

Teil 3

Chemische Wechselwirkung zwischen organischen Molekülen

Viele organische Substanzen sind flüssig, aber auch Feststoffe und Gase kommen vor. Manche Substanzen sind ölig und zäh, andere leichtflüssig. Manche sind flüchtig und verdampfen bei Raumtemperatur, andere haben erstaunlich hohe Siedetemperaturen. Einige sind gut wasserlöslich, andere überhaupt nicht.

Die Ursache solcher Unterschiede?
Chemische Wechselwirkungen!



Foto: T. Kreß, 2018

DARUM GEHT'S IN DIESER LernBOX

1.	Zwischen Kohlenwasserstoff-Molekülen können nur London-Wechselwirkungen ausgebildet werden. Ihre Stärke hängt von zwei Faktoren ab.
2.	Das Mischungsverhalten flüssiger Kohlenwasserstoffen lässt sich mithilfe von Wechselwirkungen erklären.
3.	Die Eigenschaften der Alkanole werden von London-Wechselwirkungen und Wasserstoffbrücken bestimmt.
4.	Zum Abschluss noch ein Blick auf Alkanale und Alkanone als Vertreter der Carbonylverbindungen

1. Zwischen Kohlenwasserstoff-Molekülen können nur London-Wechselwirkungen ausgebildet werden. Ihre Stärke hängt von zwei Faktoren ab.

Kohlenwasserstoff-Moleküle sind unpolare Moleküle und werden demnach nur durch London-Wechselwirkung zusammengehalten. Mit zunehmender Kettenlänge nimmt die Zahl an Elektronen und damit auch die Polarisierbarkeit der Moleküle zu. Konsequenz: Die London-Wechselwirkung zwischen den Molekülen wird stärker und damit steigen auch die Schmelz- und Siedetemperaturen aller Alkane sowie die Dichten und die Viskositäten (=Zähflüssigkeit) bei den flüssigen Alkanen.

	Methan	Ethan	Propan	n-Butan
Molekül	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀
Elektronenzahl	10	18	26	34
α	2,5	4,2	5,9	8,0
E _{ww} (London) in meV	6,25	17,6	34,8	64,0
Schmelztemperatur in °C	-182	-183	-186	-135
Siedetemperatur in °C	-162	-89	-42	-1
Dichte in g/cm ³	0,47*	0,57*	0,59*	0,60*

* im flüssigen Zustand nahe der Siedetemperatur

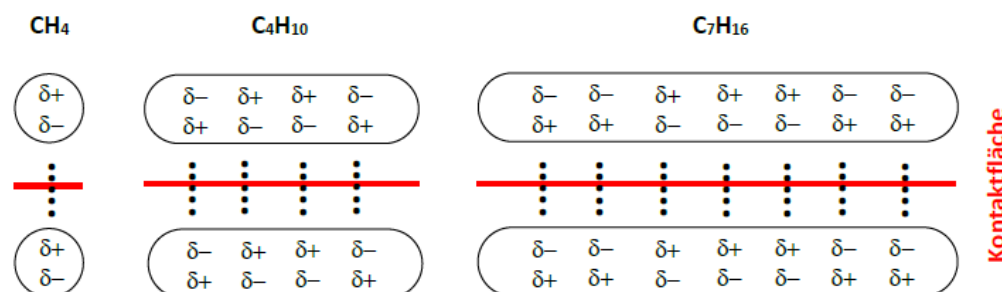


Tab. 1

	n-Pentan	n-Hexan	n-Heptan	n-Octan
Molekül	C ₅ H ₁₂	C ₆ H ₁₄	C ₇ H ₁₆	C ₈ H ₁₈
Elektronenzahl	42	50	58	66
α	9,9	11,6	13,4	15,2
E _{ww} (London) in meV	98,0	134,6	179,6	231,0
Schmelztemperatur in °C	-129	-94	-90	-56
Siedetemperatur in °C	36	69	98	126
Dichte in g/cm ³	0,63	0,66	0,68	0,70
Viskosität	nimmt zu →			

Die berechneten E_{ww}-Werte sind nur für mehr oder weniger kugelförmige Moleküle gültig. Als Orientierungswerte können sie aber bei den länger-kettigen Alkan-Molekülen verwendet werden.

