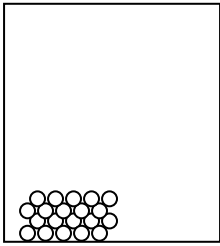
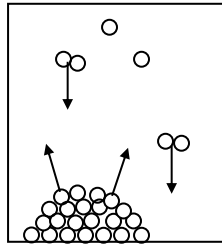


# 1.9. Zwischenmolekulare Kräfte

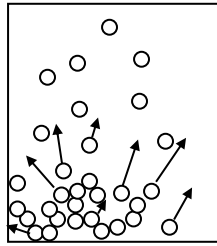
## 1.9.1. Schmelzen und Verdampfen von Stoffen



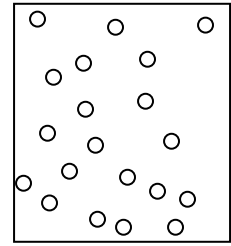
fester Zustand  
geordnetes Kristallgitter  
Teilchen schwingen um  
Ruhelage



flüssiger Zustand  
Teilchen sind im Tropfen  
frei beweglich (Diffusion)  
Verdunstung an der Ober-  
fläche, Kondensation in  
feuchter Luft



Verdampfen  
des gesamten Tropfens  
bei Siedetemperatur



gasförmiger Zustand  
Teilchen sind im gesamten  
Raum frei beweglich  
(Diffusion)

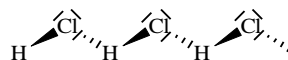
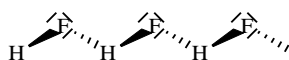
- Ein Stoff **schmilzt** bzw. **siedet**, wenn die in Form von \_\_\_\_\_ zugeführte \_\_\_\_\_ der Teilchen so groß wird, dass sie die **Anziehungskraft** zu den benachbarten Teilchen überwinden und sich aus dem Kristall bzw. der Flüssigkeit \_\_\_\_\_.
- **Metalle** und **Salze** werden durch starke \_\_\_\_\_ **Kräfte** zwischen entgegengesetzt \_\_\_\_\_ **Teilchen** (Ionen bzw. Elektronengas) zusammengehalten und haben daher \_\_\_\_\_ **Schmelz- und Siedepunkte**.
- **Nichtmetallverbindungen** bestehen dagegen aus nach außen hin **elektrisch neutralen** \_\_\_\_\_, die durch wesentlich schwächere **zwischenmolekulare Kräfte** zusammengehalten werden und daher viel \_\_\_\_\_ **Schmelz- und Siedepunkte** haben.

## 1.9.2. Dipol-Dipol-Kräfte

Zwischen Dipolmolekülen wirken **Dipol-Dipol-Kräfte**. Sie werden H - \_\_\_\_\_ genannt, wenn Wasserstoff einer der Bindungspartner ist. Ihre Wirkung hängt von folgenden Faktoren ab:

### 1. EN-Differenz

- Bei **zweiatomigen** Molekülen wachsen die Dipol-Dipol-Kräfte mit **steigender EN-**\_\_\_\_\_.
- **Beispiel:** HF mit  $\Delta EN = \underline{\quad}$  siedet bei 20 °C und HCl mit  $\Delta EN = \underline{\quad}$  siedet schon bei -85 °C.



## 2. Molekülsymmetrie

Bei **symmetrischen** Molekülen können sich die Elektronenverschiebungen in den einzelnen Bindungen in ihrer Wirkung nach außen hin aufheben.

**Beispiel:**  $\text{SO}_2$  mit  $\Delta\text{EN} = \_\_\_\_$  siedet bei  $-10\text{ }^\circ\text{C}$ .  $\text{CO}_2$  mit  $\Delta\text{EN} = \_\_\_\_$  sublimiert dagegen schon bei  $-79\text{ }^\circ\text{C}$ . Außerdem wird  $\text{SO}_2$  im elektrischen Feld abgelenkt,  $\text{CO}_2$  dagegen nicht.



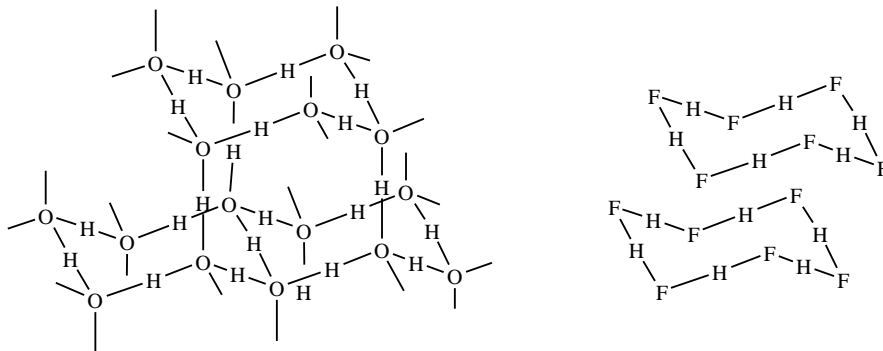
### Erklärung:

- Die                      Teilladungen der Sauerstoffatome in  $\text{CO}_2$  sitzen sich direkt gegenüber und heben sich in ihrer Wirkung auf, so dass das gesamte Molekül nach außen hin völlig unpolar wirkt.
- Nur an der Reaktion mit **Wasser** lässt sich erkennen, dass die beiden Bindungen in  $\text{CO}_2$  genauso polar sind wie die in  $\text{SO}_2$ . Beide Gase lösen sich bereitwillig und addieren Wasser:  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$  (                    säure) und  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3$  (                     Säure)

### Strukturformeln:

## 3. Anzahl der möglichen H-Brücken pro Molekül:

**Beispiel:**  $\text{H}_2\text{O}$  mit  $\Delta\text{EN} = \_\_\_\_$  siedet bei  $100\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\text{HF}$  mit  $\Delta\text{EN} = \_\_\_\_$  aber schon bei  $20\text{ }^\circ\text{C}$ .

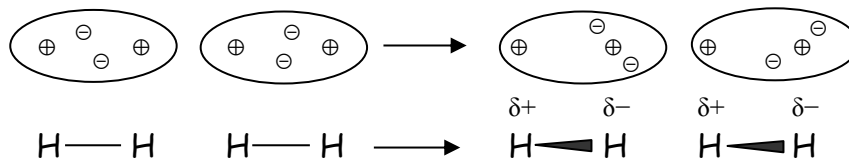


### Erklärung:

- $\text{H}_2\text{O}$  besitzt \_\_\_\_ negativ polarisierte Elektronenpaare und \_\_\_\_ positiv polarisierte H-Atome. Dadurch können sich im festen und flüssigen Zustand **dreidimensionale** \_\_\_\_ ausbilden, bei denen jedes O-Atom tetraedrisch von \_\_\_\_ H-Atomen umgeben ist. Diese sehr stabile Struktur findet sich auch in **Quarz** (Tridymit) und **Diamant**. **Eis** hat eine \_\_\_\_\_ **Dichte** als Wasser, da die **gewellten 6-Ringe Hohlräume** bilden. Eis \_\_\_\_\_ daher auf Wasser, wodurch die Entwicklung des organischen Lebens auf den Böden der Gewässer erst ermöglicht wurde.
- **HF** kann dagegen nur **isolierte** \_\_\_\_\_ oder **Zick-Zack-Ketten** bilden, da pro F-Atom **nur** \_\_\_\_ **H-Atom** zur Verfügung steht.
- **$\text{NH}_3$**  hat **drei H-Atome** und damit **eines zuviel**, um eine stabile tetraedrische Struktur bilden zu können. Es siedet schon bei  $-33\text{ }^\circ\text{C}$ .

### 1.9.3. Van-der-Waals-Kräfte

Auch zwischen \_\_\_\_\_ **Molekülen** wirken Kräfte, die durch die Anziehung zwischen der **Elektronenhülle** des einen und des **Atomrumpfes** des anderen Moleküls entstehen:



- Diese \_\_\_\_\_-**Kräfte** sind im Allgemeinen sehr viel kleiner als Dipol-Dipol-Kräfte, nehmen jedoch mit wachsender **Elektronenzahl** der Moleküle stark \_\_\_\_.
- **Beispiel:** Die Siedepunkte der Halogene:  $\text{F}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{I}_2$  nehmen nach unten hin \_\_\_\_\_

### Musteraufgabe zur Abschätzung von Siedepunkten

Vergleiche die Verbindungen  $\text{CF}_4$ ,  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  und  $\text{CCl}_4$  nach Siedepunkten und begründe anhand der zwischenmolekularen Kräfte.

### Ansatz:

Man vergleicht

- die \_\_\_\_\_-Kräfte (DD) mit Hilfe der \_\_\_\_\_  $\Delta\text{EN}$  und
- die \_\_\_\_\_-Kräfte (VdW) mit Hilfe der \_\_\_\_\_ Masse  $M$

**Entscheidend** ist die zwischenmolekulare Kraft (\_\_\_ oder \_\_\_\_), deren Kennzahl (\_\_\_ oder \_\_\_) die **deutlicheren Unterschiede** aufweist:

Verbindung	CF <sub>4</sub>	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	CCl <sub>4</sub>
M ⇒ VdW			
ΔEN ⇒ DD			
Symmetrie?	Ja ⇒ _____ ⇒ keine DD!	_____ ⇒ polar!	___ ⇒ unpolar ⇒ _____ DD!

