

 **Thema: ZMK** , Aufgaben und Antworten

Lernziele resp. Fragengebiete:

- Ab [ZMK-01](#) : Teilchenebene
- Ab [ZMK-11](#) : Van-der-Waals Kräfte
- Ab [ZMK-20](#) : Dipol-Dipol-Ww
- Ab [ZMK-30](#) : Wasserstoffbrückenbindungen
- Ab [ZMK-40](#) : Ion-Dipol-Ww
- Ab [ZMK-51](#) : Prognose aufgrund ZMK-Kräfte

**Aufgabe: ZMK-01**

Begriff ZMK

Wofür steht das Wort ZMK

**Lösung:**

Das Wort ZMK ist eine Abkürzung für den Begriff **Zwischenmolekulare Kräfte**. Beachte, dass es wie im Wort gesagt um die Kräfte zwischen den Molekülen geht und nicht um die Kräfte innerhalb eines Moleküls. Je stärker diese Kräfte zwischen zwei Molekülen ist, desto schwerer kann ein einzelnes Molekül die Gemeinschaft verlassen (z.B. also verdampfen). Und umgekehrt kann gesagt werden, je schwächer die ZMKs sind, umso kleiner wäre z.B. der Schmelzpunkt oder Siedepunkt. Die ZMK's sind praktisch, um qualitativ eine grobe Abschätzung der Mischbarkeiten, Siedepunkte, Fliesseigenschaften etc. von Molekülen machen zu können.

**Aufgabe: ZMK-02**

Wie kann von zwei (oder auch mehreren) unterschiedlichen Molekülen beurteilt werden, welche den höheren Schmelzpunkt hat?

**Lösung:**

Im Prinzip geht es darum, dass geguckt wird, ob und welche der ZMK's der betreffende Stoff machen kann. Je mehr (verschiedene) ZMK's gebildet werden können, desto höher liegt auch sein Schmelz- resp. Siedepunkt. Es kann aber nicht auf den absoluten ('konkrete Zahl') Schmelz- resp. Siedepunkt geschlossen werden. Es können nur Vergleiche zwischen den verschiedenen Stoffe gemacht werden

**Aufgabe: ZMK-03**

Definiere Aggregatzustände

Was sind Aggregatzustände?

**Lösung:**

Aggregatzustände sind nichts anderes als die 'Beschaffenheit' eines Stoffes bei einer bestimmten Temperatur sowie eines bestimmten Druckes. Dieser Beschaffenheit sagen wir im Alltag und auch in Labor fest, flüssig und gasförmig. Wieso etwas im jeweiligen Aggregatzustand vorliegt kann mit den zwischenmolekularen Kräften (ZMK) geklärt werden.

**Aufgabe: ZMK-04**

Wie nennt man folgende Übergänge (Wechsel des Aggregatzustandes):

- a) fest → flüssig
- b) flüssig → fest
- c) flüssig → gasförmig
- d) gasförmig → flüssig
- e) fest → gasförmig
- f) gasförmig → fest

**Lösung:**

- a) fest → flüssig: schmelzen
- b) flüssig → fest: erstarren
- c) flüssig → gasförmig: verdampfen
- d) gasförmig → flüssig: kondensieren
- e) fest → gasförmig: sublimieren
- f) gasförmig → fest: resublimieren

**Aufgabe: ZMK-05**

Wenn eine Substanz siedet, verdampft ... was heisst dies eigentlich auf Teilchenebene?

**Lösung:**

Beim Verdampfen verliert ein Molekül (oder auch Atom) den Kontakt zu den anderen Teilchen. Die Kräfte zwischen den Molekülen sind zu klein, um die Bewegungsenergie (aufgrund der Temperatur) zu kompensieren. Somit verlässt das Teilchen den restlichen Verband. Achtung ... gefährlicher Mix zweier Ausdrücke: ZMK (Kraft) und Energie.

Zudem: Ein einzelnes Teilchen kann also nicht 'sieden'

### Aufgabe: ZMK-06

Gefrorenes Wasser (-10°C wird kontinuierlich erhitzt. Nachdem das Wasser den Siedepunkt erreicht hat wird Kochsazl hinzu gegeben, der Siedepunkt steigt noch ein wenig. Skizziere den Temperatur-Zeit-Verlauf und beschrifte die verschiedenen Bereiche.

#### Lösung:

Die ganze Situation beginnt z.B. bei -10°C Die zugeführte Wärme wird zuerst benötigt, um den Eiswürfel auf 0°C zu erwärmen. Bei 0°C wird nun die zugeführte Wärme benötigt, um den Eiswürfel zu schmelzen. Zwischen 0°C und 100°C wird nun die zugeführte Wärme benötigt, um das flüssige Wasser zu erwärmen. Ab 100°C wird die zugeführte Wärme für das Überführen des Wasser vom flüssigen in den gasförmigen Zustand. Wird nun jedoch noch Kochsazl hinzugefügt, so siedet die Salzwassermischung nun bei mehr als 100°C dies aufgrund der zusätzlichen Bindungen/Anziehungen zwischen den Kochsazlteilchen (Ionen) und dem polaren Wasser (Ion-Dipol-Wechselwirkungen)

Skizze [hier](#) als pdf

### Aufgabe: ZMK-11

Wie entsteht die Van-der-Waals-Kraft? Im folgenden auch nur kurz VdW-Kraft genannt.