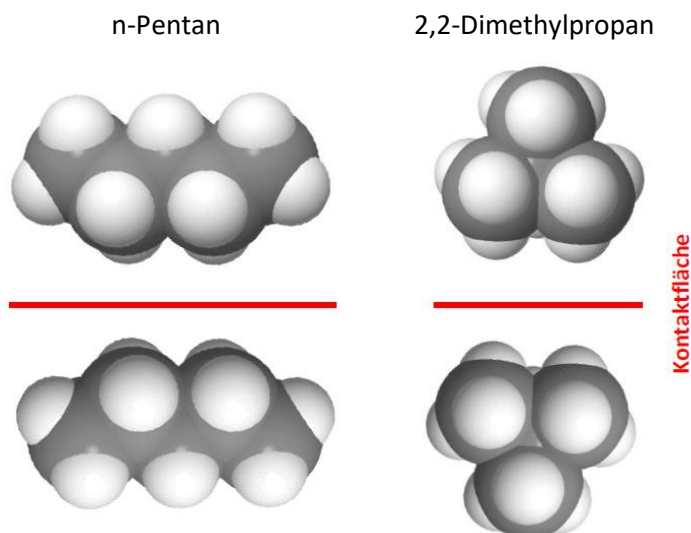
Neben der zunehmenden Polarisierbarkeit ist noch ein zweiter Effekt entscheidend, den wir bisher bei der Besprechung der London-Wechselwirkung ganz außer Acht gelassen haben: Mit zunehmender Kettenlänge nimmt auch die **Kontaktfläche** zwischen den Molekülen zu, und damit die Anzahl der Stellen im Molekül, an denen temporäre Teilladungen miteinander wechselwirken können.



Für Kohlenwasserstoff-Moleküle gilt: Mit zunehmender Kettenlänge nimmt die Polarisierbarkeit der Moleküle und die Kontaktfläche zwischen den Molekülen zu. Dementsprechend wird auch die London-Wechselwirkung immer stärker.

Wie entscheidend sich die Kontaktfläche auswirkt, erkennt man auch deutlich beim Vergleich isomerer Alkan-Moleküle und der zugehörigen Stoffe.

■ Beispiel: n-Pentan und 2,2-Dimethylpropan (C_5H_{12}). Trotz annähernd gleicher Polarisierbarkeit der Moleküle ($\alpha \approx 9,9$) unterscheiden sich die Siedetemperaturen der Stoffe erheblich: Während n-Pentan erst bei $36^\circ C$ siedet, ist 2,2-Dimethylpropan bereits oberhalb von $9,5^\circ C$ gasförmig.



Aufgabe 1

Die Moleküle A, B, und C sind Isomere mit der Summenformel C_8H_{18} . Sie alle haben in etwa die gleiche Polarisierbarkeit, nämlich $\alpha \approx 15,2$.

A: n-Octan B: 2-Methylheptan C: 2,2,4-Trimethylpentan

Ordne die drei zugehörigen Stoffe nach steigenden Siedetemperaturen. Begründe die Reihenfolge.

...



Aufgabe 2

Icosan ist ein festes Alkan. Das Icosan-Molekül ($C_{20}H_{42}$) hat eine Polarisierbarkeit von $\alpha \approx 38$. Icosan und alle noch höheren Alkane sind unter normalen Bedingungen nicht schmelzbar. Beim Erhitzen zersetzen sich die Stoffe und verkohlen.

Begründe dies.

...



Aufgabe 3

Auch beim Gecko spielen London-Wechselwirkungen eine Rolle.

Lies den mit dem QR-Code verlinkten Text und fasse zusammen.

Im Text ist (nicht ganz korrekt) von „Van-der- Waals-Kräften“ statt von „London-Wechselwirkungen“ die Rede.



...



2. Das Mischungsverhalten flüssiger Kohlenwasserstoffe lässt sich mithilfe von Wechselwirkungen erklären.

Nicht immer sind Flüssigkeiten einfach mischbar. Viele Flüssigkeiten „vertragen“ sich nicht und bleiben durch eine Phasengrenze voneinander getrennt. Auch flüssige Kohlenwasserstoffe haben da so ihre Vorlieben...

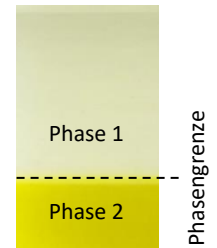


Experiment 1

■ Gib 1 cm hoch n-Heptan (GHS02 | GHS07 | GHS08 | GHS09) in ein Reagenzglas. Füge mit einer Pipette tropfenweise n-Octan (GHS02 | GHS07 | GHS08 | GHS09) hinzu. Schüttele und prüfe, ob sich die Flüssigkeiten miteinander vermischen, oder ob sich allmählich zwei Phasen bilden.

■ Wiederhole den Versuch mit n-Heptan und Wasser. Das Wasser kann z.B. mit Methylblau (GHS 07) gefärbt sein.

...



