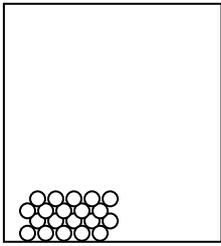
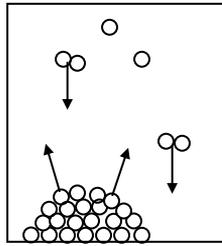


1.9. Zwischenmolekulare Kräfte

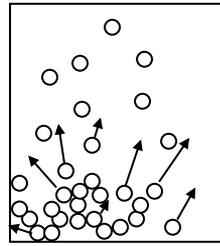
1.9.1. Schmelzen und Verdampfen von Stoffen



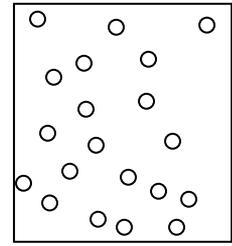
fester Zustand
geordnetes Kristallgitter
Teilchen schwingen um
Ruhelage



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)

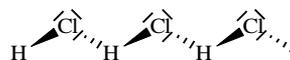
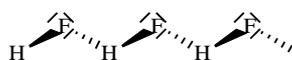
- Ein Stoff **schmilzt** bzw. **siedet**, wenn die in Form von _____ zugeführte _____ der Teilchen so groß wird, dass sie die **Anziehungskraft** zu den benachbarten Teilchen überwinden und sich aus dem Kristall bzw. der Flüssigkeit _____.
- **Metalle** und **Salze** werden durch starke _____ **Kräfte** 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: SO_2 mit $\Delta\text{EN} = ____$ siedet bei $-10\text{ }^\circ\text{C}$. CO_2 mit $\Delta\text{EN} = ____$ sublimiert dagegen schon bei $-79\text{ }^\circ\text{C}$. Außerdem wird SO_2 im elektrischen Feld abgelenkt, CO_2 dagegen nicht.



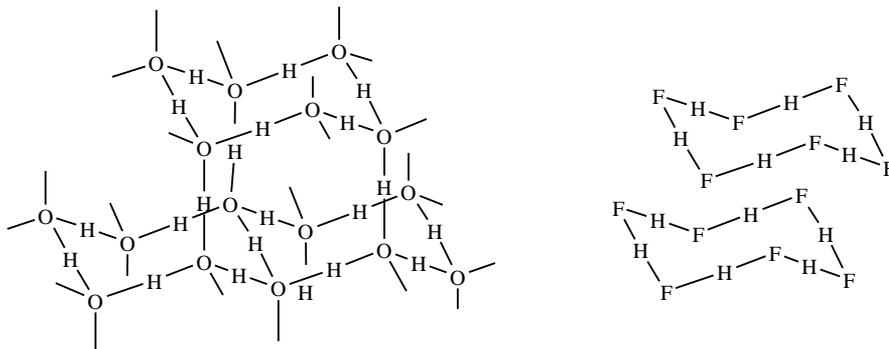
Erklärung:

- Die Teilladungen der Sauerstoffatome in 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 CO_2 genauso polar sind wie die in 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: H_2O mit $\Delta\text{EN} = ____$ siedet bei $100\text{ }^\circ\text{C}$, HF mit $\Delta\text{EN} = ____$ aber schon bei $20\text{ }^\circ\text{C}$.

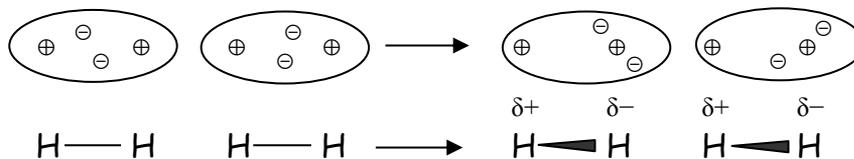


Erklärung:

- H_2O 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.
- **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: F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2 nehmen nach unten hin _____

Musteraufgabe zur Abschätzung von Siedepunkten

Vergleiche die Verbindungen CF_4 , CH_2Cl_2 und CCl_4 nach Siedepunkten und begründe anhand der zwischenmolekularen Kräfte.