#### Lösung:

Alle (neutrale) Atome sowie Moleküle sind von Elektronen umgeben. Diese negativ geladenen Elektronen umkreisen (im klassischen Sinne) den positiv geladenen Kern. Da die Elektronen asymmetrisch verteilt sind ergeben sich kurzfristige Dipole, da die negative und positive Ladung sich geometrisch gesehen nicht komplett aufheben. Diese kurzfristigen Dipole beeinflussen (induzieren) weitere Atome resp. Moleküle.

Grob kann folgendes gesagt werden: je mehr Elektronen vorhanden sind umso grösser ist auch die VdW-Kraft.

### Aufgabe: ZMK-12

Welche Moleküle oder Atome machen keine VdW-Kräfte?

#### Lösung:

VdW-Kräfte beruhen auf Elektronen. Atome ohne Elektronen wären positiv geladen (z.B.  $H^+$ ,  $He^{2+}$ ,  $Li^{3+}$  etc.), im Grunde genommen also wären nur die nackten Kerne vorhanden. Moleküle ohne Elektronen können keine gemacht werden, da für Bindungen ja explizit Elektronen gebraucht werden.

### Aufgabe: ZMK-13

Welchen Siedepunktrend kann man für zweifache ionisierte Heliumatome gemäss der ZMK erwarten? Grösser als 0 K? Weshalb?

#### Lösung:

Bei zweifach ionisierten Heliumatomen handelt es sich um  $He^{2+}$

- $He^{2+}$  machen keine VdW-Kräfte, da ja keine Elektronen vorhanden sind.
- Dipol-Dipol-Wechselwirkungen sind ebenfalls nicht vorhanden, da die Atome keinen permanenten Dipol aufweisen. Im Gegenteil, es sind Monopole vorhanden ( $He^{2+}$ ), welche sich gegenseitig abstossen
- Wasserstoffbrückenbindungen sind nicht möglich, da keine Wasserstoffatome vorhanden sind

Quintessenz: Die Teilchen stossen sich voneinander ab. Somit gäbe es keinerlei Gründe für  $He^{2+}$  als Feststoff auch bei 0 Kelvin vorzuliegen

### Aufgabe: ZMK-14

Bestimme die Anzahl der Elektronen folgender Moleküle resp. Atome.

- $C_6H_{12}O_6$
- $C_3H_6O$
- $H_2O$
- $NaBr$
- $Na$
- $Na^+$
- $H_3O^+$
- $CO_3^{2-}$

#### Lösung:

Mittels der Ordnungszahl (=Anzahl Protonen) eines Elementes kann auf die Anzahl der Elektronen geschlossen werden: nämlich

identisch bei neutralen Elementen, entsprechend angepasst bei negativer oder positiver Ladung.

- a)  $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 6 \cdot 6 + 12 \cdot 1 + 6 \cdot 8 = 96$  Elektronen
- b)  $C_3H_6O \rightarrow 3 \cdot 6 + 6 \cdot 1 + 8 = 32$  Elektronen
- c)  $H_2O \rightarrow 2 \cdot 1 + 8 = 10 e^-$
- d)  $NaBr \rightarrow 11 + 35 = 46 e^-$
- e)  $Na \rightarrow 11 e^-$
- f)  $Na^+ \rightarrow 11 - 1 = 10 e^-$
- g)  $H_3O^+ \rightarrow 3 \cdot 1 + 8 - 1 = 10 e^-$
- h)  $CO_3^{2-} \rightarrow 6 + 3 \cdot 8 + 2 = 32 e^-$

#### Aufgabe: ZMK-15

Gegeben seien  $H_2$  sowie He. Welche dieser beiden Substanzen hat den höheren Siedepunkt?

#### Lösung:

Es kommen nur VdW-Kräfte vor, die Anzahl der Elektronen beträgt jeweils 2 Elektronen. Da die Anzahl der Elektronen gleich ist (oder für andere Beispiele sehr ähnlich wäre) muss in diesem Fall über die Oberfläche des  $H_2$  resp. He eine Prognose gemacht.

Prinzipiell gilt ja, dass der Durchmesser (resp. Radius) eines Atoms im PSE von links nach rechts abnimmt, d.h.  $r(H) > r(He)$ . Somit gilt natürlich auch folgendes:  $Oberfläche(H_2) > Oberfläche(He)$ .

Da sich die Elektronen nun auf der grösseren Oberfläche besser verteilen können und somit die VdW-Kraft schwächer wird, gilt:  $Sdp(H_2) > Sdp(He)$ . Das Experiment bestätigt auch diese Vermutung ( $Sdp(H_2) = -253^\circ C$   $Sdp(He) = -269^\circ C$ )

#### Aufgabe: ZMK-16

Ordne die folgenden Stoffe nach steigenden Siedepunkten:  $Br_2$ ,  $Cl_2$ ,  $H_2$ ,  $I_2$ ,  $N_2$ , Ne.