GHS02



GHS07



GHS08



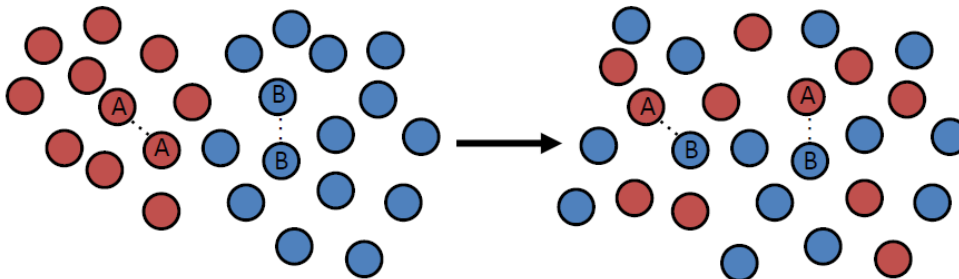
GHS09

Um nun das experimentelle Ergebnis zu erklären, führen wir ein **Modell für den Mischungsvorgang** ein: Wenn sich zwei Flüssigkeiten vermischen, vermischen sich auch ihre Teilchen. Dabei werden Wechselwirkungen zwischen gleichen Teilchen (A...A und B...B) überwunden und Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Teilchen (A...B und A...B) neu ausgebildet:

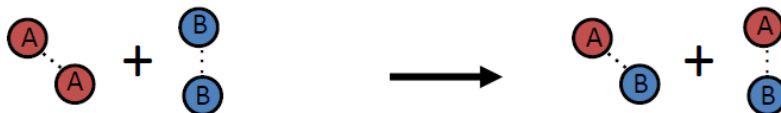
Flüssigkeit 1

Flüssigkeit 2

Gemisch



Reduzieren wir diesen Vorgang auf vier Teilchen:



Der Energiebetrag, der für die Überwindung der Wechselwirkung zwischen gleichen Teilchen aufgewendet werden muss, lässt sich ausdrücken durch

$$E_{\text{ww}}(\text{A}\cdots\text{A}) + E_{\text{ww}}(\text{B}\cdots\text{B}).$$

Der Energiebetrag, der umgekehrt bei der Ausbildung der Wechselwirkung zwischen verschiedenen Teilchen frei wird, lässt sich ausdrücken durch

$$E_{\text{ww}}(\text{A}\cdots\text{B}) + E_{\text{ww}}(\text{A}\cdots\text{B}) = 2 E_{\text{ww}}(\text{A}\cdots\text{B}).$$

Mischen und Lösen

Wenn sich zwei Flüssigkeiten miteinander vermischen, dann **löst** sich die eine Flüssigkeit in der anderen.

Zwei Flüssigkeiten sind **unbegrenzt mischbar**, wenn in jedem Mischungsverhältnis nur eine Phase entsteht. Andernfalls sind die Flüssigkeiten **nur begrenzt mischbar** oder im Extremfall auch (fast) **nicht mischbar**.

Der Vorgang ist energetisch möglich, wenn der Energiebetrag, der fürs Mischen aufgewendet werden muss, **kleiner oder zumindest nicht wesentlich größer** ist als der Energiebetrag, der beim Mischen frei wird, d.h. wenn gilt, dass

$$E_{ww}(A\cdots A) + E_{ww}(B\cdots B) \approx 2 E_{ww}(A\cdots B)$$

Um diese Bedingung von Fall zu Fall zu prüfen, arbeiten wir mit Wechselwirkungstabellen und den Symbolen

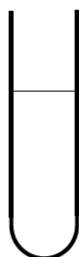
Diese Symbole kennst du schon aus der letzten LernBox.

0	wenn die betreffende Wechselwirkung gar nicht besteht
–	bei geringer Wechselwirkung
+	bei mittelstarker Wechselwirkung
++	bei starker Wechselwirkung

■ Mischbarkeit von n-Heptan und n-Octan. Zwei unpolare n-Heptan-Moleküle halten untereinander durch starke London-Wechselwirkung zusammen (A⋯A), ebenso zwei unpolare n-Octan-Moleküle (B⋯B). Aber auch ein n-Heptan-Molekül und ein n-Octan-Molekül (A⋯B) können auf diese Weise stark wechselwirken.

A: n-Heptan-Molekül

B: n-Octan-Molekül



eine organische Phase

	$E_{ww}(A\cdots A)$	$E_{ww}(B\cdots B)$	$2 E_{ww}(A\cdots B)$
London-WW	++	++	++ ++
Keesom-WW	0	0	0 0
H-Brücke	0	0	0 0

Fazit: Der Energiebetrag, der fürs Mischen aufgewendet werden muss (++++) entspricht nach dieser Abschätzung etwa dem Energiebetrag, der beim Mischen frei wird (++++). Daher ist der Vorgang energetisch möglich und die beiden Flüssigkeiten sind unbegrenzt mischbar. Es bildet sich eine gemeinsame Phase.

Warum können ein Wasser-Molekül und ein n-Heptan-Molekül keine Wasserstoffbrücke zueinander ausbilden?

???

