtig.

#### Geräte und Materialien:

- 5 Reagenzgläser
- Reagenzglasständer
- Gummistopfen

- Messzylinder
- wasserfester Folienstift

### **Versuchsaufbau:**

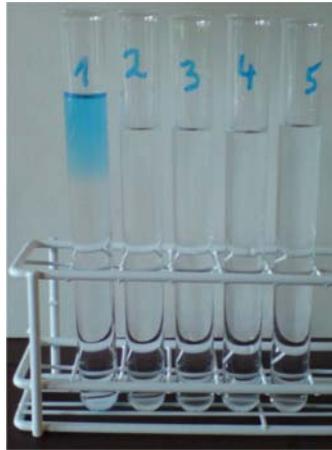


Abb. 1.: Reagenzgläser mit Wasser. In Reagenzglas Nr. 1 befindet sich bereits blau gefärbtes Methanol

### **Versuchsdurchführung:**

In die Reagenzgläser sind je 20 mL entionisiertes Wasser zu geben. Dann werden je 2 mL der angegebenen Alkanole, die durch Eintauchen eines wasserfesten Folienstiftes angefärbt sind, vorsichtig über das Wasser geschichtet. Anschließend sind die Reagenzgläser mit einem Gummistopfen zu verschließen, kräftig zu schütteln und abzustellen.

### **Beobachtungen:**

Beim vorsichtigen Überschichten der Alkanole vermischten sich das Methanol, Ethanol und 1-Propanol mit dem Wasser. Bei diesen Proben war ein eindeutiger, blau gefärbter Vermischungsbereich erkennbar, der sich langsam in Richtung des Reagenzglasbodens ausbreitete. Dieser Vermischungsbereich war beim Methanol am größten und nahm zum 1-Propanol hin ab. Es waren keine Phasengrenzen erkennbar.

Beim 1-Butanol und beim 1-Pentanol war dagegen deutlich eine Phasengrenze zu sehen. Die Alkanole bildeten jeweils die obere, blau gefärbte, organische Phase. Die untere wässrige Phase blieb farblos und klar. In den Gläsern 4 und 5 war kein Vermischungsbereich erkennbar.

Nach dem Schütteln hatten sich das Methanol, Ethanol und 1-Propanol vollständig mit dem Wasser vermischt. Die Lösungen waren vollständig und gleichmäßig blau gefärbt. Auch nach einer Wartezeit von 5 min war keine Phasengrenze erkennbar. Alle drei Lösungen waren klar. Dagegen trübte sich das 1-Butanol- und das 1-Pentanol-Gemisch beim Schütteln. Es lagen

schwach blau gefärbte, trübe Lösungen vor, bei denen sofort nach Schütteln die Auftrennung in zwei Phasen begann. Dabei bildete die obere Phase jeweils das blau gefärbte Alkanol. Die Blaufärbung der wässrigen Phase verschwand mit zunehmender Wartezeit fast vollständig. Beide Lösungen waren auch nach 5 min Wartezeit getrübt. Die 1-Pentanol Phase war etwa drei Mal größer als die 1-Butanol Phase.



Abb. 2.: Mischungsverhalten der Alkanole nach dem Überschichten.

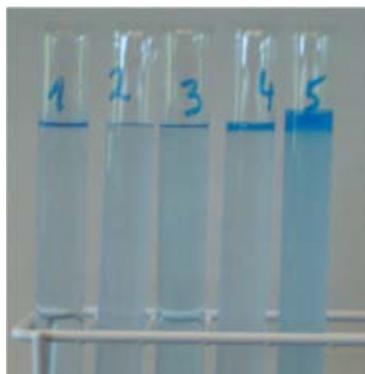


Abb. 3.: Mischungsverhalten der Alkanole nach dem Schütteln

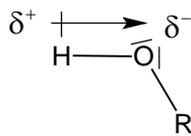
### **Entsorgung:**

Alle Lösungen wurden in den Sammelbehälter für organische Lösungsmittel gegeben.

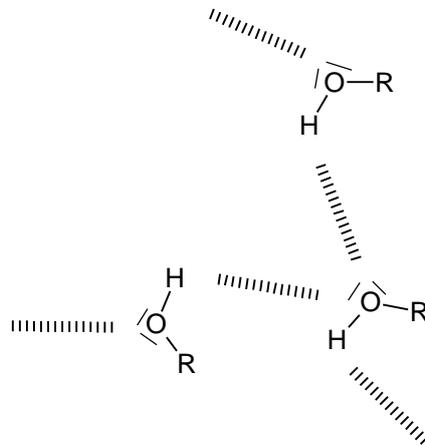
### **Fachliche Analyse:**

Alkanole sind Derivate der Kohlenwasserstoffe bei denen ein Wasserstoffatom durch eine Hydroxy-Gruppe (-OH) ersetzt ist. Man bezeichnet sie auch als Alkohole. Sie kommen in der Natur häufig und in vielfältiger Struktur vor. Einfache Alkohole haben günstige Lösungsmiteleigenschaften und werden häufig als solches benutzt. Andere sind wichtig für die Synthese komplexer Moleküle.