#### Lösung:

Alle Moleküle sind nicht polar und können daher nur Van-der-Waals-Kräfte ausbilden. Somit gilt es die totale Anzahl der Elektronen pro Molekül zu bestimmen:

	Anzahl $e^-$	Experiment Sdp.
$H_2$	2	$-253^\circ C$
Ne	10	$-246^\circ C$
$N_2$	14	$-196^\circ C$
$Cl_2$	34	$-34^\circ C$
$Br_2$	70	$59^\circ C$
$I_2$	106	$186^\circ C$

Werden die Stoffe aufgrund der Anzahl der gesamte Elektronenanzahl sortiert, so ergibt sich die (nur experimentell zugängliche) Abfolge der Siedepunkte.

#### Aufgabe: ZMK-20

Wie erkennt man, ob ein Molekül polar ist oder nicht? Oder: Wann ist ein Molekül polar/ein Dipol? Oder: Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit ein Dipol entsteht? Oder: Was bedeutet Dipol?

#### Lösung:

Im ersten Schritt geht es darum, das Molekül korrekt zu zeichnen, inklusive Bindungswinkel. Danach wird jede Bindung einzeln betrachtet und aufgrund der EN-Werte der beteiligten Atom die Polaritätsrichtung entschieden. Dies indem vom elektropositiveren Atom zum elektronegativeren Atom die Polaritätsrichtung definiert sei. Im dritten Schritt werden die gezeichneten Pfeile ('Vektoren') addiert. Ergibt eine resultierende Kraft, so weist das Molekül einen (permanenten) Dipol auf. Oder auch anders gesagt: es ist polar. Als Vereinfachung gelte, dass C-H Bindungen üblicherweise für die Entscheidung nicht beigezogen werden müssen, da die EN-Werte der C resp. H-Atome praktisch identisch sind.

#### Aufgabe: ZMK-21

Was genau ist eine Dipol-Dipol Wechselwirkung?

#### Lösung:

Die Dipol-Dipol-Wechselwirkungen gehören zu den ZMK's. Weisen die Moleküle jeweils einen permanenten Dipol ('zwei Pole', bisschen

negativ wie auch bisschen positiv geladen) auf, so können sie sich aufgrund ihres Dipolcharakters gegenseitig anziehen.

### Aufgabe: ZMK-22

Zeichne folgende Moleküle unter Berücksichtigung des Bindungswinkels. Zeichne die relevanten Dipolmomente und entscheide, ob sich diese aufheben und das Molekül somit nicht polar ist oder ob die Dipolmomente sich nicht aufheben und das Molekül somit polar wäre.

Hinweis: die nicht bindenden Elektronenpaare sind als Punkte dargestellt

Hinweis: beachte, dass die C-H Dipolmomente nicht beachtet werden, da die EN-Werte von C und H sehr ähnlich sind

- Wasser
- Kohlendioxid
- CH<sub>2</sub>O
- CH<sub>3</sub>OH
- C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>
- C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>
- CH<sub>3</sub>NO
- CH<sub>3</sub>F
- CH<sub>3</sub>NH<sub>2</sub>

### Lösung:

Musterlösung [\[hier\]](#) als pdf

{a} } H-\$\dots\$(TR)O H	H <sub>(x+1.5,y+0,&gt;)</sub> O <sub>(x,y+1.5,&lt;)</sub> H	{Dipolmomenten heben sich nicht auf}	{ploar}
{b} } \$\dots\$(LbBlLlTl)O=C=\$\dots\$(TrRtRbBr)O	O <sub>(x+1.4,y+0,&lt;)</sub> C <sub>(x+1.4,y+0,&gt;)</sub> O	{Dipolmomenten heben sich auf}	{nicht ploar}
{c} } H/C` \$dots\$(LlTlTlRt)O \\H	C <sub>(x,y-1.5,&gt;)</sub> O	{Dipolmoment hebt sich nicht auf}	{ploar}
{d} } H-C< H>< H>-\$\dots\$(TR)O H	C <sub>(x+1.1,y,&gt;)</sub> O <sub>(x+0,y+1.5,&lt;)</sub> H	{Dipolmomenten heben sich nicht auf}	{ploar}
{e} } H-C% C-H		{nur apolare C-H-Bindungen}	{nicht ploar}
{f} } \$\slope(55)H\\C</H>_{(x1,N2)}C<\\H>/H		{nur apolare C-H-Bindungen}	{nicht ploar}
{g} } H-C< H>< H>-\$\dots\$(RbBr)N/\$\dots\$(TR)O`/	C <sub>(x+1.2,y+0,&gt;)</sub> N <sub>(x+1.1,y-1.3,&gt;)</sub> O	{Dipolmomenten heben sich nicht auf}	{ploar}
{h} } H-C< H>< H>-\$\dots\$(TRB)F	C <sub>(x+1.4,y+0,&gt;)</sub> F	{Dipolmoment heben sich nicht auf}	{nicht ploar}
{i} } H-C< H>< H>-\$\dots\$(B)N< H>-H	C <sub>(x+1.2,y+0,&gt;)</sub> N <sub>(x,y-1.5,&lt;)</sub> H <sub>(x+1.5,y,&lt;)</sub> H	{Dipolmoment heben sich nicht auf}	{nicht ploar}

### Aufgabe: ZMK-23

Gegeben seien folgende Moleküle. Markiere die nicht polaren Teile gelb und die polaren Teil grün. Beurteile, welcher Teil überwiegt und gib somit an, ob die Substanz insgesamt polar oder nicht polar wäre.