■ Mischbarkeit von n-Heptan und Wasser. Aufgrund der geringen Polarisierbarkeit des polaren Wasser-Moleküls ($\alpha = 1,5$) bringt die London-Wechselwirkung mit einem unpolaren n-Heptan-Molekül nur einen geringen Energiebetrag – da hilft auch der Faktor „2“ nichts. Andererseits muss zuerst die starke Wasserstoffbrücke zwischen den beiden Wasser-Molekülen gebrochen werden. Sie kann aber zwischen dem Wasser- und dem n-Heptan-Molekül nicht wieder geschlossen werden.

A: n-Heptan-Molekül

B: Wasser-Molekül



organische Phase

wässrige Phase

	$E_{ww}(A\cdots A)$	$E_{ww}(B\cdots B)$	$2 E_{ww}(A\cdots B)$
London-WW	++	–	– –
Keesom-WW	0	–	0 0
H-Brücke	0	++	0 0

Fazit: Der Energiebetrag, der fürs Mischen aufgewendet werden müsste (++++) ist nach dieser Abschätzung deutlich größer, als der Energiebetrag, der beim Mischen frei würde (praktisch 0). Daher ist der Vorgang energetisch nicht möglich und die beiden Flüssigkeiten sind praktisch nicht mischbar. Es bilden sich zwei Phasen.

Hier zeigt sich ein Prinzip, das wir immer wieder aufgreifen werden: Sind die **Wechselwirkungsverhältnisse** bei den beiden Teilchenpaaren A...A und B...B **ähnlich**, dann ist damit zu rechnen, dass die Flüssigkeiten **mischbar** sind, sich also ineinander lösen. Sind die Wechselwirkungsverhältnisse hingegen sehr unterschiedlich, dann ist damit zu rechnen, dass die Flüssigkeiten sich nicht vermischen, sich also nicht ineinander lösen. Aus diesem Prinzip folgt ganz allgemein:

Kurz gesagt:
Ähnliches löst sich in Ähnlichem.
(*Similia similibus solvuntur.*)

Alle flüssigen Alkane sind miteinander mischbar. Mit Wasser ist kein flüssiges Alkan mischbar.

Zwei Beispiele aus dem Alltag verdeutlichen das:

- Gewöhnliches Benzin von der Tankstelle ist ein Gemisch verschiedener flüssiger Kohlenwasserstoffe, vor allem flüssiger Alkane. Aufgrund der Mischbarkeit all dieser Bestandteile ist Benzin ein einheitliches (=homogenes) Gemisch.
- Fließt Benzin in Wasser (z.B. an einer Tankstelle in eine Pfütze), so entsteht ein schillernder „Benzint Teppich“. Das bunte Schauspiel ist eine ziemliche Umweltsauerei, besonders dann, wenn größere Mengen Benzin oder direkt Erdöl auslaufen. Das geschieht leider immer wieder, z.B. wenn Öltanker Leck schlagen...*

Um das Mischungsverhalten von Flüssigkeiten zu beschreiben, geht man in der Chemie von zwei sehr unterschiedlichen „Testsubstanzen“ aus, nämlich von Wasser und Speiseöl.

Die Flüssigkeit ist mit Wasser mischbar . = Die Flüssigkeit ist hydrophil .	Die Flüssigkeit ist mit Speiseöl mischbar . = Die Flüssigkeit ist lipophil .
Die Flüssigkeit ist mit Wasser nicht mischbar . = Die Flüssigkeit ist hydrophob .	Die Flüssigkeit ist mit Speiseöl nicht mischbar . = Die Flüssigkeit ist lipophob .

Während Wasser-Moleküle polare Moleküle sind, die durch Wasserstoffbrücken zusammengehalten werden, sind Speiseöl-Moleküle fast völlig unpolar. Sie zeichnen sich durch lange Alkylketten aus und halten entsprechend durch starke London-Wechselwirkung zusammen. Der kleine Keesom-Anteil, der auf C-O-Bindungen in den Molekülen zurückzuführen ist, kann dabei vernachlässigt werden.

Dass n-Heptan hydrophob ist, haben wir in Experiment 1 deutlich gesehen. Aber wie vertragen sich n-Heptan und Speiseöl?



Experiment 2

- Gib 1 cm hoch n-Heptan (GHS02 | GHS07 | GHS08 | GHS09) in ein Reagenzglas. Füge mit einer Pipette tropfenweise Speiseöl hinzu. Schüttele und prüfe, ob sich die Flüssigkeiten miteinander vermischen, oder ob sich allmählich zwei Phasen bilden.
- Erkläre das Ergebnis mithilfe einer Wechselwirkungstabelle.

...

*) Interessant? Dann lies mal das hier:



Ein bisschen Griechisch kann nie schaden...

hydor	Wasser
lipos	Fett
philos	Freund
phobos	Furcht

Lehrerexperiment!