**Ergebnis:**

1. CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> hat einen \_\_\_\_\_ Sp als CF<sub>4</sub> aufgrund der \_\_\_-Kräfte (VdW sind nahezu \_\_\_\_\_!)
2. CCl<sub>4</sub> hat einen \_\_\_\_\_ Sp als CF<sub>4</sub> aufgrund der \_\_\_-Kräfte (beide sind \_\_\_\_\_ ohne DD-Kräfte!)
3. Der Vergleich zwischen CCl<sub>4</sub> und CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> ist **nicht eindeutig**: CCl<sub>4</sub> ist doppelt so schwer und hat viel größere \_\_\_\_\_-Kräfte, aber CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> ist dafür polar mit deutlich ausgeprägten \_\_\_-Kräften, welche bei CCl<sub>4</sub> fehlen.

Es gibt also **zwei** begründete und damit **richtige** (!) Abschätzungen:

A) CF<sub>4</sub> < CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> < CCl<sub>4</sub> wenn man sich bei 3. für die \_\_\_-Kräfte entscheidet

**oder**

B) CF<sub>4</sub> < CCl<sub>4</sub> < CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> wenn man sich bei 3. für die \_\_\_-Kräfte entscheidet

**Bemerkung:** Die \_\_\_\_\_ Bestimmung der Siedepunkte ergibt -130°C bei CF<sub>4</sub>; 40° bei CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> und 77°C bei CCl<sub>4</sub>, d.h., Lösung \_\_\_ entspricht dem tatsächlichen Verhalten, aber das ist nicht Gegenstand der Aufgabe: Hier sollte eine **theoretisch begründete Abschätzung** gegeben werden!

### 1.9.4. Lösungsvorgänge

Ein Stoff A löst sich in Stoff B, wenn die \_\_\_\_\_ A - B so groß sind, dass **viele** Teilchen B ein Teilchen A aus seinem Verband \_\_\_\_\_ können.

#### Beispiel:

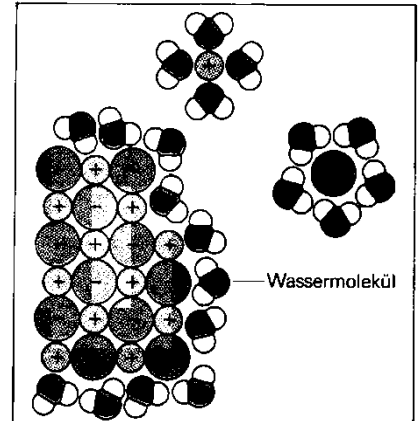
Salz A löst sich in Wasser B, wenn die \_\_\_\_\_ Wassermoleküle mit ihren positiven bzw. negativen Enden die geladenen Salzionen aus dem \_\_\_\_\_ herausbrechen und lösen können. Dabei wirken die folgenden Kräfte:

A - A: \_\_\_\_\_ Ion - Ion

A - B: \_\_\_\_\_ Anziehung Ion - Molekül

B - B: \_\_\_\_\_ Molekül - Molekül

Das Salz löst sich nur dann in Wasser, wenn die \_\_\_\_\_ A - B nicht zu klein ist gegenüber A - A und B - B.



In der Regel gilt: \_\_\_\_\_ löst sich in Polarem und \_\_\_\_\_ löst sich in Unpolarem:  
**Gleiches löst sich in Gleichem.**

- **Polare** Stoffe heißen auch **hydrophil** (wasserliebend) oder **lipophil** (fettfeindlich)
- **Unpolare** Stoffe heißen auch **lipophil** (\_\_\_\_\_) oder **hydrophob** (\_\_\_\_\_)

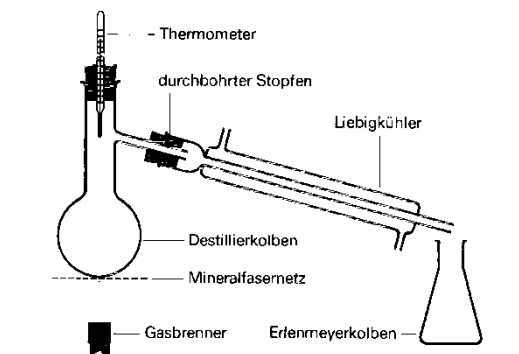
### 1.9.5. Destillation

Bei der **Destillation** werden Stoffe mit **unterschiedlichen** \_\_\_\_\_ durch \_\_\_\_\_ und anschließendes \_\_\_\_\_ voneinander getrennt

