

Drill&Practice: Zwischenmolekulare Kräfte

1. Ordnen Sie die folgenden Stoffe nach steigenden Siedepunkten:
 Br_2 , Cl_2 , H_2 , I_2 , N_2 , Ne .

Anleitung Fragen Sie sich zuerst, welche zwischenmolekularen Kräfte überhaupt existieren können. Suchen Sie nicht einfach im PSE die Siedepunkte heraus, das können Sie später zur Kontrolle machen. Schauen Sie nach offensichtlichen Regelmässigkeiten und gruppieren Sie die anderen Elemente dann logisch darum herum. Begründen Sie Ihre Wahl.

Siedepunkte sind von den ZMK abhängig. Welche ZMK treten hier auf?

Wasserstoffbrücken können es nicht sein, denn dafür sind die Voraussetzungen (N,O,F; H-Atom; freies e^- Paar) nicht gegeben.

Können es Dipol-Dipol-Wechselwirkungen sein? Bei den Molekülen wurden immer 2 gleiche Atome verwendet. Diese erzeugen aufgrund ihrer identischen Elektronegativität keine Dipol, somit existieren auch keine DDWW.

Die Siedepunkte können also ausschliesslich über van-der-Waals-Kräfte erklärt werden: sie sind abhängig von Anzahl der Elektronen und der Oberfläche des Teilchens (je mehr und je grösser, umso stärker die Kräfte).

In der Reihe Cl_2 , Br_2 , I_2 nehmen Elektronenzahl und Grösse zu. Der nächste Kandidat in der Anzahl der Elektronen ist N_2 , dann folgen Ne und H_2 . Bei der Beurteilung von Ne und H_2 könnte es zu einem Konflikt zwischen Anzahl der Elektronen und Grösse der Oberfläche kommen. Neon hat 10 Elektronen, H_2 nur 2. H_2 ist als Molekül aber grösser als Ne . Hier lässt sich eine Einordnung nicht eindeutig vornehmen.

Steigende Siedepunkte:

Siedepunkte					
H_2	Ne	N_2	Cl_2	Br_2	I_2
20.3	27.1	77.4	239.1	332.3	458.4 K
-253.9	-246.1	-195.8	-34.1	59.2	185.3 °C

Lesen Sie den Text im Skript noch einmal genau.

2. Hat Wasserstoff oder Helium den höheren Siedepunkt?

Beide (He , H_2) haben die gleiche Anzahl Elektronen aber Wasserstoff hat als Molekül H_2 die grössere Oberfläche, damit auch die erhöhte Fähigkeit Elektronen zu verschieben. Wasserstoff hat den höheren Siedepunkt. (He 4.2 K, H_2 20.3 K)

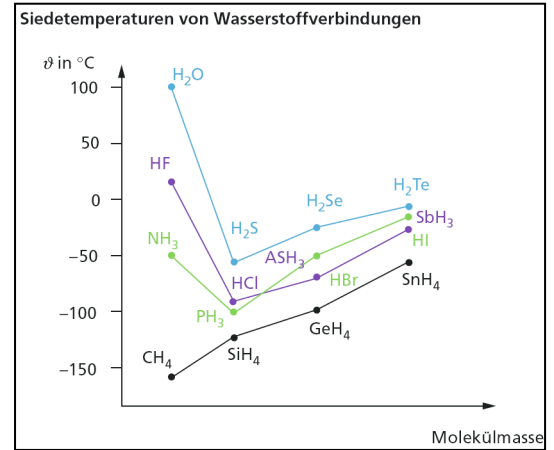
3. Hat Wasser oder Sauerstoff den höheren Siedepunkt? Begründen Sie.

Wasser hat einen permanenten Dipol, Sauerstoff nicht. Daher muss Wasser einen höheren Siedepunkt haben als Sauerstoff, da nur temporäre Dipole ausbilden kann.

Wasser besitzt ausserdem die Fähigkeit Wasserstoffbrücken zu bilden, daher muss der Siedepunkt weit oberhalb dem des Sauerstoffs mit seinen vdW-Kräften liegen. Siedepunkte H_2O

373.15 K, 100 °C, O_2 90.2 K, -183 °C

4. Die rechte Grafik zeigt eine Reihe von Verbindungen mit Wasserstoff (Wasserstoffverbindungen). Da der Verlauf der Siedepunkte sich nicht nur durch eine zwischenmolekulare Kraft allein erklären lässt, muss man alle berücksichtigen.