GHS02



GHS04

**Experiment 3**

- Etwas Flüssiggas (Butan, GHS 02 | GHS 04) wird in ein Reagenzglas abgefüllt. In das Reagenzglas wird vorsichtig Wasser zugetropft, das mit Methylenblau (GHS 07) angefärbt ist.
- Das Experiment wird wiederholt mit Flüssiggas und Speiseöl.
- Erkläre das Ergebnis mithilfe einer Wechselwirkungstabelle.

...

**Aufgabe 4**

Beurteile die Aussagen des folgenden Chatverlaufs aus chemischer Sicht.

Dummerle Gast	Hallo zusammen, wir schreiben bald Chemie und ich blick nicht durch! An der Tafel stand: Hydrophobe Stoffe bestehen aus unpolaren Molekülen. Lipophobe Stoffe bestehen aus polaren Molekülen. Was soll das denn nur heißen...HILFE!!!!!!!!!!
15.11.2017, 14.45	
Draufgänger Mitglied	Hallo, Du hast ja wohl echt geschlafen im Unterricht, oder? Ein Beispiel für den Satz an der Tafel ist n-Heptan: hydrophober Stoff, unpolare Moleküle. Den Rest kriegst du hin, oder...? 😊
15.11.2017, 16.03	Chemie ist cool!

...

**Aufgabe 5**

Kreuze die richtigen Aussagen an:

A: Flüssige Alkane sind...

- hydrophil und lipophob.
- hydrophil und lipophil.
- hydrophob und lipophob.
- hydrophob und lipophil.

B: Die Moleküle flüssiger Alkane sind...

- unpolar
- teils polar, teils unpolar
- polar

...

**Aufgabe 6**

Kannst du dich an Stellen im Chemie-Unterricht erinnern, an denen solche Mischungen eine Rolle gespielt haben?

???

Es müssen ja nicht immer organische Flüssigkeiten sein...

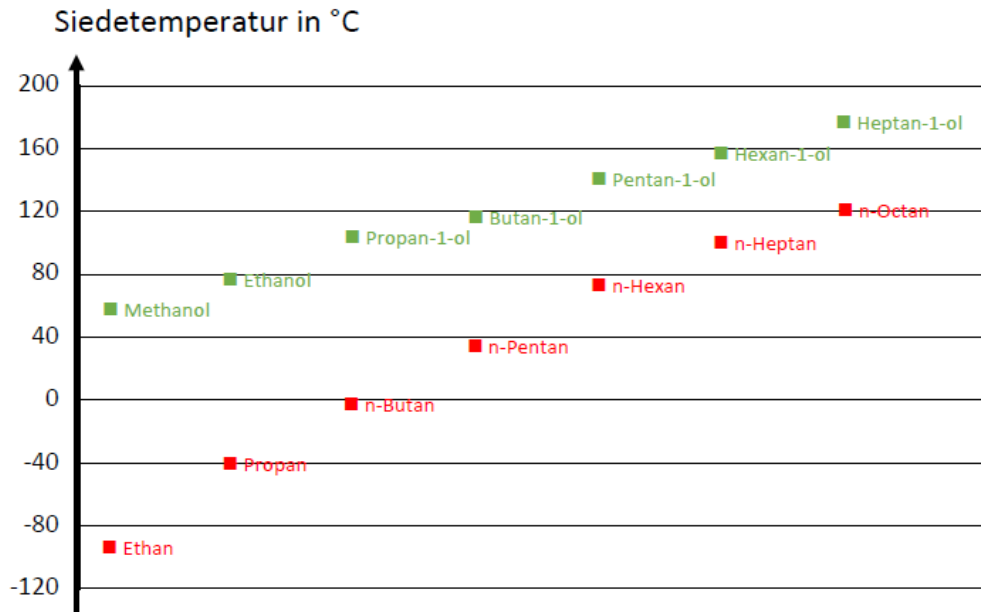
Brom ist eine sehr giftige, rotbraune Flüssigkeit.

Schätze mithilfe von Wechselwirkungstabellen ab, ob Brom besser mit n-Heptan oder besser mit Wasser mischbar ist.

...

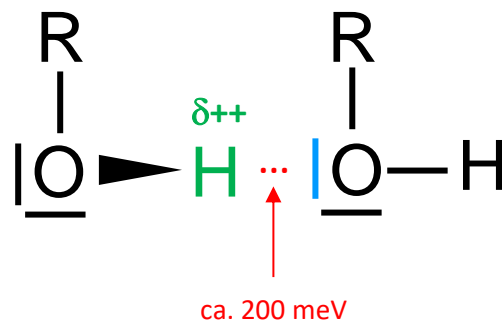
3. Die Eigenschaften der Alkanole werden von London-Wechselwirkungen und Wasserstoffbrücken bestimmt.

Vergleicht man Alkanole und Alkane, deren Moleküle aufgrund ähnlicher Elektronenzahlen auch ähnliche Polaritäten aufweisen (also Methanol mit Ethan, Ethanol mit Propan, usw.) so fällt auf, dass die Alkanole jeweils deutlich höher siedeln als die vergleichbaren Alkane. An der London-Wechselwirkung kann das nicht liegen!