#### Beispiel:

**Wasser**  $H_2O$ : 4 H-Brücken pro Molekül  $\Rightarrow$  Sp \_\_\_\_\_ °C

**Ethanol**  $C_2H_5OH$ : 2 H-Brücken pro Molekül  $\Rightarrow$  Sp \_\_\_\_\_ °C

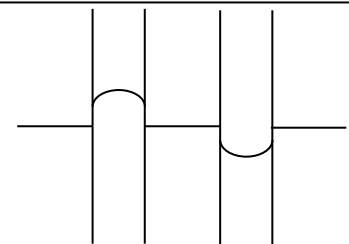


### 1.9.6. Extraktion

- Bei der Zubereitung von \_\_\_\_\_ oder \_\_\_\_\_ **extrahiert** man wasserlösliche Inhaltsstoffe wie z.B. Koffein mit heißem \_\_\_\_\_ aus getrockneten \_\_\_\_\_.
- Die \_\_\_\_\_-**Kräfte** zwischen Wassermolekülen und Koffeinmolekülen sind stärker als die Kräfte, die das Koffeinmolekül im Blatt fixiert haben.
- Bei der Extraktion von **Olivenöl** mit Benzin aus Oliven werden dagegen die \_\_\_\_\_-**Kräfte** zwischen den unpolaren Molekülen des Olivenöls und des Benzins genutzt. Das Benzin wird anschließend durch \_\_\_\_\_ wieder abgetrennt und zurück gewonnen.

### 1.9.7. Kapillarwirkung

- Wasser steigt in dünnen Glaskapillaren auf und wird von Filterpapier oder Baumwollpullovern leicht aufgesogen.
- In Kunststoffkapillaren steigt es dagegen nicht auf; Pullover aus Wolle oder Polyester saugen kein Wasser auf.



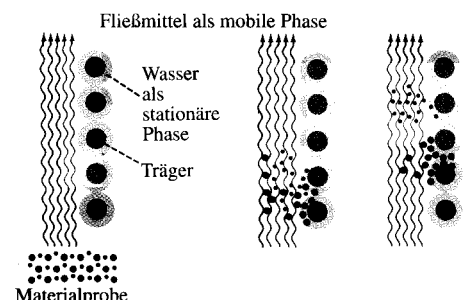
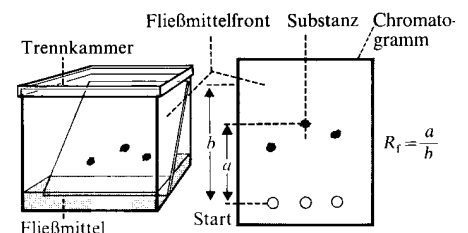
Erklärung:

- **Polare Stoffe** wie \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ und \_\_\_\_\_ (Cellulose) **ziehen Wasser an**.
- **Unpolare Stoffe** wie \_\_\_\_\_ und \_\_\_\_\_ (Eiweiße) **stoßen Wasser ab**.

Glas      Kunststoff

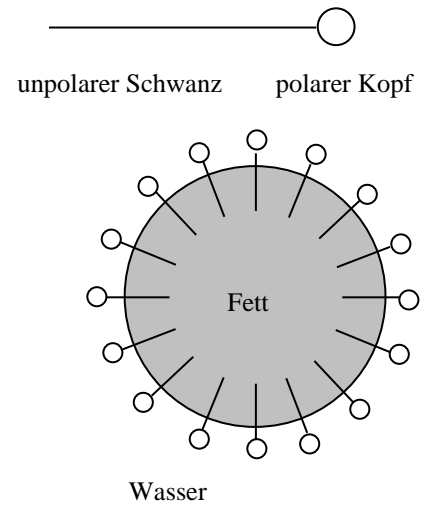
### 1.9.8. Chromatographie

- Bei der Chromatographie werden Stoffe mit unterschiedlicher **Polarität** getrennt.
- Das Stoffgemisch wird in einem **Fließmittel (mobile Phase)** gelöst, das durch \_\_\_\_\_wirkung an einer porösen **stationären Phase** aufsteigt.
- Mobile und stationäre Phase unterscheiden sich in ihrer \_\_\_\_\_ und üben daher verschieden starke Anziehungskräfte auf die Komponenten des Gemisches aus. Je nach Polarität werden die Komponenten durch die stationäre Phase verschieden stark \_\_\_\_\_.
- Die relative Fließgeschwindigkeit der Komponenten im Verhältnis zum Fließmittel kann durch den \_\_\_\_-**Wert** (retention factor) charakterisiert werden.



### 1.9.9. Tenside

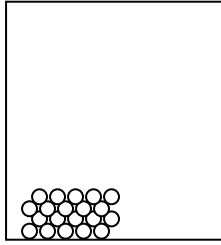
- **Waschmittel** enthalten große Moleküle (**Tenside**) mit einem polaren, \_\_\_\_\_philen Kopf und einem langen, unpolaren, \_\_\_\_\_philen Schwanz.
- Die Tensidmoleküle stecken mit dem \_\_\_\_\_ Schwanz im \_\_\_\_\_ und ragen mit den \_\_\_\_\_ Köpfen in das \_\_\_\_\_. Sie geben den Fetttropfen dadurch eine \_\_\_\_\_ Hülle. Die polaren Wassermoleküle können den Fetttropfen mit H-Brücken \_\_\_\_\_ und abtransportieren.