Hinweis: es gilt die Regel, dass 5 nicht polare Teile (z.B. CH<sub>2</sub>) ungefähr einem polaren Teil (z.B. COOH) entspricht

{a} } H-C< H>< H>-C< H>< H>-\$\dots\$(TR)O H
{b} } \$\slope(55)H\\C</H>_{(x1,N2)}C<\\H>/OH
{c} } H-C< H>< H>-C< H>< H>-C< H>< H>-C< H>< H>-C< H>< H>-C< H>< H>-C< H>< H>-\$\dots\$(TR)O H
{}

### Lösung:

{gelb: nicht polarer Teil}	
{grün: polarer Teil}	
{a} } H-C< H>< H>-C< H>< H><\$bg(yellow,to:1;6)H>-\$\dots\$(TR)O \$bg(lime,to:8;8)H	{Substanz polar}

{b} } $\text{H}_2\text{C}=\text{O}$	{Substanz polar}
{c} } $\text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H}$ $\text{H}-\text{H}-\text{H}-\text{H}-\text{H}-\text{H}-\text{H}-\text{H}-\text{H}-\text{H}-\text{H}-\text{H}$	{Substanz nicht polar}

### Aufgabe: ZMK-24

Beurteile und begründe, bei welcher Substanz ein höherer Siedepunkt zu erwarten wäre.

{a} } HF { resp. } HCl
{b} } H <sub>2</sub> O { resp. } H <sub>2</sub> S

### Lösung:

- a) HF ist polarer als HCl, weil ... :  
 HF:  $\Delta\text{EN} 1.8$ , HCl:  $\Delta\text{EN} 1.4$   
 Daher:  $\text{Sdp}(\text{HF}) > \text{Sdp}(\text{HCl})$   
 Experiment:  $\text{Sdp}(\text{HF}) = 20^\circ\text{C}$ ,  $\text{Sdp}(\text{HCl}) = -84^\circ\text{C}$ ,
- b) H<sub>2</sub>O polarer als H<sub>2</sub>S, weil ...  
 H<sub>2</sub>O:  $\Delta\text{EN} 1.3$ , H<sub>2</sub>S:  $\Delta\text{EN} 0.2$   
 Daher:  $\text{Sdp}(\text{H}_2\text{O}) > \text{Sdp}(\text{H}_2\text{S})$   
 Experiment:  $\text{Sdp}(\text{H}_2\text{O}) = 100^\circ\text{C}$ ,  $\text{Sdp}(\text{H}_2\text{S}) = -60^\circ\text{C}$ ,

Ein weiterer, sehr wichtiger Punkt ist, dass HF sowie aus H<sub>2</sub>O jeweils Wasserstoffbrückenbindungen mit sich bilden können. Daher liegen ihre Siedepunkte sicherlich auch höher.

### Aufgabe: ZMK-30

Erkläre was Wasserstoffbrücken sind.

### Lösung:

Zur Ausbildung von H-Brücken braucht es verschiedene Zutaten: Ein Atom, welches ....

- an eines der Atome F, O oder N kovalent gebunden ist. Konkret also irgendeine Kombination mit F-H, O-H oder N-H.
- Auf der Gegenseite (also gegenüber des Wasserstoffs via F-H, O-H resp. N-H) ein freies Elektronenpaar (wiederum Bestandteil eines F, N oder O-Atoms)
- Zu guter Letzt muss die räumliche Anordnung linear sein; z.B.:  $-\text{O}-\text{H} \cdots |$ .

Beachte, dass die H-Brücke nicht wie die kovalente Bindung mit einem Strich sondern mit (ca.) drei Punkten angedeutet wird. Als Merkregel kann das Wort 'FÖHN' verwendet werden. Beispiel einer Wasserstoffbrückenbindung zwischen zwei Wassermolekülen:

### Aufgabe: ZMK-31

Wie verwendet man das Wort FÖHN in Chemie?

### Lösung:

Diese Eselsbrücke verweist auf die Zutaten einer H-Brücke: Antwort siehe unter ZMK, Wasserstoffbrücken.

### Aufgabe: ZMK-32

Gegeben seien folgende Moleküle. Ist pro Teilaufgabe nur ein Molekül gegeben, so sollen - falls möglich - Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Molekülen eingezeichnet werden.

Sind pro Teilaufgabe zwei verschiedene Moleküle gegeben, so sollen - falls möglich - Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den beiden verschiedenen Molekülen eingezeichnet werden.

**Die nicht bindenden Elektronenpaare sind hier als Doppelpunkte eingetragen.**

{a} } {Wasser}
{b} } H <sub>2</sub> O + NH <sub>3</sub>
{c} } NH <sub>3</sub>
{d} } HF
{e} } CH <sub>3</sub> OH
{f} } CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>