Molekül	α
C ₂ H ₆	4,2
CH ₃ -OH	3,2
C ₃ H ₈	5,9
C ₂ H ₅ -OH	5,1
C ₄ H ₁₀	8,0
C ₃ H ₇ -OH	6,7
C ₅ H ₁₂	9,9
C ₄ H ₉ -OH	8,6
C ₆ H ₁₄	11,6
C ₅ H ₁₁ -OH	11,6
C ₇ H ₁₆	13,4
C ₆ H ₁₃ -OH	13,2
C ₈ H ₁₈	15,2
C ₇ H ₁₅ -OH	15,1

Die Erklärung hierfür liegt in der Struktur der Alkanol-Moleküle: Sie tragen einerseits eine polare Hydroxygruppe (-OH), andererseits einen unpolaren Alkylrest (R). Daher spielt für die Abschätzung von Stoffeigenschaften, die vom Zusammenhalt der Moleküle abhängen (z.B. Schmelz- und Siedetemperatur, Dichte und Viskosität) nicht nur die London-Wechselwirkung zwischen den Molekülen eine Rolle, sondern auch die Keesom-Wechselwirkung (immer $\mu \approx 1,7$ daher eher gering ausgeprägt), vor allem aber starke **Wasserstoffbrücken**.



Kennst Du noch die beiden Bedingungen für die Ausbildung von Wasserstoffbrücken? Sie sind hier beide erfüllt!

???

Besonders bei Alkanolen mit kurzkettingen Molekülen (Methanol, Ethanol, Propanol) ist die Wechselwirkung über Wasserstoffbrücken entscheidend. Mit wachsendem Alkylrest wird das Alkanol-Molekül insgesamt immer unpolarer und die Bedeutung der Wasserstoffbrückenbildung tritt mehr in den Hintergrund - nicht zuletzt auch deshalb, weil ihre Bildung durch den größer und voluminöser werdenden Rest immer stärker behindert wird. Kurz gesagt:

Alkanole mit langkettigen Molekülen verhalten sich alkanartig, Alkanole mit kurzkettingen Molekülen verhalten sich wasserartig.

Diese Regel lässt sich z.B. anwenden, um bei Alkanolen Fragen der Mischbarkeit zu beantworten. Sind Alkanole hydrophil oder hydrophob, lipophil oder lipophob? Das hängt sehr davon ab, ob man es mit langkettigen oder kurzkettigen Alkanol-Molekülen zu tun hat...



Experiment 4



GHS02



GHS07

■ Gib 1 cm hoch Ethanol (GHS02 | GHS07) in ein Reagenzglas. Füge mit einer Pipette tropfenweise Wasser hinzu, schüttele und prüfe, ob sich die Flüssigkeiten miteinander vermischen, oder ob sich allmählich zwei Phasen bilden. Das Wasser kann z.B. mit etwas Methylenblau (GHS 07) gefärbt sein.

■ Wiederhole den Versuch mit Hexan-1-ol (GHS02 | GHS07) und Wasser.

■ Prüfe entsprechend die Mischbarkeit von Ethanol und Hexan-1-ol mit Speiseöl. ■■■

Ethanol

Speiseöl

Im Experiment zeigt sich: Ethanol ist mit Speiseöl nicht beliebig mischbar. Gibt man zu viel Speiseöl zu, so setzt sich das Öl unten ab und es bilden sich zwei Phasen. Für ein wasserartiges Alkanol ist dieses Verhalten durchaus zu erwarten. Aber Ethanol kann auch anders: Mit dem lipophilen n-Heptan ist Ethanol vollständig mischbar. Hier zeigt sich Ethanol also von seiner lipophilen Seite. Die zugehörige Wechselwirkungstabelle lässt eine solche Möglichkeit nicht unbedingt vermuten:

A: n-Heptan-Molekül

B: Ethanol-Molekül

	$E_{ww}(A\cdots A)$	$E_{ww}(B\cdots B)$	$2 E_{ww}(A\cdots B)$
London-WW	++	–	+ +
Keesom-WW	0	–	0 0
H-Brücke	0	++	0 0

Zu beachten ist, dass die London-Wechselwirkung zwischen dem n-Heptan-Molekül ($\alpha=13,4$) und dem Ethanol-Molekül ($\alpha=5,1$) zumindest einen mittelgroßen Effekt (+) hat. Das führt letztendlich dazu, dass der Mischungsvorgang energetisch gerade noch möglich ist. Allerdings ist die Energiebilanz hier wirklich eine knappe Sache. Das zeigt sich, wenn man Ethanol gegen Methanol ersetzt:

A: n-Heptan-Molekül

B: Methanol-Molekül

	$E_{ww}(A\cdots A)$	$E_{ww}(B\cdots B)$	$2 E_{ww}(A\cdots B)$
London-WW	++	–	– –
Keesom-WW	0	–	0 0
H-Brücke	0	++	0 0

Die London-Wechselwirkung zwischen dem n-Heptan-Molekül ($\alpha=13,4$) und dem Methanol-Molekül ($\alpha=3,2$) bringt nicht genug Energie (–), so dass der Mischungsvorgang nicht, bzw. nur geringfügig möglich ist. Im Experiment zeigt sich: Die beiden Flüssigkeiten sind nicht gut mischbar.

