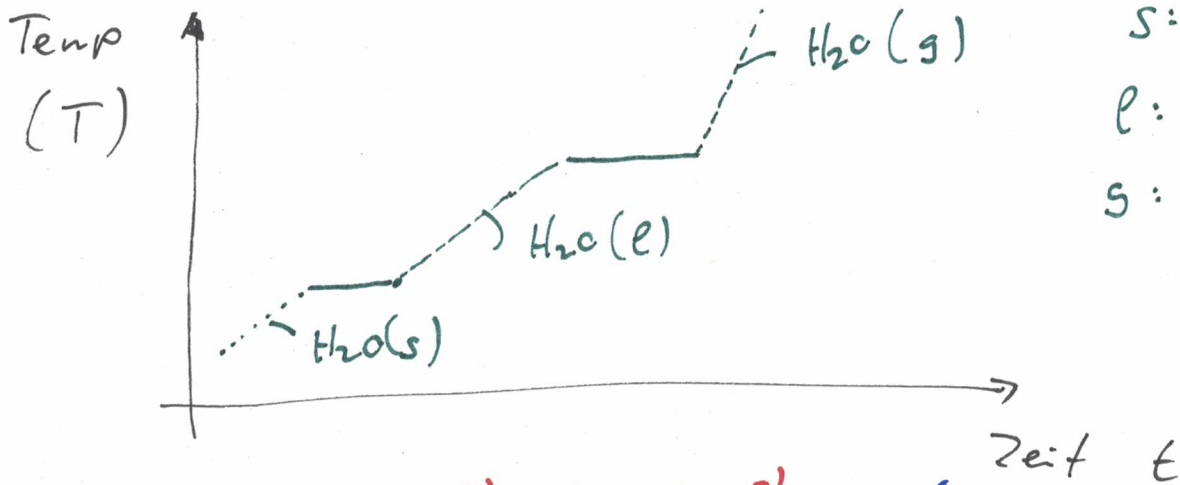


ZMK : Zwischen - Molekulare - Kräfte

Exp.: wasser erhitzen, Temp. beobachten

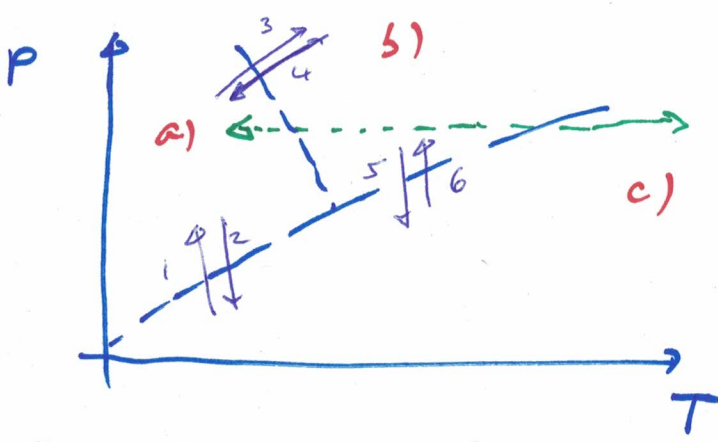


s: fest
 l: liquid
 g: gasförmig



Exp.: H2O + NaCl

Aggregatzustände (s, l, g)



"Phasendiagramm"

a) : fest
 b) : liquid
 c) : gasförmig

- 1) resublimieren
- 2) sublimieren
- 3) schmelzen
- 4) erstarren (gefrieren)
- 5) (sieden) verdampfen
- 6) kondensieren

Exp.

gleiche Menge (!) 100°C He₂ + 0°C H₂O (Eis)

Mischtemperatur?!

→ keine ab 50°C (? why?)

→ Exp. ~ 10°C

“ fest - flüssig - gasförmig ”

“ Ausbreitung ” / Teilbarkeit

ZMK's → Energien welche die Substanz
zusammen hält

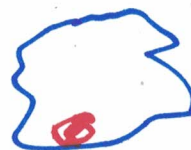
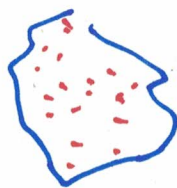
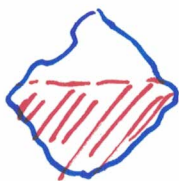
Teilchenbewegung = f(Temperatur)