Ansatz:

Man vergleicht

- die _____-Kräfte (DD) mit Hilfe der _____ ΔEN und
- die _____-Kräfte (VdW) mit Hilfe der _____ **Masse M**

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

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

Ergebnis:

1. CH₂Cl₂ hat einen _____ Sp als CF₄ aufgrund der ___-Kräfte (VdW sind nahezu _____!)
2. CCl₄ hat einen _____ Sp als CF₄ aufgrund der ___-Kräfte (beide sind _____ ohne DD-Kräfte!)
3. Der Vergleich zwischen CCl₄ und CH₂Cl₂ ist **nicht eindeutig**: CCl₄ ist doppelt so schwer und hat viel größere _____-Kräfte, aber CH₂Cl₂ ist dafür polar mit deutlich ausgeprägten ___-Kräften, welche bei CCl₄ fehlen.

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

A) CF₄ < CH₂Cl₂ < CCl₄ wenn man sich bei 3. für die ___-Kräfte entscheidet

oder

B) CF₄ < CCl₄ < CH₂Cl₂ wenn man sich bei 3. für die ___-Kräfte entscheidet

Bemerkung: Die _____ Bestimmung der Siedepunkte ergibt -130°C bei CF₄; 40° bei CH₂Cl₂ und 77°C bei CCl₄, 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 Kristall löst sich in ein Lösungsmittel, wenn die _____ des Lösungsmittels so stark an dem Kristall _____ können, dass sie das Kristall auseinander _____.

Salz A^+B^- löst sich in Wasser, wenn die **Wassermoleküle H_2O** mit ihren negativ polarisierten $O^{\delta-}$ - bzw. positiv polarisierten $H^{\delta+}$ -Atomen die _____ A^+ bzw. _____ B^- aus dem _____ herausbrechen und lösen können. Dabei wirken die folgenden Kräfte:

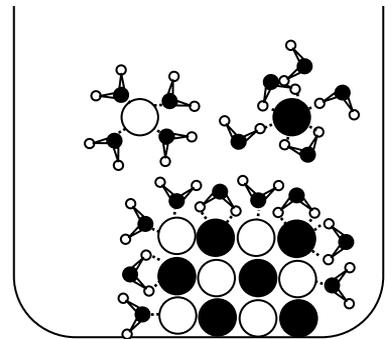
$A^+ - B^-$: _____ Anziehung Kation - Anion

$H_2O^{\delta-} - A^+$: _____ Anziehung $O^{\delta-}$ -Atom - Kation

$B^- - H^{\delta+}_2O$: _____ Anziehung Anion - $H^{\delta+}$ -Atom

$H_2O^{\delta-} - H^{\delta+}_2O$: _____ $O^{\delta-}$ -Atom - $H^{\delta+}$ -Atom

-Das Salz löst sich in Wasser, wenn die _____ Anziehung Ion - Molekül stärker ist als die _____ Ion - Ion.



Molekülverbindung M löst sich in Wasser H_2O , wenn die _____ **Wassermoleküle H_2O** die **Moleküle A** an ihrem **polaren** Teil aus dem _____

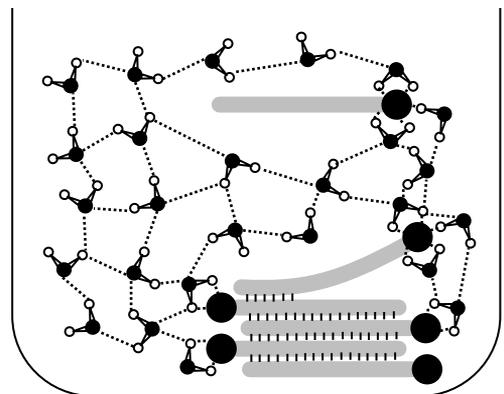
Dabei wirken die folgenden Kräfte:

$M - M$: _____

$M \cdots H_2O$: _____

$H_2O \cdots H_2O$: _____

Die Molekülverbindung löst sich in Wasser, wenn die _____ $M \cdots H_2O$ nicht zu klein ist gegenüber $M - M$.