{g} } CH<sub>3</sub>F

**Lösung:**

{a} } H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> O{:}	H- $\overset{\text{RB}}{\text{O}}\text{< H>}_2\text{H-}\overset{\text{RB}}{\text{O}}\text{< H>}$
{b} } H <sub>2</sub> O + NH <sub>3</sub> {:}	H- $\overset{\text{BR}}{\text{O}}\text{< H>}_2\text{H-}\overset{\text{R}}{\text{N}}\text{< H>}< H>$
{b} ... oder }	H- $\overset{\text{B}}{\text{N}}\text{< H>}_2\text{H-}\overset{\text{LR}}{\text{O}}\text{< H> H}$
{b} ... oder }	H  $\overset{\text{LB}}{\text{O}}\text{< H>}_2\text{H-}\overset{\text{L}}{\text{N}}\text{< H>}< H>$
{c} } NH <sub>3</sub> + NH <sub>3</sub> {:}	H- $\overset{\text{R}}{\text{N}}\text{< H>}< H>_2\text{H-}\overset{\text{R}}{\text{N}}\text{< H>}< H>$
{d} } HF + HF{:}	H- $\overset{\text{TRB}}{\text{F}}\text{< H>}_2\text{H-}\overset{\text{TRB}}{\text{F}}$
{e} } CH <sub>3</sub> OH + CH <sub>3</sub> OH	H-C< H>< H>- $\overset{\text{TB}}{\text{O}}\text{< H>}_2\text{H-}\overset{\text{LB}}{\text{O}}\text{< H>}< H>$
{f} } H-C< H>< H>- $\overset{\text{TB}}{\text{O}}\text{< H>}< H>$ -H	{keine H-Brücken möglich, H nicht an O gebunden}
{g} } H-C< H>< H>- $\overset{\text{TBR}}{\text{F}}$	{keine H-Brücken möglich, H nicht an F gebunden}

**Aufgabe: ZMK-40**

Gegeben sei ein Kilogramm Kochsalz. Wieviel kg Wasser braucht es mindestens, um ...

- a) jedes Natriumion sowie b) jedes Ion mit 6 Wasser-Molekülen zu umhüllen.

**Lösung:**

Stoff	M(g/mol)	m(g)	n(mol)
NaCl	58.5	1000	1000/58.5 = 17.09
H <sub>2</sub> O	18	1846	6 · 17.09 = 102.56

a) Es braucht also 1846 Gramm Wasser um jede Natriumion mit jeweils 6 Wassermolekülen zu umhüllen. b) Da pro NaCl je ein Na<sup>+</sup> sowie ein Cl<sup>-</sup> vorhanden sind, braucht es also doppelt soviel Wasser also total 3692 Gramm Wasser.

**Aufgabe: ZMK-41**

Man mischt 1 kg schmelzendes Eis und 1 kg siedendes Eis. Welche Temperatur hat die Mischung, wenn alles Eis geschmolzen ist?

Wichtige Gleichungen:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T \text{ [kJ]; } c_w = 4.185 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$$

$$L_f = 338.8 \text{ kJ/kg; Wärmemenge Eis schmelzen [kJ/kg]}$$

**Lösung:**

- Grundgedanke: Das heisse Wasser kühlt sich ab, das kalte Wasser erwärmt sich
- Es gelten folgende Abkürzungen: H für Heiss, K für Kalt, M für Mischung
- Das Eis muss zuerst geschmolzen werden (L<sub>f</sub> ist die benötigte Energie) und kann dann erst auf die Mischtemperatur erwärmt werden
- $Q(100^\circ\text{C} \rightarrow T_M) = Q(\text{Eis schmelzen, } 0^\circ\text{C} \rightarrow T_M)$
- $m_H \cdot c_w \cdot (100^\circ\text{C} - T_M) = m_K \cdot L_f + m_K \cdot c_w \cdot (T_M - 0^\circ\text{C})$
- Celsius in Kelvin umrechnen, m<sub>H</sub> = m<sub>K</sub> = m (!)
- $m \cdot c_w \cdot (373\text{K} - T_M) = m \cdot L_f + m \cdot c_w \cdot (T_M - 273\text{K})$
- $T_M = [c_w \cdot (373\text{K} + 273\text{K}) - L_f] / (2 \cdot c_w)$
- $T_M = [4.185 \text{ kJ/kgK} \cdot (373\text{K} + 273\text{K}) - 335.5 \text{ kJ}] / (2 \cdot 4.185 \text{ kJ/kgK}) = 283.2 \text{ K} = 10.2^\circ\text{C}$

Die Mischung hätte also eine Temperatur von ca. 10 Grad Celsius.

**Aufgabe: ZMK-51**

Gegeben seien folgende Moleküle. Ordne die folgenden Moleküle in der Reihenfolge ihres Siedepunkts, startend vom höchsten zum tiefsten Siedepunkt (Sdp.).

{A:}	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
{B:}	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OCH <sub>3</sub>

{C:}	CH <sub>3</sub> CHOHCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
{D:}	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> C-ONa {resp.} (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> C-O <sup>-</sup> Na <sup>+</sup>

**Lösung:**

- Die Verbindung D ist ionisch und hat somit den höchsten Siedepunkt
- C enthält eine -OH-Verbindung, kann also Wasserstoffbrückenbindungen ausbilden
- B ist im Gegensatz zu A polar
- Aufgrund dieser Fakten gilt: Sdp(D) > Sdp(C) > Sdp(B) > Sdp(A)

**Aufgabe: ZMK-52**

Gegeben seien folgende Moleküle. Argumentiere eindeutig, bei welchem Molekül der höchste Siedepunkt zu erwarten wäre.

{A:}	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
{B:}	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH
{C:}	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> Cl
{D:}	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>

**Lösung:**

- Die Moleküle A und D bilden nur Van-der-Waals-Kräfte aus
- B und C sind zusätzlich polar
- nur B kann Wasserstoffbrückenbindungen machen.
- Aufgrund dieser Fakten gilt: Substanz B hat den höchsten Siedepunkt

**Aufgabe: ZMK-53**

Gegeben seien folgende Moleküle. Ordne die folgenden Moleküle in der Reihenfolge ihres Siedepunkts, startend vom höchsten zum tiefsten Siedepunkt (Sdp.).