- a) Erklären Sie den Sturz der Siedetemperatur von H₂O nach H₂S und den nachfolgenden leichten Anstieg über H₂Se nach H₂Te (Wasserstoffverbindungen der 6. Hauptgruppe).

Die Fähigkeit zur Bildung von Wasserstoffbrücken hängt vom Unterschied der Elektronegativitäten ab (hohe Polarität der Bindung). H₂O bildet Wasserstoffbrücken aus, H₂S nicht mehr, besonders auch weil die Voraussetzungen (N,O,F; H-Atom; freies e⁻ Paar) fehlen. Damit springt die Siedetemperatur ruckartig vom H₂O zum H₂S.

Anmerkung: Für die ZMK kann eine Reihenfolge der Wichtigkeit aufgestellt werden: Wenn ein Molekül H-Brücken ausbildet, dann sind die anderen DDWW und vdW nicht wichtig. Besonders für vdW-Kräfte gilt, wenn ein Molekül schon einen permanenten Dipol besitzt, dann sind die vdW zu vernachlässigen. Wie in der folgenden Tabelle ersichtlich, kommt es aber auf die Stärker der Dipole an.

Der Anstieg der Siedepunkte von H₂S zu H₂Te ist nicht durch die DDWW zu erklären, da zwar die Siedepunkte ansteigen, die Dipolkräfte aber durch abnehmende ΔEN immer schwächer werden. Damit ist der Anstieg nur durch die stärker werdenden van-der-Waals-Kräfte zu erklären. vdW können sich aber nur dann gegen DDWW durchsetzen, wenn die Dipole schwach sind. Eine Zahl für die minimale ΔEN kann hier nicht angegeben werden. Vielleicht liegen sie bei 0.5. Es kann aber nicht behauptet werden, ein ΔEN unter 0.5 sei kein Dipol.

	H ₂ O	H ₂ S	H ₂ Se	H ₂ Te
Dipol-Kräfte f(ΔEN)	1.24	0.38	0.35	0.1 (rechnerisch -0.1 aber nur der Betrag zählt als Unterschied)
Wasserstoffbrücken	ja	nein	nein	nein
van-der-Waals-Kr. f(e ⁻ Zahl)	10	18	36	54

- b) Warum fällt bei den Wasserstoffverbindungen der 4. Hauptgruppe von CH₄ nach SnH₄ das CH₄ so aus dem Rahmen? Fällt es überhaupt aus dem Rahmen?

Die Moleküle sind (fast) unpolar, es können (fast) nur van-der-Waals-Kräfte wirken. Aufgrund der tetraedrischen Molekülgeometrie ist es nicht möglich einen Dipol zu induzieren. Ein Dipol bedeutet immer einen Ladungsunterschied links-rechts oder oben-unten, aber nicht aussen-innen, das ist dann kein Dipol bzw. das Molekül ist symmetrisch.

Die Reihe von CH₄ zu SnH₄ ist eine gleichmässige Reihe der van-der-Waals-Kräfte. Es kommt keine neue zwischenmolekulare Kraft hinzu. Daher fällt eigentlich nicht das CH₄, sondern das H₂O aus dem Rahmen. (Anmerkung: Vielleicht haben Sie erkannt, dass die Reihen in Aufgabe 4a) und 4b) isoelektronisch sind, das heisst sie besitzen die gleiche Anzahl Elektronen z.B. H₂S und SiH₄. Trotzdem ist der Siedepunkt von H₂S wesentlich höher als der von SiH₄. Dies liegt an der Fähigkeit des H₂S einen leichten permanenten Dipol auszubilden (aber keine Wasserstoffbrücken).

	CH ₄	SiH ₄	GeH ₄	SnH ₄
van-der-Waals-Kr. f(e ⁻ Zahl)	10	18	36	54

c) Wie ist das sehr unregelmässige Sinken der Siedetemperaturen $H_2O \rightarrow HF \rightarrow NH_3 \rightarrow CH_4$ zu erklären? Welche Regelmässigkeit würden Sie erwarten, wenn bei allen Molekülen die gleichen zwischenmolekularen Kräfte wirksam wären?
 Man könnte aufgrund von ΔEN eine Reihe $HF \rightarrow H_2O \rightarrow NH_3 \rightarrow CH_4$ für möglich halten. Wasser kann jedoch 2, HF nur eine Wasserstoffbrücke ausbilden. Daher ist der Siedepunkt von Wasser höher. NH_3 kann auch nur eine Wasserstoffbrücke ausbilden, die Polarität der Bindung ist aber niedriger, als die vom HF. Das CH_4 liegt in dieser Reihe erstaunlich tief (Erklärung Antwort b).

d) Wie schätzen Sie jetzt den Lebensstoff Wasser ein?
 Wasser ist ein Allererbstoff, aber er ist ganz und gar nicht trivial.