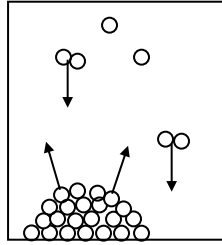
# 1.9. Zwischenmolekulare Kräfte

## 1.9.1. Schmelzen und Verdampfen von Stoffen

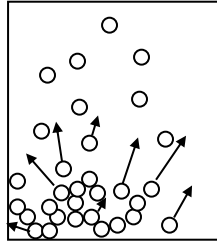
Diethylether (Sp 35 °C) im RG mit warmem Leitungswasser zum Kochen bringen, Elemente I S. 22



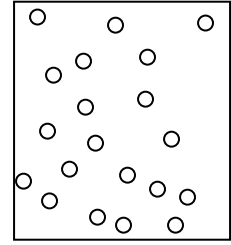
fester Zustand  
geordnetes Kristallgitter  
Teilchen schwingen um  
Ruhelage



flüssiger Zustand  
Teilchen sind im Tropfen  
frei beweglich (Diffusion)  
Verdunstung an der Ober-  
fläche, Kondensation in  
feuchter Luft



Verdampfen  
des gesamten Tropfens  
bei Siedetemperatur



gasförmiger Zustand  
Teilchen sind im gesamten  
Raum frei beweglich  
(Diffusion)

- Ein Stoff **schmilzt** bzw. **siedet**, wenn die in Form von **Wärme** zugeführte **Bewegungsenergie** der Teilchen so groß wird, dass sie die **Anziehungskraft** zu den benachbarten Teilchen überwinden und sich aus dem Kristall bzw. der Flüssigkeit **losreißen**.
- **Metalle** und **Salze** werden durch starke **elektrische Kräfte** zwischen entgegengesetzt **geladenen Teilchen** (Ionen bzw. Elektronengas) zusammengehalten und haben daher **hohe Schmelz- und Siedepunkte**.
- **Nichtmetallverbindungen** bestehen dagegen aus nach außen hin **elektrisch neutralen Molekülen**, die durch wesentlich schwächere **zwischenmolekulare Kräfte** zusammengehalten werden und daher viel **geringere Schmelz- und Siedepunkte** haben.

## 1.9.2. Dipol-Dipol-Kräfte Elemente I S. 178, Filme „Wasserstoffbrücken“ und „Aggregatzustände von Wasser“

Zwischen Dipolmolekülen wirken **Dipol-Dipol-Kräfte**. Sie werden **Wasserstoffbrücken** genannt, wenn Wasserstoff einer der Bindungspartner ist. Ihre Wirkung hängt von folgenden Faktoren ab:

### 1. EN-Differenz

- Bei **zweiatomigen** Molekülen wachsen die Dipol-Dipol-Kräfte mit **steigender EN-Differenz**.
- **Beispiel:** HF mit  $\Delta EN = 1,9$  siedet bei 20 °C und HCl mit  $\Delta EN = 1,4$  siedet schon bei -85 °C.



### 2. Molekülsymmetrie Elemente I S. 177

Bei **mehratomigen** Molekülen können sich die Elektronenverschiebungen in den einzelnen Bindungen je nach **Molekülsymmetrie** in ihrer Wirkung nach außen hin aufheben.

**Beispiel:** SO<sub>2</sub> mit  $\Delta EN = 1,0$  siedet bei -10 °C. CO<sub>2</sub> mit  $\Delta EN = 1,0$  sublimiert dagegen schon bei -79 °C. Außerdem wird SO<sub>2</sub> im elektrischen Feld abgelenkt, CO<sub>2</sub> dagegen nicht.



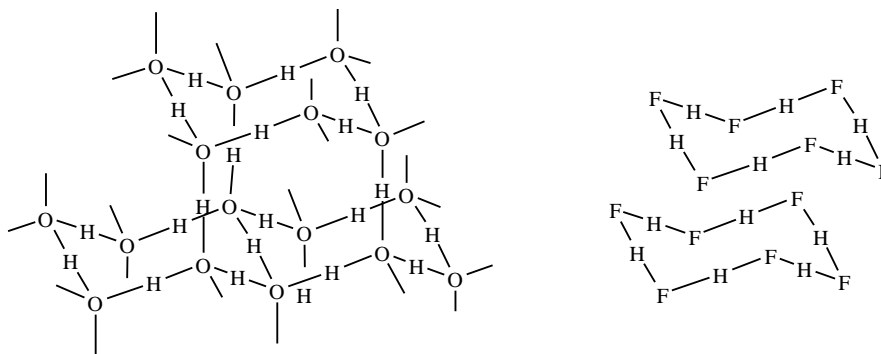
### Erklärung:

- Die negativen Teilladungen der Sauerstoffatome in CO<sub>2</sub> sitzen sich direkt gegenüber und heben sich in ihrer Wirkung auf, so dass das gesamte Molekül nach außen hin völlig unpolar wirkt.
- Nur an der Reaktion mit **Wasser** lässt sich erkennen, dass die beiden Bindungen in CO<sub>2</sub> genauso polar sind wie die in SO<sub>2</sub>. Beide Gase lösen sich bereitwillig und addieren Wasser:  $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$  und  $SO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2SO_3$ .



### 3. Anzahl der möglichen H-Brücken pro Molekül:

**Beispiel:**  $\text{H}_2\text{O}$  mit  $\Delta\text{EN} = 1,4$  siedet bei  $100\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\text{HF}$  mit  $\Delta\text{EN} = 1,9$  aber schon bei  $20\text{ }^\circ\text{C}$ .



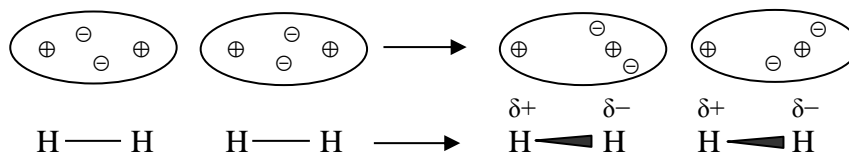
#### Erklärung:

- $\text{H}_2\text{O}$  besitzt zwei negativ polarisierte Elektronenpaare und zwei positiv polarisierte H-Atome. Dadurch können sich im festen und flüssigen Zustand **dreidimensionale Gitter** ausbilden, bei denen jedes O-Atom tetraedisch von 4 H-Atomen umgeben ist. Diese sehr stabile Struktur findet sich auch in **Quarz** (Tridymit) und **Diamant**. **Eis** hat eine geringere Dichte als Wasser, da die **gewellten 6-Ringe Hohlräume** bilden. Eis schwimmt daher auf Wasser, wodurch die Entwicklung des organischen Lebens auf den Böden der Gewässer erst ermöglicht wurde.
- **HF** kann dagegen nur **isolierte 6-Ringe** oder **Zick-Zack-Ketten** bilden, da pro F-Atom **nur ein H-Atom** zur Verfügung steht.
- **$\text{NH}_3$**  hat **drei H-Atome** und damit **eines zuviel**, um eine stabile tetraedrische Struktur bilden zu können.

Übungen: Aufgaben zu zwischenmolekularen Kräften Nr. 1

### 1.9.3. Van-der-Waals-Kräfte Elemente I S. 178 und S. 244, Film „Van-der-Waals-Kräfte“

Auch zwischen **unpolaren Molekülen** wirken Kräfte, die durch die Anziehung zwischen der **Elektronenhülle** des einen und des **Atomrumpfes** des anderen Moleküls entstehen.



- Diese **Van-der-Waals-Kräfte** sind im Allgemeinen sehr viel kleiner als Dipol-Dipol-Kräfte, nehmen jedoch mit wachsender **Elektronenzahl** der Moleküle stark **zu**.
- **Beispiel:** wachsende Siedepunkte der Halogene:  $\text{F}_2$ :  $-188\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\text{Cl}_2$ :  $-34\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\text{Br}_2$ :  $59\text{ }^\circ\text{C}$  und  $\text{I}_2$ :  $184\text{ }^\circ\text{C}$

#### Musteraufgabe zur Abschätzung von Siedepunkten

Vergleiche die Verbindungen  $\text{CF}_4$ ;  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  und  $\text{CCl}_4$  nach Siedepunkten und begründe anhand der zwischenmolekularen Kräfte.

Man vergleicht

- die Dipol-Dipol-Kräfte (DD) mit Hilfe der  $\Delta\text{EN}$  und
- die Van-der-Waals-Kräfte (VdW) mit Hilfe der molare Masse  $M$

**Entscheidend** ist die zwischenmolekulare Kraft (DD oder VdW), deren Kennzahl ( $\Delta\text{EN}$  oder  $M$ ) die **deutlicheren Unterschiede** aufweist:

Verbindung	$\text{CF}_4$	$\text{CH}_2\text{Cl}_2$	$\text{CCl}_4$
$M \Rightarrow \text{VdW}$	88	85	154
$\Delta\text{EN} \Rightarrow \text{DD}$	1,5	1,1	1,1
Symmetrie?	ja $\Rightarrow$ unpolar $\Rightarrow$ keine DD!	nein $\Rightarrow$ polar!	ja $\Rightarrow$ unpolar $\Rightarrow$ keine DD!