{A:}	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH
{B:}	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> ONa {resp.} CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> O <sup>-</sup> Na <sup>+</sup>
{C:}	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> O
{D:}	HOCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH

**Lösung:**

- nur B kann ionische Bindungen machen: höchster Sdp
- A und D können Wasserstoffbrückenbindungen machen, wobei D mehr Möglichkeiten hat wie A
- C ist polar, sonst keine ionische resp. Wasserstoffbrückenbindungsmöglichkeiten, daher tiefster Sdp
- Quintessenz: Sdp(B) > Sdp(D) > Sdp(A) > Sdp(C)

**Aufgabe: ZMK-54**

Gegeben seien folgende Moleküle. Ordne die folgenden Moleküle in der Reihenfolge ihres Siedepunkts, startend vom höchsten zum tiefsten Siedepunkt (Sdp.).

A:	CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>
B:	CH <sub>3</sub> NHCH <sub>3</sub>
C:	CH <sub>3</sub> N

**Lösung:**

- A und B können Wasserstoffbrückenbindungen machen, C nicht: C hat daher den tiefsten Sdp
- A kann mehr Wasserstoffbrückenbindungen machen als B
- Quintessenz: Sdp(A) > Sdp(B) > Sdp(C)

**Aufgabe: ZMK-55**

Gegeben seien folgende Moleküle. Ordne die folgenden Moleküle in der Reihenfolge ihres Siedepunkts, startend vom höchsten zum

Gegeben seien folgende Moleküle. Ordne die folgenden Moleküle in der Reihenfolge ihres Siedepunkts, startend vom höchsten zum tiefsten Siedepunkt (Sdp.).

A:	<chem>\OH</chem>
B:	<chem>\\\OH</chem>
C:	<chem>\\\OH</chem>
D:	<chem>\\\\OH</chem>

**Lösung:**

- Alle sind polar, alle machen Wasserstoffbrückenbindungen. Einziger Unterschied: die Van-der-Waals-Kräfte als Funktion der totalen Anzahl Elektronen unterscheidet sich von Molekül zu Molekül
- Quintessenz:  $Sdp(D) > Sdp(B) > Sdp(C) > Sdp(A)$
- Experiment:  $Sdp(A)=351\text{ K}$  ;  $Sdp(B)=411\text{ K}$  ;  $Sdp(C)=391\text{ K}$  ;  $Sdp(D)=430\text{ K}$

#### Aufgabe: ZMK-56

Gegeben seien folgende Moleküle. Ordne die folgenden Moleküle in der Reihenfolge ihres Siedepunkts, startend vom höchsten zum tiefsten Siedepunkt (Sdp.).

A:	<chem>\\\V</chem>
B:	<chem>\V</chem>
C:	<chem>\\\</chem>
D:	<chem>\\\\</chem>

**Lösung:**

- Alle Verbindungen sind reine Kohlenwasserstoff-Verbindungen, also gibt es nur Van-der-Waals-Wechselwirkungen.
- Van-der-Waals-Kräfte sind eine Funktion der totalen Anzahl Elektronen
- Quintessenz:  $Sdp(D) > Sdp(A) > Sdp(C) > Sdp(B)$
- Experiment:  $Sdp(A)=341\text{ K}$  ;  $Sdp(B)=272\text{ K}$  ;  $Sdp(C)=309\text{ K}$  ;  $Sdp(D)=372\text{ K}$

#### Aufgabe: ZMK-57

Gegeben seien folgende Moleküle. Ordne die folgenden Moleküle in der Reihenfolge ihres Siedepunkts, startend vom höchsten zum tiefsten Siedepunkt (Sdp.).

A:	<chem>\V&lt; O&gt;\OH</chem>
B:	<chem>\\\V&lt; O&gt;\OH</chem>
C:	<chem>/&lt;&gt; O&gt;\OH</chem>
D:	<chem>\V&lt; O&gt;\OH</chem>

**Lösung:**

- Alle Verbindungen sind Carbonsäuren und somit in der Lage, Wasserstoffbrückenbindungen auszubilden, polar.
- Sie sind aber unterschiedlich 'gross', sprich haben jeweils eine unterschiedliche totale Anzahl Elektronen, was hier wiederum entscheidend ist.
- Quintessenz:  $Sdp(B) > Sdp(A) > Sdp(D) > Sdp(C)$

#### Aufgabe: ZMK-58

Gegeben seien folgende Moleküle. Ordne die folgenden Moleküle in der Reihenfolge ihres Siedepunkts, startend vom höchsten zum tiefsten Siedepunkt (Sdp.).

A:	<chem>\\\OH</chem>
B:	<chem>/&lt;&gt; O&gt;\\\</chem>
C:	<chem>HO\\OH</chem>
D:	<chem>/&lt;&gt; O&gt;\</chem>

**Lösung:**

- A und C können Wasserstoffbrückenbindungen machen, B und D nicht
- C kann doppelt so viele Wasserstoffbrückenbindungen machen wie A
- B macht mehr VdW-Wechselwirkungen als D
- Quintessenz:  $Sdp(C) > Sdp(A) > Sdp(B) > Sdp(D)$

### Aufgabe: ZMK-59

Gegeben seien folgende Substanzen. Ordne die folgenden Moleküle in der Reihenfolge ihres Siedepunkts, startend vom höchsten zum tiefsten Siedepunkt (Sdp.).