5. Welche der folgenden Stoffe lassen sich mit Wasser mischen?

CH_3CH_2OH , CH_3COOH , CO_2

CH_3CH_2OH = Ethanol, mischbar da H-Brücke

CH_3COOH = Essigsäure, mischbar da H-Brücke

CO_2 nicht mischbar, da weder H-Brücke noch Dipol (nur vdW)

6. Zwischenmolekulare Kräfte im Überblick

Kreuzen Sie an und beurteilen Sie Siede- u. Schmelztemperatur, Aggregatzustand und Wasserlöslichkeit.

Möglicherweise müssen Sie die Struktur zeichnen, ohne die häufig eine Beurteilung nicht möglich ist.

	Formel	ZMK	Siede- u. Schmelztemperatur	Aggregatzustand	Wasserlöslichkeit
Wasserstoff	H_2	<input type="checkbox"/> eine H-Brücke <input type="checkbox"/> zwei H-Brücken <input type="checkbox"/> starke DDWW <input type="checkbox"/> schwache DDWW <input type="checkbox"/> starke vdW-Kr. <input checked="" type="checkbox"/> schwache vdW-Kr.	<input type="checkbox"/> eher hoch <input type="checkbox"/> eher mittel <input checked="" type="checkbox"/> eher tief	<input type="checkbox"/> eher fest <input type="checkbox"/> eher flüssig <input checked="" type="checkbox"/> eher gasförmig	<input checked="" type="checkbox"/> eher nicht wasserlöslich <input type="checkbox"/> eher wasserlöslich
Ethanol	CH_3CH_2OH	<input checked="" type="checkbox"/> eine H-Brücke <input type="checkbox"/> zwei H-Brücken <input type="checkbox"/> starke DDWW <input type="checkbox"/> schwache DDWW <input checked="" type="checkbox"/> starke vdW-Kr. <input type="checkbox"/> schwache vdW-Kr.	<input type="checkbox"/> eher hoch <input checked="" type="checkbox"/> eher mittel <input type="checkbox"/> eher tief	<input type="checkbox"/> eher fest <input checked="" type="checkbox"/> eher flüssig <input type="checkbox"/> eher gasförmig	<input type="checkbox"/> eher nicht wasserlöslich <input checked="" type="checkbox"/> eher wasserlöslich
Chlorwasserstoff	HCl	<input type="checkbox"/> eine H-Brücke <input type="checkbox"/> zwei H-Brücken <input checked="" type="checkbox"/> starke DDWW <input type="checkbox"/> schwache DDWW <input type="checkbox"/> starke vdW-Kr. <input type="checkbox"/> schwache vdW-Kr.	<input type="checkbox"/> eher hoch <input checked="" type="checkbox"/> eher mittel <input type="checkbox"/> eher tief	<input type="checkbox"/> eher fest <input type="checkbox"/> eher flüssig <input checked="" type="checkbox"/> eher gasförmig	<input type="checkbox"/> eher nicht wasserlöslich <input checked="" type="checkbox"/> eher wasserlöslich
Butan	C_4H_{10}	<input type="checkbox"/> eine H-Brücke <input type="checkbox"/> zwei H-Brücken <input type="checkbox"/> starke DDWW <input type="checkbox"/> schwache DDWW <input checked="" type="checkbox"/> starke vdW-Kr. <input type="checkbox"/> schwache vdW-Kr.	<input type="checkbox"/> eher hoch <input checked="" type="checkbox"/> eher mittel <input type="checkbox"/> eher tief	<input type="checkbox"/> eher fest <input type="checkbox"/> eher flüssig <input checked="" type="checkbox"/> eher gasförmig	<input checked="" type="checkbox"/> eher nicht wasserlöslich <input type="checkbox"/> eher wasserlöslich
Methan	CH_4	<input type="checkbox"/> eine H-Brücke <input type="checkbox"/> zwei H-Brücken <input type="checkbox"/> starke DDWW <input type="checkbox"/> schwache DDWW <input type="checkbox"/> starke vdW-Kr. <input checked="" type="checkbox"/> schwache vdW-Kr.	<input type="checkbox"/> eher hoch <input type="checkbox"/> eher mittel <input checked="" type="checkbox"/> eher tief	<input type="checkbox"/> eher fest <input type="checkbox"/> eher flüssig <input checked="" type="checkbox"/> eher gasförmig	<input checked="" type="checkbox"/> eher nicht wasserlöslich <input type="checkbox"/> eher wasserlöslich
Kohlenstoffdioxid	CO_2	<input type="checkbox"/> eine H-Brücke <input type="checkbox"/> zwei H-Brücken <input type="checkbox"/> starke DDWW <input type="checkbox"/> schwache DDWW <input type="checkbox"/> starke vdW-Kr. <input checked="" type="checkbox"/> schwache vdW-Kr.	<input type="checkbox"/> eher hoch <input type="checkbox"/> eher mittel <input checked="" type="checkbox"/> eher tief	<input type="checkbox"/> eher fest <input type="checkbox"/> eher flüssig <input checked="" type="checkbox"/> eher gasförmig	<input checked="" type="checkbox"/> eher nicht wasserlöslich <input type="checkbox"/> eher wasserlöslich