Nimmt man Propanol statt Ethanol, so ist die Mischbarkeit mit n-Heptan natürlich erst recht kein Problem, und auch bei Alkanolen mit noch langkettigeren Molekülen nicht. Allerdings leidet dann die Hydrophilie: Propanol ist mit Wasser noch beliebig mischbar, aber bereits ab Butanol ist es mit der unbegrenzten Wasserliebe zu Ende.

Ein blöder Spruch am Rande: „Eine Hydroxylgruppe zieht drei C-Atome ins Wasser.“

A: Wasser-Molekül
B: Butan-1-ol-Molekül

Was soll das bedeuten?

???

	$E_{ww}(A \cdots A)$	$E_{ww}(B \cdots B)$	$2 E_{ww}(A \cdots B)$
London-WW	–	+	– –
Keesom-WW	–	–	– –
H-Brücke	++	++	++ ++

Kurz und gut:

Mit zunehmender Kettenlänge der Moleküle verhalten sich die zugehörigen Alkanole immer stärker lipophil und immer schwächer hydrophil.



Aufgabe 7

Brennenden Spiritus darf man mit Wasser löschen, bei brennendem Benzin darf Wasser jedoch nicht als Löschmittel eingesetzt werden. *

Begründe dies!

*) Was passiert, wenn man es doch versucht, siehst du in diesem Video:



Aufgabe 8

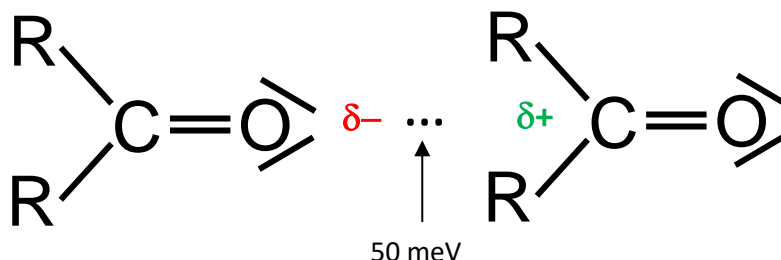
Beurteile die Aussagen des folgenden Chatverlaufs (Fortsetzung von Aufgabe 4) aus chemischer Sicht.

Dummerle Gast	Hallo, Hast Du auch ein Beispiel für lipophob/polar? Außer Wasser natürlich! 😊
15.11.2017, 16.22	
Draufgänger Mitglied	Hello again! Hatte grad noch was zu erledigen. Ethanol wäre ein solches Beispiel: lipophober Stoff, polare Moleküle. Chemie ist cool!
15.11.2017, 17.54	
Professor C. Mitglied	Lieber Draufgänger, Ethanol ist kein gutes Beispiel. Ethanol ist gleichzeitig lipophil und hydrophil, die Moleküle sind gleichzeitig polar und unpolar. Kannst du zu Hause ausprobieren mit Spiritus und Speiseöl.
15.11.2017, 19.12	

4. Zum Abschluss noch ein Blick auf Alkanale und Alkanone als Vertreter der Carbonylverbindungen

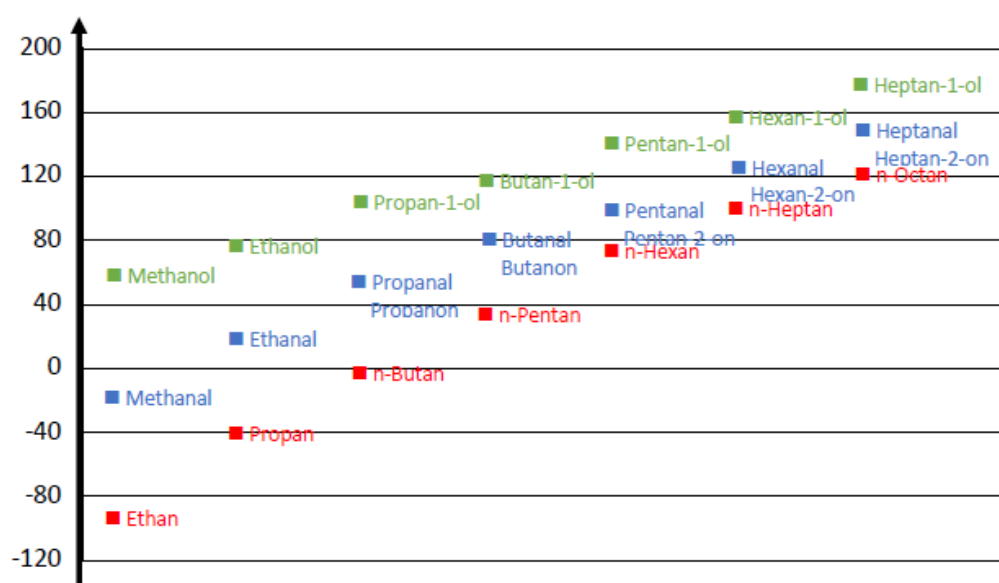
Alkanal-Moleküle und Alkanon-Moleküle können untereinander keine Wasserstoffbrücken ausbilden, dafür werden aber die Moleküle durch ziemlich starke **Keesom-Wechselwirkung** zusammengehalten. Das ist mit der polaren Carbonylgruppe (C=O) zu erklären, die zu starken permanenten Dipolen ($\mu = 2,3$ bis $2,9$) führt.