A:	<chem>\ 0&gt;\ H</chem>
B:	<chem>\ OH</chem>
C:	<chem>CO2</chem>
D:	<chem>NaCl</chem>

### Lösung:

- Bei D handelt es sich um ein Salz, es sind also Ionen vorhanden
- Kohlendioxid, C, ist nicht polar und macht nur Van-der-Waals-Wechselwirkungen
- A und B sind beide polar, jedoch macht nur B Wasserstoffbrückenbindungen
- Quintessenz:  $Sdp(D) > Sdp(B) > Sdp(A) > Sdp(C)$

### Aufgabe: ZMK-60

Gegeben sei die Summenformel  $C_2H_6O$ . Zeichne zwei verschiedene Moleküle und bestimme, welche der beiden Moleküle einen höheren Siedepunkt haben sollte.

### Lösung:

Die beiden gezeichneten Moleküle:

{A:}	<chem>\ OH { resp. : } H-C&lt; H&gt;&lt; H&gt;-C&lt; H&gt;&lt; H&gt;-\$dots(TR)O H</chem>
{B:}	<chem>/O\  { resp. : } H-C&lt; H&gt;&lt; H&gt;-\$dots(TB)O-C&lt; H&gt;&lt; H&gt;-H</chem>

Um eine Prognose der Siedepunkte machen zu können, gilt es, alle möglichen ZMKs zu berücksichtigen:

- **VdW-Kräfte:** Beide Moleküle machen die gleichen Beiträge, da ja die gleiche Summenformel vorliegt und somit auch die Summe der Elektronen gleich wäre (jeweils 26 Elektronen)
- **Dipol-Dipol-Wvr:** Beide Moleküle sind insgesamt gesehen polar, oder anders ausgedrückt: der polare Teil des Moleküls (Verknüpfungen mit O) überwiegt, der nicht polare Teil (Verknüpfungen C-H) ist kleiner
- **Wasserstoffbrücken:** Nur A kann Wasserstoffbrückenbindungen ausbilden, B nicht (H muss an O, F oder N gebunden sein)
- Quintessenz: Prognose  $Sdp(A) > Sdp(B)$
- Das Experiment bestätigt unsere Prognose: A  $78^\circ C$ , B  $-25^\circ C$

### Aufgabe: ZMK-61

Gegeben seien die untenstehende Moleküle, wobei folgendes gelte: 1,2-Propandiol ist dickflüssiger als 1-Propanol, jedoch dünnflüssiger als 1,2,3-Propantriol.

- Erkläre auf Teilchenebene die unterschiedliche Viskosität (Zähflüssigkeit).
- Zeichne ein Netz von 5 Propanolen mit dem Aufbau R-OH (R sei ein Rest von CH\_2CH\_3)

1-Propanol	<chem>H-C-C-C-O-H; H #2 H; H #3 H; H #4 H</chem>
1,2-Propandiol	<chem>H-C-C-C-O-H; H #2 H; H #3 O H; H #4 H</chem>
1,2,3-Propantriol	<chem>H-C-C-C-O-H; H #2 O H; H #3 O H; H #4 H</chem>

### Lösung:

a)

- Beim Fließen bewegen sich Moleküle aneinander vorbei
- Je schwächer die Kräfte zwischen den Molekülen ist, umso eher einfacher ist das Fließen, resp. desto dünnflüssiger ist die Substanz
- Der Hauptunterschied der drei Substanzen liegt in der Anzahl der -OH Bindungen und somit der Möglichkeit, Wasserstoffbrückenbindungen auszubilden. Je mehr -OH-Bindungen zur Verfügung stehen, desto mehr Wasserstoffbrückenbindungen gibt es also.
- 1,2,3-Propantriol kann am meisten Wasserstoffbrückenbindungen (mit sich selbst untereinander) machen und ist daher am

1,2,3-Propantriol kann am meisten Wasserstoffbrückenbindungen (mit sich selbst untereinander) machen und ist daher am dickflüssigsten und 1-Propanol am dünnflüssigsten.

b)

**Aufgabe: ZMK-62**

Gegeben seien die folgenden Stoffe. Erkläre auf Teilchenebene den unterschiedlichen Aggregatzustand bei Zimmertemperatur (20°C).

Stoff	{Formel}	Aggregatzustand
A: Propan	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	gasförmig
B: Propanol	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH	flüssig
C: Dodecan	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> CH <sub>3</sub>	flüssig
D: Dodecanol	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> CH <sub>2</sub> OH	fest

**Lösung:**

- Propan und Dodecan (A sowie C): jeweils nur Kohlenwasserstoffgerüste vorhanden und somit nur Van-der-Waals-Kräfte. Bei C liegt eine lange Kohlenwasserstoffkette vor, viele VdW-Kräfte im Gegensatz zu A, welches nur eine kurze Kette vorliegen hat. C hat somit mehr VdW-Kräfte als A, flüssiger Aggregatzustand.
- Propanol sowie Dodecanol (B sowie D): D macht mehr VdW-Kräfte wie B, da dieses eine längere Kohlenwasserstoffkette vorliegen hat. Zusätzlich machen beide noch Wasserstoffbrückenbindungen, daher liegt D sogar im festen Zustand vor.
- Dodecan sowie Dodecanol (C und D): D macht zusätzlich zu C noch Wasserstoffbrückenbindungen, daher macht D (im Vergleich nun zu C) unter sich mehr Wechselwirkungen und liegt daher im festen Aggregatzustand vor.