**Ergebnis:**

1.  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  hat einen höheren Sp als  $\text{CF}_4$  aufgrund der DD-Kräfte (VdW sind nahezu gleich!)
2.  $\text{CCl}_4$  hat einen höheren Sp als  $\text{CF}_4$  aufgrund der VdW-Kräfte (beide sind unpolar ohne DD-Kräfte!)
3. Der Vergleich zwischen  $\text{CCl}_4$  und  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  ist **nicht eindeutig**:  $\text{CCl}_4$  ist doppelt so schwer und hat viel größere VdW-Kräfte, aber  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  ist dafür polar mit deutlich ausgeprägten DD-Kräften, welche bei  $\text{CCl}_4$  fehlen.

Es gibt also **zwei** begründete und damit **richtige** (!) Abschätzungen:

- A)  $\text{CF}_4 < \text{CH}_2\text{Cl}_2 < \text{CCl}_4$  wenn man sich bei 3. für die DD-Kräfte entscheidet  
**oder**  
 B)  $\text{CF}_4 < \text{CCl}_4 < \text{CH}_2\text{Cl}_2$  wenn man sich bei 3. für die VdW-Kräfte entscheidet

**Bemerkung:** Die **experimentelle** Bestimmung der Siedepunkte ergibt  $-130^\circ\text{C}$  bei  $\text{CF}_4$ ;  $40^\circ$  bei  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  und  $77^\circ\text{C}$  bei  $\text{CCl}_4$ , d.h., Lösung A entspricht dem tatsächlichen Verhalten, aber das ist nicht Gegenstand der Aufgabe: Hier sollte eine **theoretisch begründete Abschätzung** gegeben werden!

Übungen: Aufgaben zu zwischenmolekularen Kräften Nr. 2 - 4

**1.9.4. Lösungsvorgänge** Elemente I S. 180 und 244 unten (Löslichkeit der Alkane), Film „Löslichkeit“

Iod und  $\text{CuSO}_4$  in Benzin,  $\text{CHCl}_3$  und Wasser geben und übereinander schichten

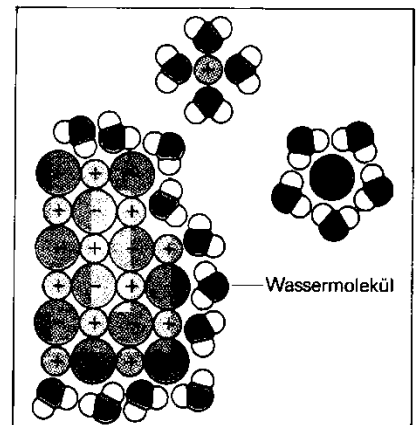
Ein Stoff A löst sich in Stoff B, wenn die Anziehungskräfte A - B so groß sind, dass **viele** Teilchen B **ein** Teilchen A aus seinem Verband herausreißen können.

**Beispiel:**

**Salz A löst sich in Wasser B**, wenn die **polaren Wassermoleküle** mit ihren positiven bzw. negativen Enden die **geladenen Salzionen** aus dem **Ionengitter** herausbrechen und lösen können. Dabei wirken die folgenden Kräfte:

- A - A: Ionenbindung Ion - Ion
- A - B: elektrische Anziehung Ion - Molekül
- B - B: Dipol-Dipol-Kraft Molekül - Molekül

Das Salz löst sich nur dann in Wasser, wenn die Anziehung A - B nicht zu klein ist gegenüber A - A und B - B.



In der Regel gilt: Polares löst sich in Polarem und Unpolares löst sich in Unpolarem: **Gleiches löst sich in Gleichem.**

- **Polare** Stoffe heißen auch **hydrophil** (wasserliebend) oder **lipophob** (fettfeindlich)
- **Unpolare** Stoffes heißen auch **lipophil** (fettliebend) oder **hydrophob** (wasserfeindlich)

Übungen: Aufgaben zu zwischenmolekularen Kräften Nr. 5 - 7

**1.9.5. Destillation** Elemente I S. 48

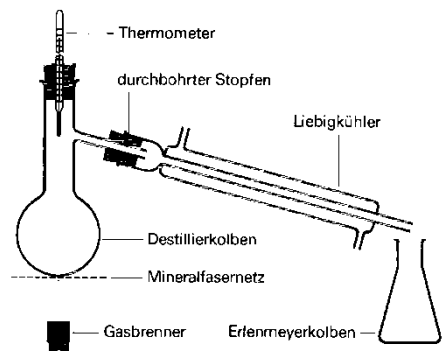
*Destillation von Rotwein*

Bei der **Destillation** werden Stoffe mit **unterschiedlichen Siedepunkten** durch **Verdampfen** und anschließendes **Kondensieren** voneinander getrennt