Die physikalischen Eigenschaften der Alkanole werden durch die Anwesenheit der funktionellen Hydroxy-Gruppe geprägt. Durch die hohe Elektronegativität des Sauerstoffatoms ist die O-H-Bindung stark polarisiert.



Dadurch kommt es, analog zum Wasser, zur Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen.



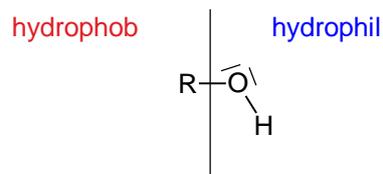
Die Ausbildung der Wasserstoffbrücken führt zu hohen Siedepunkten der Alkohole. Diese liegen im Vergleich zu den Alkanen und den Halogenalkanen deutlich höher. Mit steigender Kettenlänge der primären Alkohole steigt auch der Siedepunkt, da zu den Wasserstoffbrückenbindungen stärker werdende van der Waals-Kräfte hinzukommen. Die Tabelle soll diese Entwicklung an einigen ausgewählten Beispielen verdeutlichen.

Verbindung	Siedepunkt in °C
<b>Methanol</b>	<b>65</b>
Chlormethan	-24,2
Methan	-161,7
<b>Ethanol</b>	<b>78,5</b>
Chlorethan	12,3
Ethan	-88,6
<b>1-Propanol</b>	<b>97,4</b>
2-Chlorpropan	35,4
Propan	-42,1
<b>1-Butanol</b>	<b>117,3</b>
<b>1-Pentanol</b>	<b>138</b>

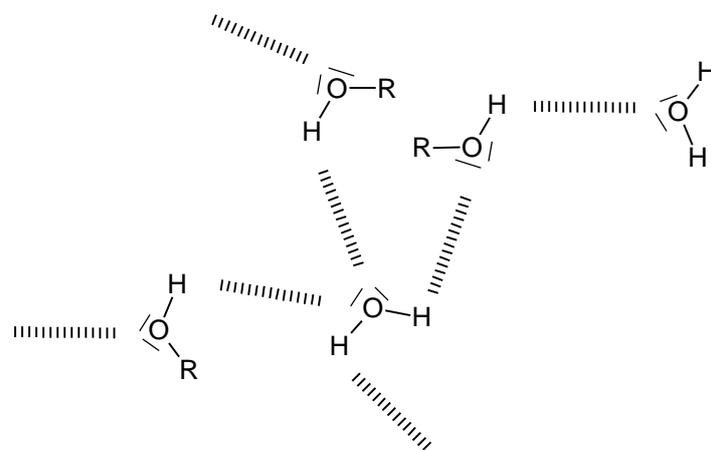
Tab. 1: Siedepunkte verschiedener Alkanole.

Die Fähigkeit der Alkanole zur Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen führt auch zur Wasserlöslichkeit der einfachen Alkohole. Das Alkanol-Molekül kann formal in zwei Ab-

schnitte unterteilt werden. Den hydrophoben Teil, bestehend aus der gesättigten Kohlenwasserstoffkette (-R) und dem hydrophilen Teil, bestehend aus der Hydroxy-Gruppe (-OH).



Bei kurzkettigen Alkoholen wie dem Methanol, Ethanol oder 1-Propanol ist der hydrophobe Charakter des Restes sehr klein. Der hydrophile Charakter, induziert durch die Hydroxy-Gruppe, überwiegt. Diese Alkohole sind praktisch in jedem Verhältnis mit Wasser mischbar. Es bilden sich Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Wasser- und den Alkoholmolekülen aus.



Ab einer Kettenlänge von vier Kohlenstoffatomen steigt der Einfluss des hydrophoben Molekülteils derart, dass die Mischbarkeit des Alkohols mit Wasser immer weiter abnimmt. Der hydrophobe Charakter des Gesamtmoleküls überwiegt nun, so dass es zur Phasenbildung kommt. 1-Butanol kann bei einer Temperatur von 23 °C nur noch zu 8 g/100 mL in Wasser gelöst werden. 1-Pentanol sogar nur noch zu 2,2 g/100 mL.

Der im Versuch verwendete blaue Farbstoff ist wasserunlöslich. Er wird allerdings aufgrund des organischen Restes von Alkanolen gelöst. Da Methanol, Ethanol und 1-Propanol unbegrenzt lösbar in Wasser sind, gab es auch keine Phasenbildung. Der im Alkohol gelöste Farbstoff wurde mit den Alkoholmolekülen gleichmäßig in der Probe verteilt. Aufgrund der guten Lösbarkeit waren alle drei Lösungen klar.