In der Regel gilt: _____ löst sich in Polarem und _____ löst sich in Unpolarem:
similia similibus solvuntur: Gleiches löst sich in _____.

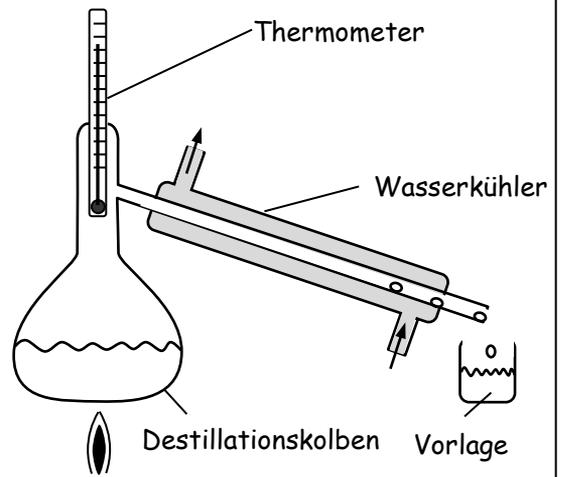
- **Polare** Stoffe heißen auch **hydrophil** (wasserliebend) oder **lipophil** (fettfeindlich)
- **Unpolare** Stoffes heißen auch **lipophil** (_____) oder **hydrophob** (_____)

1.9.5. Destillation

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

Beispiel: Herstellung von Weinbrand aus Wein

Das hochgiftige Methanol siedet bei 65°C und wird _____. Anschließend siedet Ethanol bei 78°C und wird _____. Bleibt die Temperatur unterhalb _____ $^{\circ}\text{C}$, so siedet Wasser nicht und bleibt im _____ zurück.



1.9.6. Extraktion

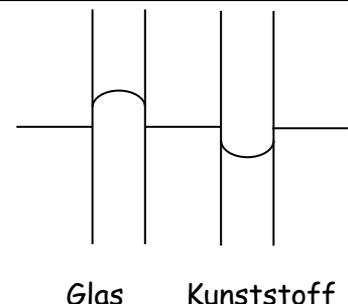
- Bei der Zubereitung von _____ oder _____ **extrahiert** man wasserlösliche Inhaltsstoffe wie z.B. Koffein mit heißem _____ aus getrockneten _____.
- Die _____-**Kräfte** zwischen Wassermolekülen und Koffeinmolekülen sind stärker als die Kräfte, die das Koffeinmolekül im Blatt fixiert haben.
- Bei der 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.

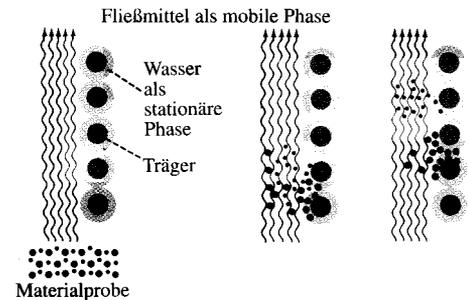
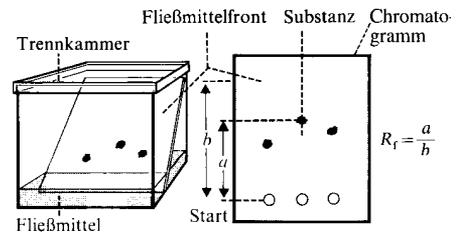
Erklärung:

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



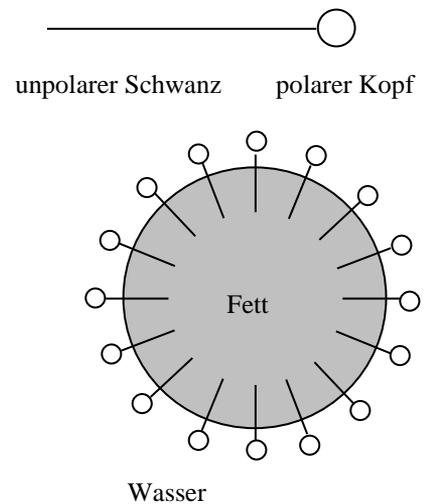
1.9.8. Chromatographie

- 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

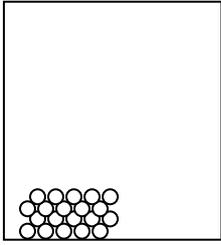
- **Waschmittel** enthalten große Moleküle (**Tenside**) mit einem polaren, _____philen Kopf und einem langen, unpolaren, _____philen Schwanz.
- Die Tensidmoleküle stecken mit dem _____ Schwanz im _____ und ragen mit den _____ Köpfen in das _____. Sie geben den Fetttropfen dadurch eine _____ Hülle. Die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



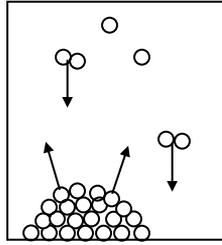
1.9. Zwischenmolekulare Kräfte

1.9.1. Schmelzen und Verdampfen von Stoffen

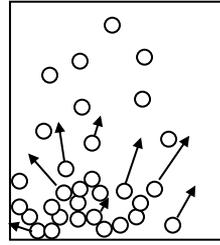
Diethylether (Sp 35 °C) im RG mit warmem Leitungswasser zum Kochen bringen, Elemente I S. 22



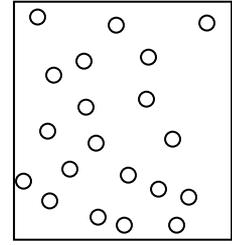
fester Zustand
geordnetes Kristallgitter
Teilchen schwingen um
Ruhelage



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: SO₂ mit $\Delta EN = 1,0$ siedet bei -10 °C. CO₂ mit $\Delta EN = 1,0$ sublimiert dagegen schon bei -79 °C. Außerdem wird SO₂ im elektrischen Feld abgelenkt, CO₂ dagegen nicht.

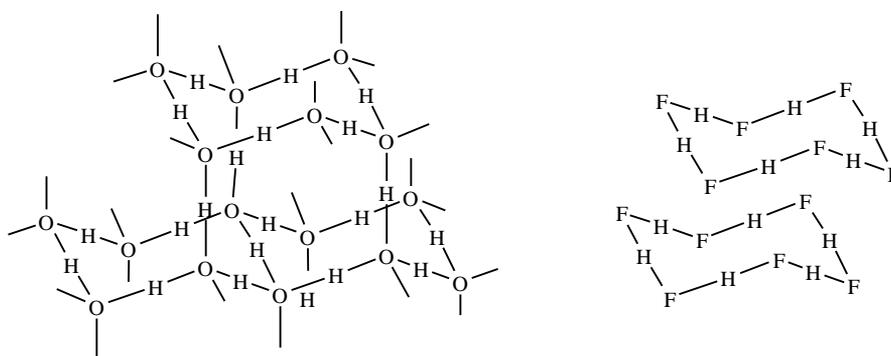


Erklärung:

- Die negativen Teilladungen der Sauerstoffatome in CO₂ 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 CO₂ genauso polar sind wie die in SO₂. 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: H_2O mit $\Delta\text{EN} = 1,4$ siedet bei $100\text{ }^\circ\text{C}$, HF mit $\Delta\text{EN} = 1,9$ aber schon bei $20\text{ }^\circ\text{C}$.