**Beispiel:**

**Wasser**  $\text{H}_2\text{O}$ : 4 H-Brücken pro Molekül  $\Rightarrow$  Sp  $100^\circ\text{C}$

**Ethanol**  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ : 2 H-Brücken pro Molekül  $\Rightarrow$  Sp  $78^\circ\text{C}$



### 1.9.6. Extraktion Elemente I S. 49

*Teebeutel in kochendes Wasser geben*

- Bei der Zubereitung von **Kaffee** oder **Tee extrahiert** man wasserlösliche Inhaltsstoffe wie z.B. Koffein mit heißem Wasser aus getrockneten Blättern.
- Die **Wasserstoffbrücken** zwischen Wassermolekülen und Koffeinmolekülen sind stärker als die Kräfte, die das Koffeinmolekül im Blatt fixiert haben.
- Bei der Extraktion von **Olivenöl** mit **Benzin** aus Oliven werden dagegen die **van-der-Waals-Kräfte** zwischen den unpolaren Molekülen des Olivenöls und des Benzins genutzt. Das Benzin wird anschließend durch **Destillation** wieder abgetrennt und zurück gewonnen.

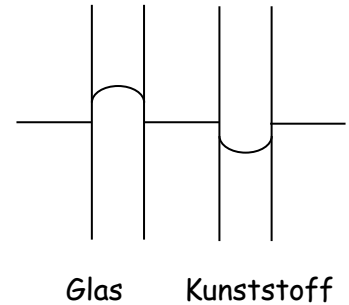
### 1.9.7. Kapillarwirkung

1. *Poylester-T-Shirt und Wischpapier in Wasser tauchen*
2. *Kunststoff-Trinkhalm und Glasröhre in Wasser tauchen*

- Wasser steigt in dünnen Glaskapillaren auf und wird von Filterpapier oder Baumwollpullovern leicht aufgesogen.
- In Kunststoffkapillaren steigt es dagegen nicht auf; Pullover aus Wolle oder Polyester saugen kein Wasser auf.

**Erklärung:**

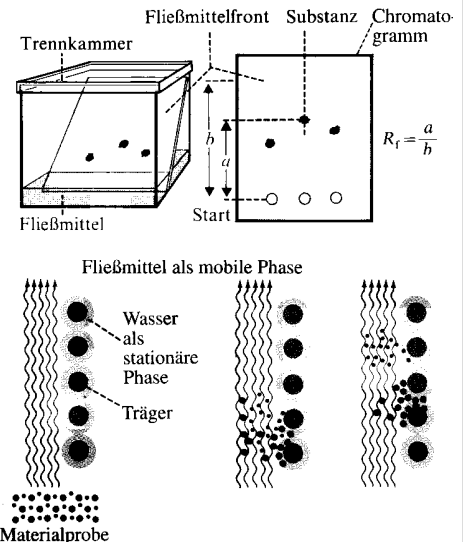
- **Polare Stoffe** wie Glas, Papier und Baumwolle (Cellulose) **ziehen Wasser an.**
- **Unpolare Stoffe** wie Kunststoffe und Wolle (Proteine) **stoßen Wasser ab..**



### 1.9.8. Chromatographie Elemente I S. 49

*Chromatographie von Filzschreiberfarben oder Indikatorfarbstoffen*

- Bei der Chromatographie werden Stoffe mit unterschiedlicher **Polarität** getrennt.
- Das Stoffgemisch wird in einem **Fließmittel (mobile Phase)** gelöst, das durch **Kapillarwirkung** an einer porösen **stationären Phase** aufsteigt.
- Mobile und stationäre Phase unterscheiden sich in ihrer **Polarität** und üben daher verschieden starke Anziehungskräfte auf die Komponenten des Gemisches aus. Je nach Polarität werden die Komponenten durch die stationäre Phase verschieden stark gebremst.
- Die relative Geschwindigkeit der Komponenten im Verhältnis zum Fließmittel kann durch den **R<sub>r</sub>-Wert** (retention factor) charakterisiert werden.



### 1.9.9. Tenside

*Fett + Wasser + Waschmittel schütteln*

- **Waschmittel** enthalten große Moleküle (**Tenside**) mit einem **polaren, hydrophilen Kopf** und einem langen, **unpolaren, lipophilen Schwanz**.
- Die Tensidmoleküle stecken mit dem **unpolaren Schwanz** im **Fettropfen** und ragen mit den **polaren Köpfen** in das **Wasser**. Sie geben den Fettropfen dadurch eine **polare Hülle**. Die polaren Wassermoleküle können den Fettropfen mit H-Brücken **festhalten** und **abtransportieren**.