Dichte

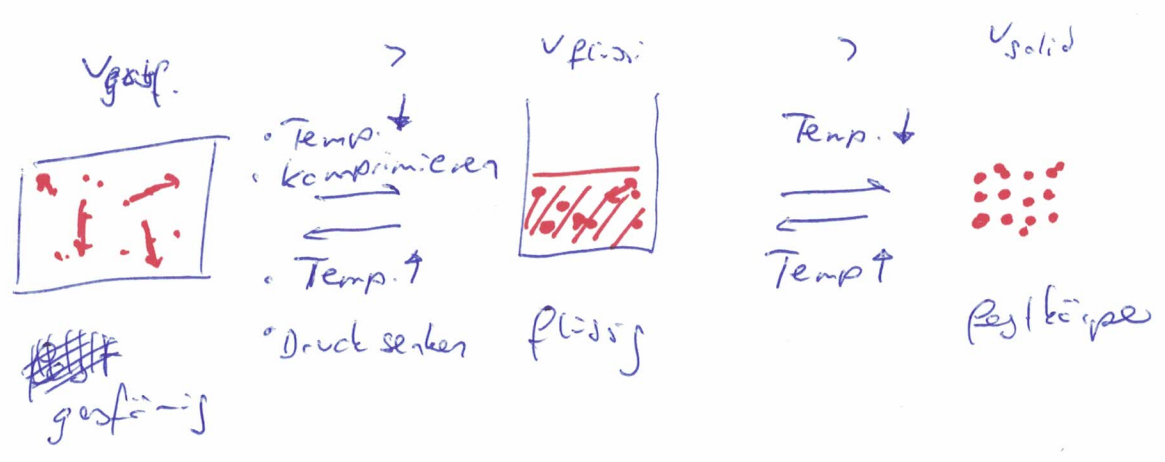
Verformbarkeit

Verteilung im Raum

- Komprimierbarkeit (nur Gase!)



Überföhren in einen anderen Aggregatzustand



Energetische Betrachtungen ...

• Bindungen, z.B. $C-C$ $\sim 300 \frac{kJ}{mol}$
 $C-H$

• Kräfte zwischen den Molekülen

$$\rightarrow E = \frac{3}{2} \cdot \frac{R}{N_A} \cdot T$$

R : Gaskonstante $8.314 \frac{J}{mol \cdot K}$
 N_A : Avogadrozahl
 T : Temp.

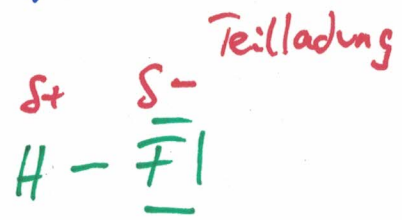
Energie für ein mol, 300 K ?

$$E = \frac{3}{2} \cdot \frac{8.314}{6.022 \cdot 10^{23}} \cdot 6.022 \cdot 10^{23} \cdot 300K$$

$$= 3741 J \sim 3.7 kJ$$

"2 Pole" → Dipol - Dipol - Wechselwirkung

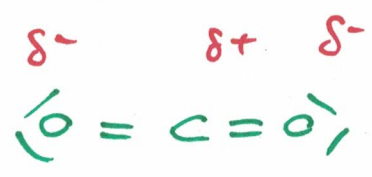
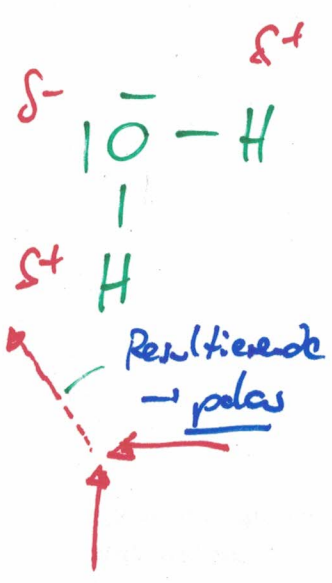
"Dipol" ? "2 Pole"



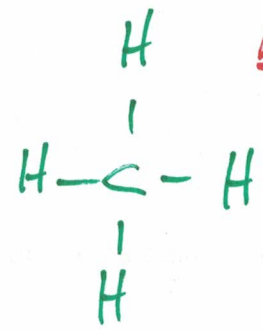
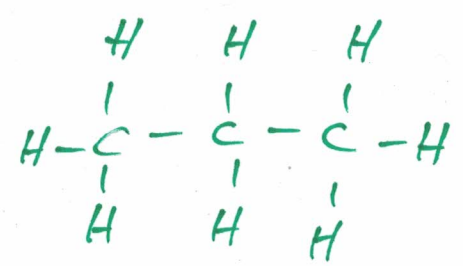
"Elektronegativitäts - Werte"

→
polar
("Pentfierende")

nicht polar
apolar

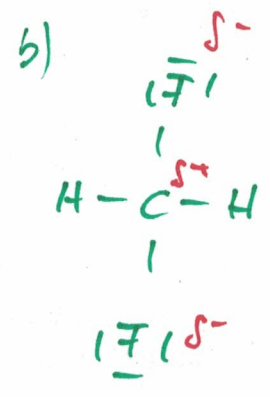
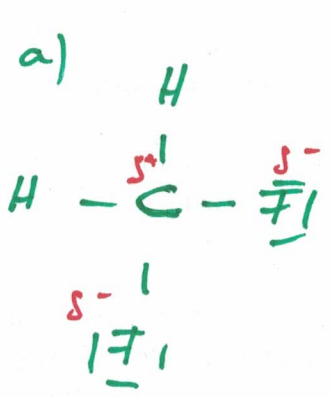