**Aufgabe: ZMK-63**

Erkläre, wieso sich Hexanol nicht mit Wasser mischt, Ethanol hingegen schon. Sollte sich Propan-1,2-Diol mit Hexanol oder Ethanol besser mischen?

Hexanol	H-C-C-C-C-C-O-H; H #2 H; H #3 H; H #4 H; H #5 H; H #6 H; H #7 H
Ethanol	H-C-C-OH; H #2 H; H #3 H
Propan-1,2-Diol	H-C-C-C-O-H; H #2 H; H #3 O H; H #4 H

**Lösung:**

**Teilfrage 1:** Hexanol hat zwar einen polaren Teil (-OH), jedoch einen viel grösseren nicht polaren Teil und mischt sich daher nicht mit Wasser. Ethanol hingegen hat ebenfalls den polaren OH-Teil, jedoch einen viel kleineres nicht polares Kohlenwasserstoffgerüst. Daher mischt sich Ethanol gut mit dem polaren Wasser.

**Teilfrage 2:** Propan-1,2-Diol weist 2 polare OH-Teile auf und 3 nicht polare C-H Teil. Somit kann gesagt werden, dass der polare Anteil des Moleküls überwiegt und die Substanz sich in einem polaren Lösungsmittel lösen sollte. Als Wahl bietet sich z.B. Wasser als auch Ethanol an.

**Aufgabe: ZMK-70**

Zeichne die Lewisformeln der folgenden Moleküle. Trage die Partialladungen (nicht C-H) ein. Gib jeweils an, welches Dipole sind und welche Moleküle untereinander Wasserstoffbrückenbindungen ausbilden. Nenne die entscheidende zwischenmolekulare Wechselwirkung unter sich selbst. Beurteile, ob sich die Substanz mit dem gegebenen Molekül mischen würde.

Aufgabenstellung komplett [\[hier\]](#) als pdf

	Lewisformel	Dipolmoment	H-Brücke	ZMK?	Mischbar mit ..
{a} } HCl					{Wasser}
{b} } CH <sub>4</sub>					{Wasser}
{c} } CH <sub>2</sub> O					{Wasser}
{d} } H <sub>3</sub> CCl					{Wasser}
{e} } CCl <sub>4</sub>					{Wasser}
{f} } CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> SH					{Olivenöl}

{g} } HCOOH				{Heptan }, C7H16	
{h} } He				{Pentanol } C5H11OH	
{i} } H2S				{Wasser}	
{j} } NH3				{Ethanol} CH3CH2OH	

**Lösung:**

	Lewisformel	Dipolmoment	H-Brücke	ZMK?	Mischbar mit ..	
{a} } HCl	H-Cl	{ja}	{nein}	{Dipol-Dipol}	{Heptan }, C7H16	{nein}
{b} } CH4	$\text{\$L(1.2)\{C\}<_(A135)H><_(A-135)H><_(A45,w+)H><_(A-45,d+)H>}$	{nein}	{nein}	{VdW}	{Wasser}	{nein}
{c} } CH2O	$\text{H}\backslash\text{\$L(1.0)C<' /H>=O \{ }$	{ja}	{nein}	{Dipol-Dipl}	{Wasser}	{ja}
{d} } H3CCl	$\text{\$L(1.2)\{C\}<_(A135)H><_(A-135)H><_(A45,w+)H><_(A-45,d+)Cl>}$	{ja}	{nein}	{Dipol-Dipol}	{Wasser}	{ja}
{e} } CCl4	$\text{\$L(1.2)\{C\}<_(A135)Cl><_(A-135)Cl><_(A45,w+)Cl><_(A-45,d+)Cl>}$	{nein}	{nein}	{VdW}	{Wasser}	{nein}
{f} } CH3CH2CH2CH2SH	$\text{H}\backslash\text{C/C}\backslash\text{C/C}\backslash\text{S/H; } \$slope(60)\text{H/\#2}\backslash\text{H; } \text{H}\backslash\text{\#3/H; } \text{H/\#4}\backslash\text{H; } \text{H}\backslash\text{\#5/H;}$	{ja, schwach}	{nein}	{VdW}	{Olivenöl}	{ja}
{g} } HCOOH	$\text{H/C O}\backslash\text{\O/H}$	{ja}	{ja}	{H-Brücken}	{Heptan }, C7H16	{nein}
{h} } He	He	{nein}	{nein}	{VdW}	{Pentanol } C5H11OH	{ja, schwach}
{i} } H2S	$\text{H/S}\backslash\text{H}$	{ja}	{nein}	{Dipol-Dipol}	{Wasser}	{ja}
{j} } NH3	$\text{H}\backslash\text{\$dots(U)N<_(A100,w+)H>' /dH}$	{ja}	{ja}	{H-Brücken}	{Ethanol} CH3CH2OH	{ja}

Aufgabenstellung komplett [hier](#) als pdf