Das 1-Butanol löste sich nur zu etwa der Hälfte im Wasser. Aufgrund der schlechteren Wasserlöslichkeit wurde der Alkohol nur begrenzt vom Wasser aufgenommen. Im Vergleich dazu löste sich das 1-Pentanol noch schlechter im Wasser. Bei den Alkoholen mit hydrophobem Charakter kam es zur Phasenbildung. Aufgrund der geringeren Dichte setzte sich die organische Phase an der Oberfläche ab. Beim Schütteln der Proben trübten sich die Lösungen. Es bildeten sich kleine Alkoholtröpfchen, die nicht vom Wasser gelöst wurden, aber vollständig

von Wassermolekülen umgeben waren. Diese kleinen Tröpfchen sorgen für einen Trübungseffekt. Lässt man die Probe lange genug stehen, so steigen die Tröpfchen aufgrund der geringeren Dichte an die Oberfläche zurück und vereinigen sich dort mit der organischen Phase. Es liegen schließlich wieder zwei klare Phasen vor.

Durch die Kombination aus hydrophober Alkankette und polarer Hydroxy-Gruppe ergeben sich die vielfältigen Lösungsmittleigenschaften der Alkohole. Sie reichen dank des hydrophoben Molekülteils von Fettlöslichkeit, bis hin zur Fähigkeit Salze zu lösen. Dies ist z. B. bei einfachen Alkoholen wie Methanol oder Ethanol auf analoge Weise zum Wasser möglich. Mit der polaren Hydroxy-Gruppe können die Ionen des Salzes aus dem Ionengitter „herausgelöst“ werden. Die Alkoholmoleküle bilden dann eine Solvathülle um die Ionen.

### **Methodisch-didaktische Analyse:**

#### **1. Einordnung**

Der Versuch kann wie folgt in die Themengebiete des hessischen Lehrplans (G8) eingebettet werden.

<b>Jahrgangsstufe u. Unterrichtseinheit</b>	<b>Themengebiet</b>
7G.1	<u>Lösemittel, Löslichkeit</u> : Lösen fester, flüssiger und gasförmiger Stoffe in verschiedenen Lösemitteln (Wasser, Alkohol, Benzin).
9G.1	<u>Eigenschaften molekularer Stoffe</u> : Struktur-Eigenschafts-Beziehungen: weitere Beispiele für permanente Dipole; Schmelztemperatur, Siedetemperatur, Löslichkeit, Lösemittel. (Fakultativ)
10G	<u>Alkanole</u> : Homologe Reihe und Stoffeigenschaften; Nomenklatur; Einfluss der Hydroxylgruppe auf die Eigenschaften (Vgl. mit Alkanen und Wasser): Schmelz- und Siedetemperatur; Löslichkeit (Hydrophilie/Lipophilie); Wasserstoffbrückenbindungen.

#### **2. Aufwand**

Alle verwendeten Geräte und Materialien gehören zur Grundausstattung einer Chemie Sammlung. Die verwendeten Alkanole sind nicht preisintensiv und werden nur im Reagenzglasmaßstab verbraucht. Dies hält die Kosten des Versuchs zusätzlich niedrig. Die Versuchsvor- und Nachbereitungen sind nicht sehr aufwendig. Der Versuch ist auch als Schülerversuch innerhalb einer Schulstunde durchführbar. Damit ist dieses Experiment gut für den Unterricht geeignet.

#### **3. Durchführung**

Das Mischungsverhalten der einzelnen Alkanole ist gut aus der Nähe erkennbar. Ist der Versuch als Demonstrationsversuch geplant, so sollte beachtet werden, dass die Schüler nah an das Experiment herankommen müssen, um alle Effekte wahrnehmen zu können. Da alle Chemikalien nach HessGiss für Schülerversuche ab der Sekundarstufe I freigegeben sind, eignet sich dieser Versuch sehr gut als Schülerversuch. Für das verwendete Methanol ist jedoch eine Ersatzstoffprüfung vorgeschrieben.

### **Literatur:**

- Versuchsvorschrift aus: M. Just, A. Hradetzky, **Chemische Schulexperimente, Band 4**, 2. Auflage, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin, 1977.
- K. P. C. Vollhardt, N. E. Schore, **Organische Chemie, Dritte Auflage**, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 2000.
- Charles E. Mortimer, Ulrich Müller, **Chemie, das Basiswissen der Chemie**, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2003.
- **HessGiss-Datenbank**, V 11.0 – 2006/2007.
- [www.dguv.de](http://www.dguv.de), **GESTIS-Stoffdatenbank**, 2009, Zugriff: 01.06.09.
- **Lehrplan Chemie, Gymnasialer Bildungsgang, Jahrgangsstufen 7G bis 12G**, Hessisches Kultusministerium 2008.