← →
keine resultierende Kraft!
apolar



beide nicht polar
(C-H nicht beachten)

Exp: Ablenkung Wasserstoff



polar (~~apolar~~)

polar (~~apolar~~)

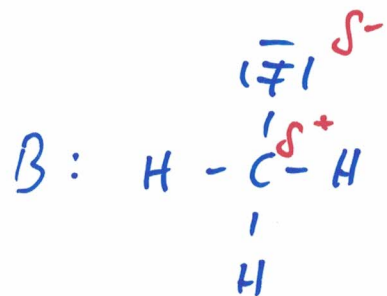
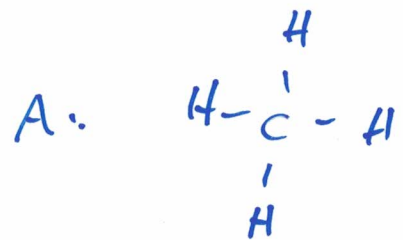
wenn eine resultierende (Kraft) konstruiert werden kann, dann ist das Molekül polar resp. hat einen permanenten Dipol

welches Molekül hat den höheren Siedepunkt (Sdp.) resp. Schmelzpunkt (Smp.)

(z.B. mol)
A: CH_4

(z.B. mol)
B: CH_3F

ZTK	A	B
Dipol - Dipol - Ww	nein	ja

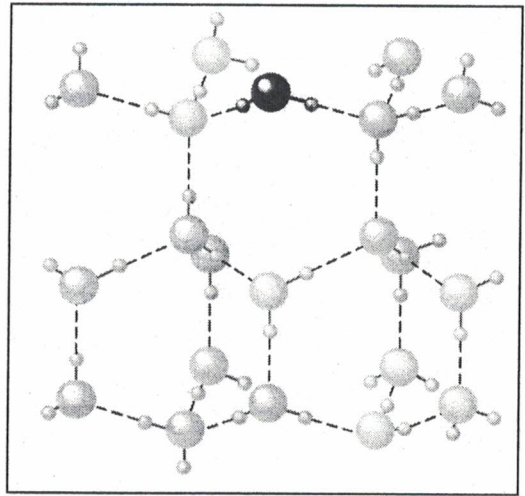
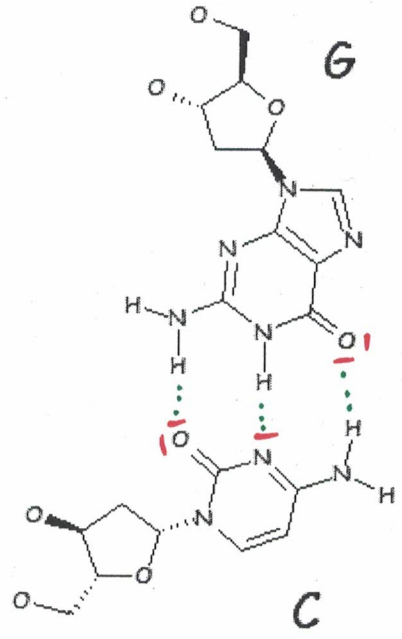
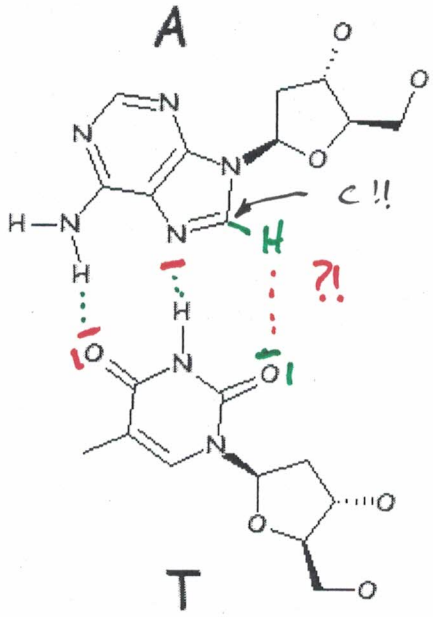


$\rightarrow \text{Sdp}(A) < \text{Sdp}(B)$

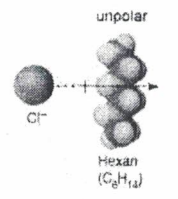
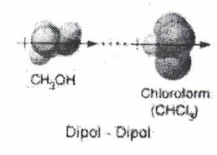
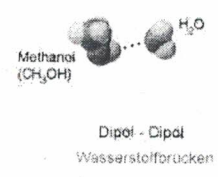
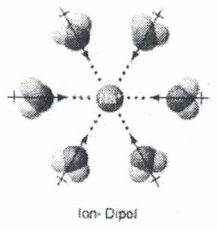
ExA: ~~A~~ $\text{Sdp}(A) = \sim -160^\circ\text{C}$