Ameisensäure	HCOOH	<input type="checkbox"/> eine H-Brücke <input checked="" type="checkbox"/> zwei H-Brücken <input type="checkbox"/> starke DDWW <input type="checkbox"/> schwache DDWW <input type="checkbox"/> starke vdW-Kr. <input type="checkbox"/> schwache vdW-Kr.	<input checked="" type="checkbox"/> eher hoch <input type="checkbox"/> eher mittel <input type="checkbox"/> eher tief	<input type="checkbox"/> eher fest <input checked="" type="checkbox"/> eher flüssig <input type="checkbox"/> eher gasförmig	<input type="checkbox"/> eher nicht wasserlöslich <input checked="" type="checkbox"/> eher wasserlöslich
Ammoniak	NH_3	<input checked="" type="checkbox"/> eine H-Brücke <input type="checkbox"/> zwei H-Brücken <input type="checkbox"/> starke DDWW <input type="checkbox"/> schwache DDWW <input type="checkbox"/> starke vdW-Kr. <input type="checkbox"/> schwache vdW-Kr.	<input type="checkbox"/> eher hoch <input checked="" type="checkbox"/> eher mittel <input type="checkbox"/> eher tief	<input type="checkbox"/> eher fest <input type="checkbox"/> eher flüssig <input checked="" type="checkbox"/> eher gasförmig	<input type="checkbox"/> eher nicht wasserlöslich <input checked="" type="checkbox"/> eher wasserlöslich
Diethylether	$(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{O}$	<input type="checkbox"/> eine H-Brücke <input type="checkbox"/> zwei H-Brücken <input checked="" type="checkbox"/> starke DDWW <input type="checkbox"/> schwache DDWW <input type="checkbox"/> starke vdW-Kr. <input checked="" type="checkbox"/> schwache vdW-Kr.	<input type="checkbox"/> eher hoch <input checked="" type="checkbox"/> eher mittel <input type="checkbox"/> eher tief	<input type="checkbox"/> eher fest <input checked="" type="checkbox"/> eher flüssig <input type="checkbox"/> eher gasförmig	<input checked="" type="checkbox"/> eher nicht wasserlöslich <input type="checkbox"/> eher wasserlöslich
Palmitinsäure	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	<input type="checkbox"/> eine H-Brücke <input checked="" type="checkbox"/> zwei H-Brücken <input type="checkbox"/> starke DDWW <input type="checkbox"/> schwache DDWW <input checked="" type="checkbox"/> starke vdW-Kr. <input type="checkbox"/> schwache vdW-Kr.	<input checked="" type="checkbox"/> eher hoch <input type="checkbox"/> eher mittel <input type="checkbox"/> eher tief	<input checked="" type="checkbox"/> eher fest <input type="checkbox"/> eher flüssig <input type="checkbox"/> eher gasförmig	<input checked="" type="checkbox"/> eher nicht wasserlöslich <input type="checkbox"/> eher wasserlöslich