Hier kann „R“ entweder ein Alkylrest sein, oder ein H-Atom.



Die Siedetemperaturen der Alkanale bzw. Alkanone liegen entsprechend jeweils zwischen den Alkanolen und Alkanen, die von der Polarisierbarkeit ihrer Moleküle her vergleichbar sind.

Siedetemperatur in °C



Wie bei den Alkanol-Molekülen wird auch hier mit wachsendem Alkylrest das Molekül insgesamt immer unpolarer, die Bedeutung der Keesom-Wechselwirkung wird zunehmend geringer. Das wirkt sich natürlich auch auf das Mischungsverhalten dieser Stoffe aus.



Experiment 5

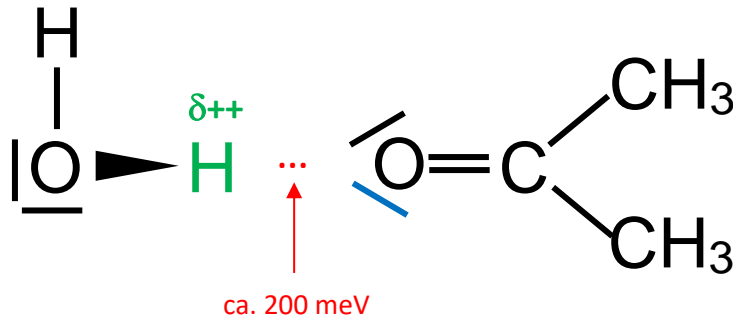


■ Gib 1 cm hoch Propanon (Aceton) (GHS02 | GHS07) in ein Reagenzglas. Füge mit einer Pipette tropfenweise Wasser hinzu, schüttle und prüfe, ob sich die Flüssigkeiten miteinander vermischen, oder ob sich allmählich zwei Phasen bilden. Das Wasser kann z.B. mit etwas Methylenblau (GHS 07) gefärbt sein.

■ Wiederhole den Versuch mit Propanon und n-Heptan.

...

■ Aceton ist beliebig mit Wasser mischbar. Wie kann das sein, obwohl doch Aceton-Moleküle untereinander keine Wasserstoffbrücken ausbilden können? Die Erklärung ist einfach: Was zwischen zwei Aceton-Molekülen nicht geht, ist zwischen einem Aceton- und einem Wasser-Molekül gut möglich:



Die Wechselwirkungstabelle zeigt daher eindeutig: Mischen is possible! Aceton ist eine durchaus hydrophile Flüssigkeit.

A: Wasser-Molekül
B: Propanon-Molekül

	$E_{ww}(A \cdots A)$	$E_{ww}(B \cdots B)$	$2 E_{ww}(A \cdots B)$
London-WW	-	+	--
Keesom-WW	-	+	--
H-Brücke	++	0	++ ++

■ Aceton zeigt sich aber auch als lipophiler Stoff. Die Polarisierbarkeit des Aceton-Moleküls ($\alpha = 6,3$) ist groß genug für eine unbegrenzte Mischbarkeit von Aceton und n-Heptan. Zur Erinnerung: mit Ethanol ($\alpha = 5,1$) hat das schließlich auch funktioniert.



Aufgabe 9

Schätze mithilfe von Wechselwirkungstabellen die Mischbarkeiten ab von

- a) Pentan-2-on und Wasser.
b) Ethanal und n-Heptan.

	α
Ethanal-Molekül	4,3
Pentan-2-on-Molekül	9,9

...

Aceton ist ein prima Lösungsmittel für ganz verschiedene Stoffe. Früher wurde Aceton im Nagellackentferner eingesetzt. Aufgrund der Giftigkeit von Aceton wird darauf heute meist verzichtet.