$\text{Sdp}(B) = -80^\circ\text{C}$

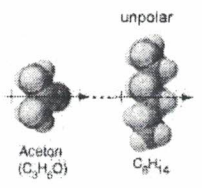
je mehr ZTK's desto höher sind die physikalischen Größen



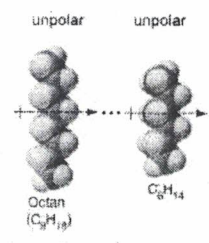
Zwischenmolekulare Kräfte



Ion-Induzierter Dipol
Van-der-Waals-Kräfte



Dipol - Induzierter Dipol
Van-der-Waals-Kräfte



Induzierter Dipol - Induzierter Dipol
Van-der-Waals-Kräfte

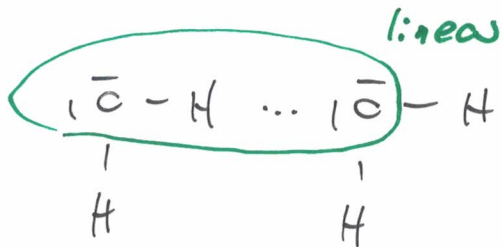
ZMK: Wasserstoff-Brücken-Bindung

"H-Brücke"

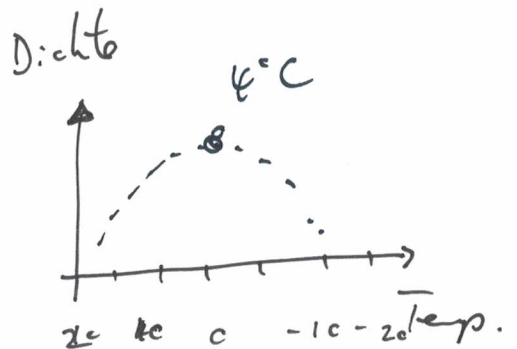
z.B. DNA

Zutaten einer H-Brücke (FÖHN)

- H-Atom (!)
- Ein Molekül (polar), welches mindestens eines der Elemente F, O, N enthält und mit H gebunden ist
- ein freies e⁻-Paar

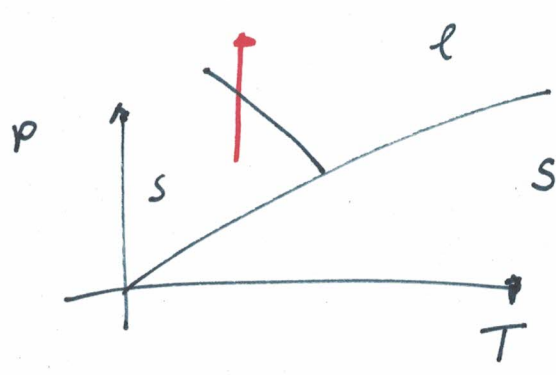


• Exp. Eis/Wasser (Anomalität des Wassers)

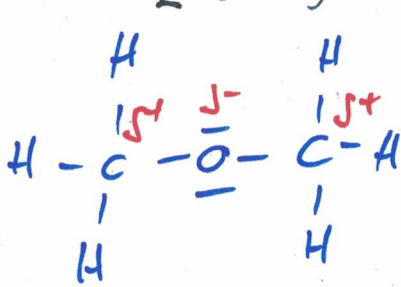


• Eisstruktur

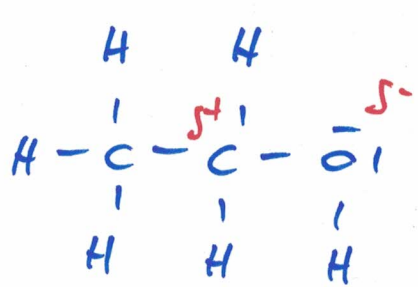
• Schlittschuhfahren :



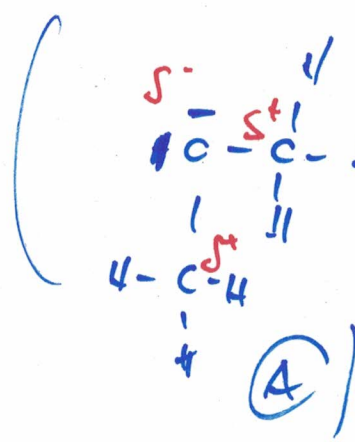
• C_2H_6O , 2 unterschiedliche Moleküle



(A)



(B)



	A	B
Dipol-Dipol-WW	ja	ja
H-Brücken	nein	ja

$sdp. (A) < sdp. (B)$

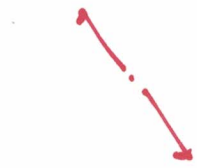
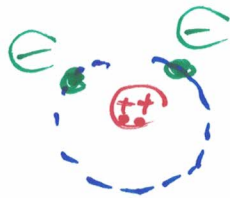
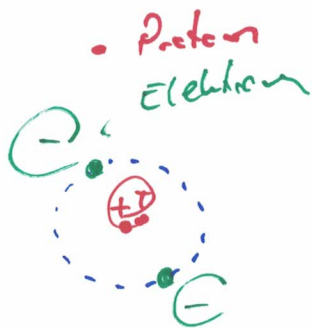
Erpoint: $\sim 37^\circ C$

$\sim 80^\circ C$

ZMK: Van-der-Waals-Kraft (VdW) 8

z.B. Edelgase theoretisch (experimentelles Samp

${}^4_2\text{He}$ → d.h. 2 Protonen (unter "inlet")
4 = p + n → 2 Neutronen
2 Elektronen



selten



häufig

a) kurzfristig: Dipol (nicht permanent)



können andere Atome (Moleküle)

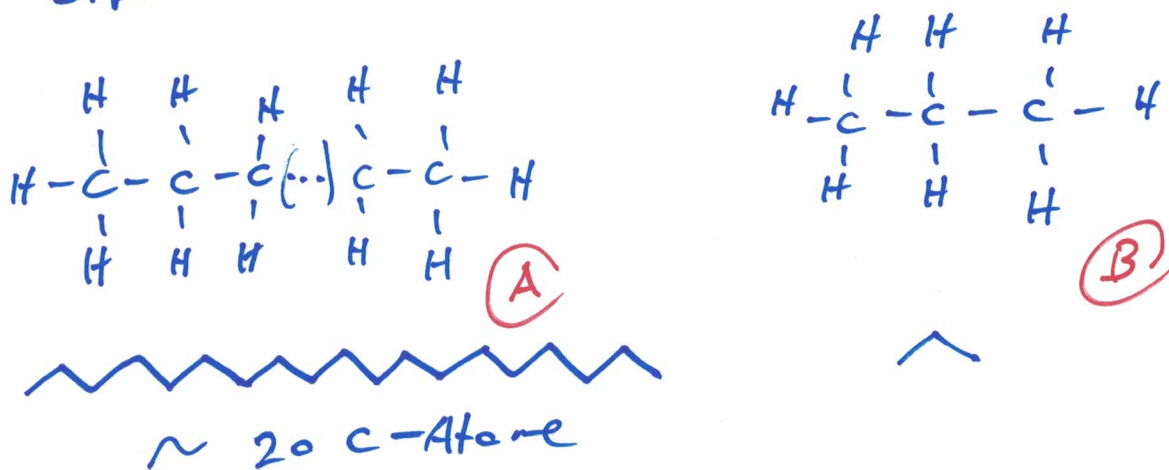
beeinflussen

→ induzierte Dipole (= VdW)

$$VdW = f(\text{Anzahl Elektronen, Grösse})$$

→ alle Moleküle / Atome machen VdW!

Exp. Kette / Propangas



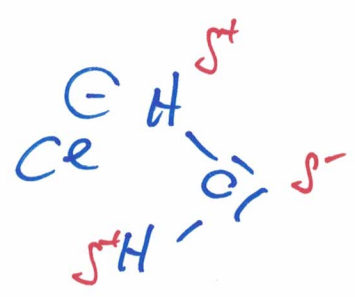
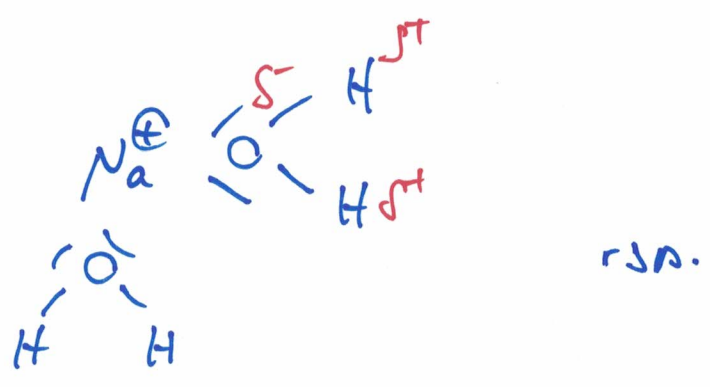
	A	B
Dipol-Dipol	x	x
H-Brücken	x	x
VdW	✓	✓

$$VdW(A) > VdW(B)$$

$$Smp(A) > Smp(B)$$

ZFK: Ion - Dipol - Wechselwirkung

vpl. ~~Wasser~~ in Salz in Wasser lösen:



Rangliste / Abfolge (üblicherweise ... !)

stark

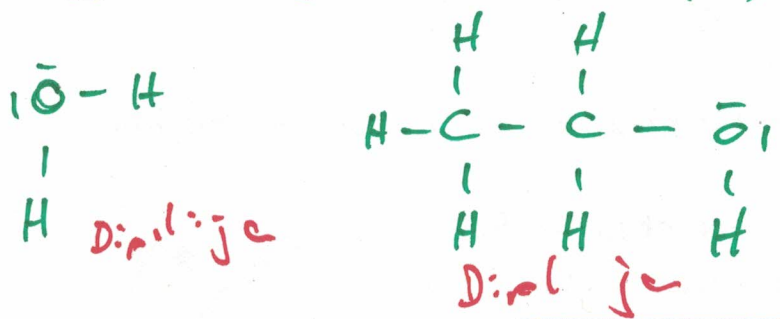
- ① Ion - Dipol - Wu
- ② H - Brücken
- ③ Dipol - Dipol

schwach

- ④ VdW

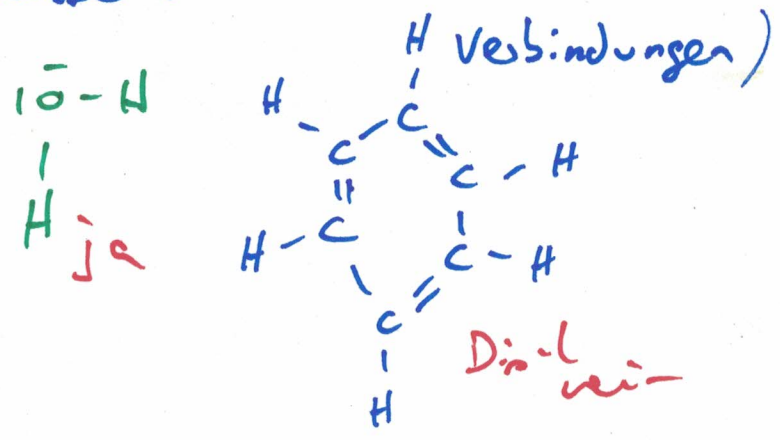
Mischbarkeit von Flüssigkeiten

• Wasser + $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$)



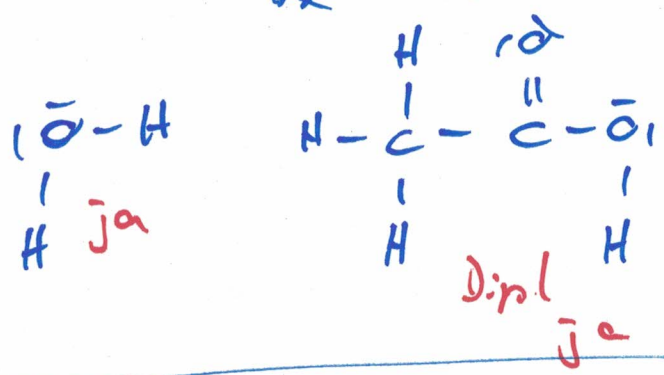
mischen sich

• Wasser + Benzin (v.a. C-H-Verbindungen)



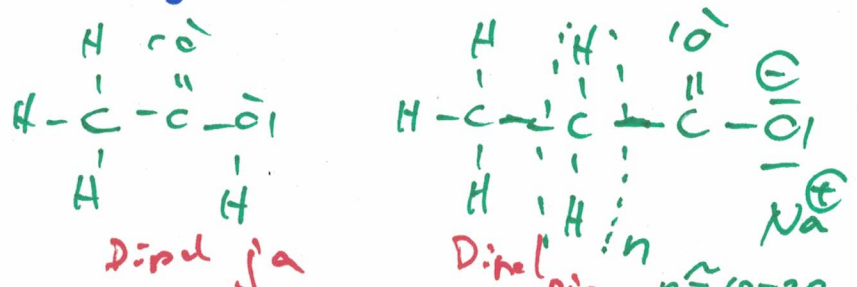
mischen sich
nicht

• Wasser + ~~Wasser~~ CH_3COOH ("Essigsäure")



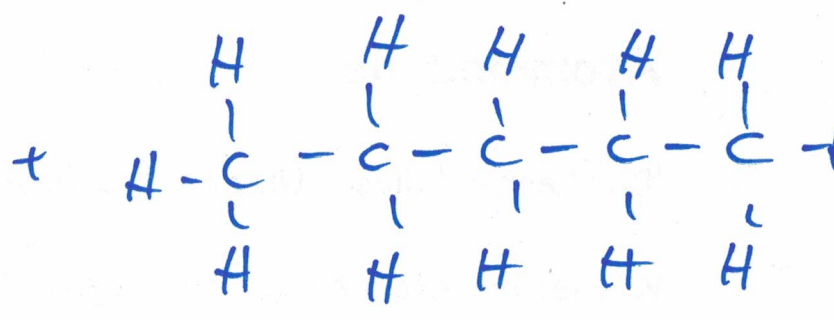
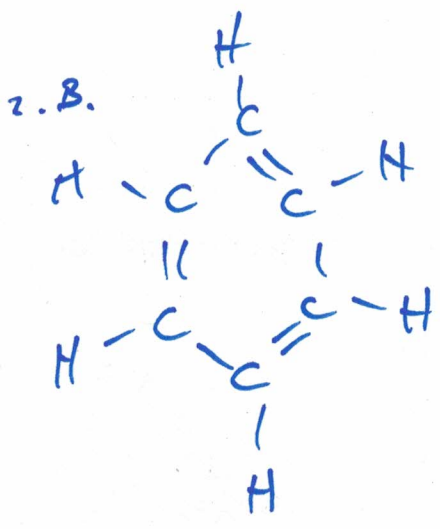
($\neq \text{COO} = 120^\circ$)
→ mischen sich

• CH_3COOH + Öl → mischen sich



nicht

Benzin: ein Gemisch aus C-H-Verbindungen



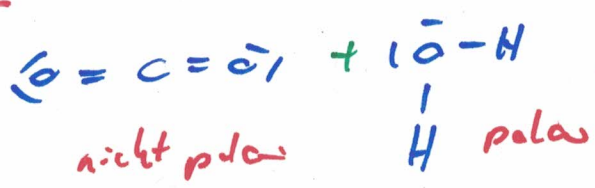
Dipol nein Dipol nein

→ mischen sich

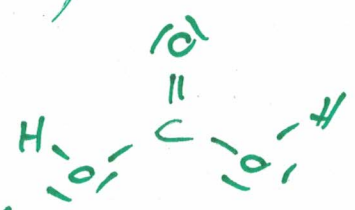
→ Mischung möglich, wenn:

Gleiches zu Gleichem

(~ !! simile cum similibus)

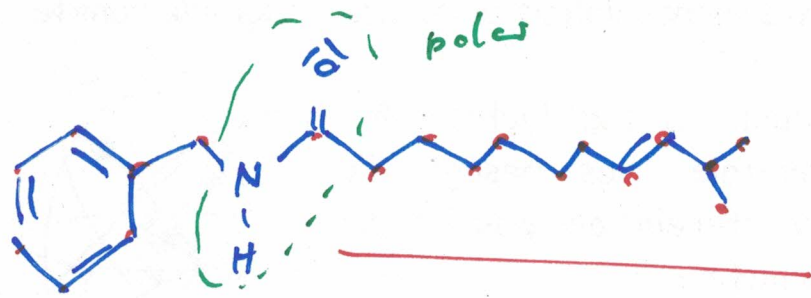


Kohlensäure
→ mischen sich nicht ?!



Alltg : Chillischote

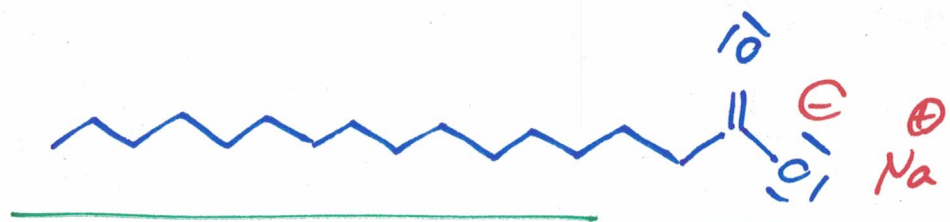
... waser nicht nichts gegen die Stärke
- Brot / Milch / Quark / Butter / Öl ...



nicht polar

nicht polares Teil überwiegt!

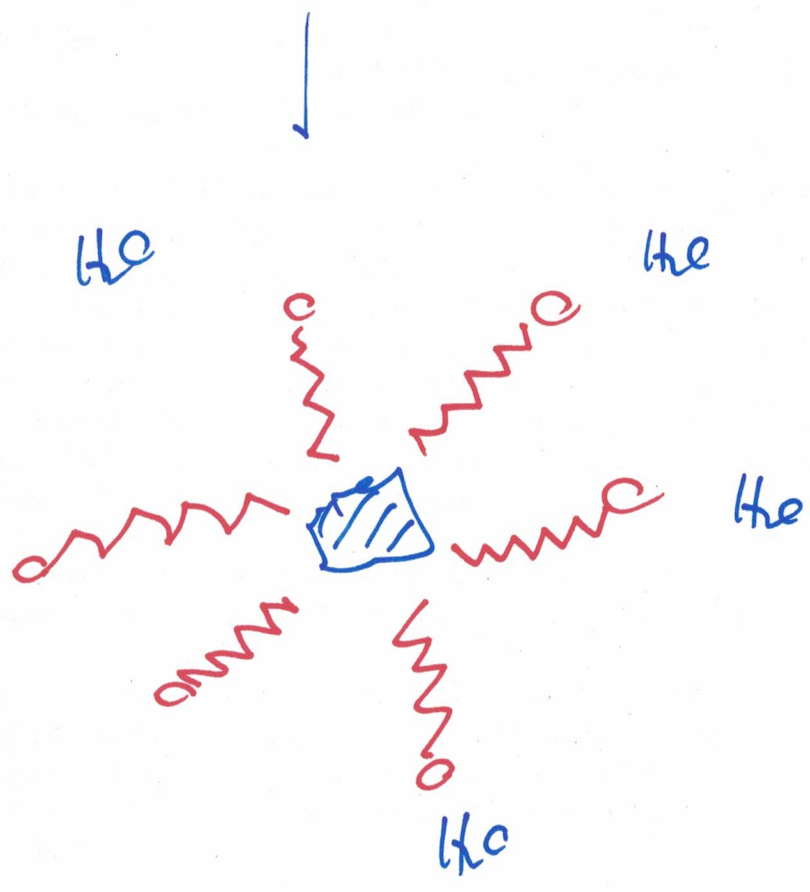
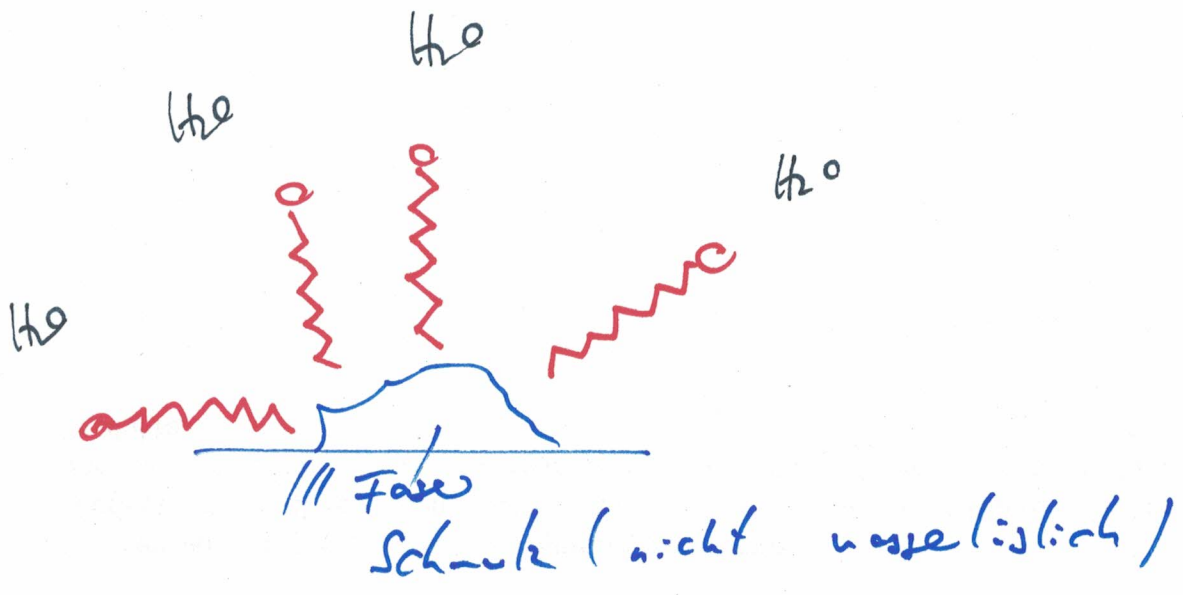
Seife



nicht polar
(hydrophob)
lipophil

polar
(hydrophil)
lipophob





	Br ₂	Cl ₂	H ₂	I ₂	N ₂	Ne
H-Brücke	x	x	x	x	x	x
Dipol-Dipol	x	x	x	x	x	x
VdW (Anzahl e ⁻)	70 (e ⁻)	34 ✓	2 ✓	106	14 ✓	10 ✓

$f(e^-, \text{Grösse})$

$$sdp(H_2) < sdp(Ne) < sdp(N_2)$$

$$sdp(Cl_2) < sdp(Br_2) < sdp(I_2)$$

	He	H ₂
H-Br.	x	x
Dipol	x	x
VdW (Anzahl e ⁻)	2	2

$VdW = f(e^-, \text{Grösse})$

$$H_2 > He$$

$$VdW(H_2) > VdW(He)$$

$$\rightarrow sdp(H_2) > sdp(He)$$