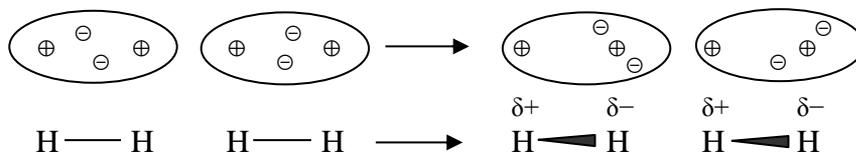
Erklärung:

- H_2O 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.
- 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: F_2 : $-188\text{ }^\circ\text{C}$, Cl_2 : $-34\text{ }^\circ\text{C}$, Br_2 : $59\text{ }^\circ\text{C}$ und I_2 : $184\text{ }^\circ\text{C}$

Musteraufgabe zur Abschätzung von Siedepunkten

Vergleiche die Verbindungen CF_4 ; CH_2Cl_2 und CCl_4 nach Siedepunkten und begründe anhand der zwischenmolekularen Kräfte.

Man vergleicht

- die Dipol-Dipol-Kräfte (DD) mit Hilfe der ΔEN und
- die Van-der-Waals-Kräfte (VdW) mit Hilfe der molare Masse M

Entscheidend ist die zwischenmolekulare Kraft (DD oder VdW), deren Kennzahl (ΔEN oder M) die **deutlicheren Unterschiede** aufweist:

Verbindung	CF_4	CH_2Cl_2	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. CH₂Cl₂ hat einen höheren Sp als CF₄ aufgrund der DD-Kräfte (VdW sind nahezu gleich!)
2. CCl₄ hat einen höheren Sp als CF₄ aufgrund der VdW-Kräfte (beide sind unpolare ohne DD-Kräfte!)
3. Der Vergleich zwischen CCl₄ und CH₂Cl₂ ist **nicht eindeutig**: CCl₄ ist doppelt so schwer und hat viel größere VdW-Kräfte, aber CH₂Cl₂ ist dafür polar mit deutlich ausgeprägten DD-Kräften, welche bei CCl₄ fehlen.

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

- A) CF₄ < CH₂Cl₂ < CCl₄ wenn man sich bei 3. für die DD-Kräfte entscheidet
oder
 B) CF₄ < CCl₄ < CH₂Cl₂ wenn man sich bei 3. für die VdW-Kräfte entscheidet

Bemerkung: Die **experimentelle** Bestimmung der Siedepunkte ergibt -130°C bei CF₄; 40° bei CH₂Cl₂ und 77°C bei CCl₄, 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“

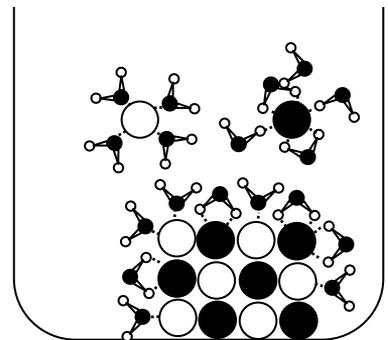
Iod und CuSO₄ in Benzin, CHCl₃ und Wasser geben und übereinander schichten

Ein Kristall löst sich in ein Lösungsmittel, wenn die **Moleküle** des Lösungsmittels so stark an dem Kristall **ziehen** können, dass sie das Kristall auseinander **reißen**

Salz A⁺B⁻ löst sich in Wasser, wenn die **Wassermoleküle H₂O** mit ihren negativ polarisierten O^{δ-}- bzw. positiv polarisierten H^{δ+}-Atomen die **Kationen A⁺ bzw. Anionen B⁻** aus dem **Kristallgitter** herausbrechen und lösen können. Dabei wirken die folgenden Kräfte:

- A⁺ - B⁻ : elektrische Anziehung Kation - Anion
- H₂O^{δ-} A⁺: elektrische Anziehung O^{δ-}-Atom – Kation
- B⁻ H^{δ+}₂O: elektrische Anziehung Anion – H^{δ+}-Atom
- H₂O^{δ-} H^{δ+}₂O: Dipol-Dipol-Kraft O^{δ-}-Atom - H^{δ+}-Atom

Das Salz löst sich in Wasser, wenn die elektrische Anziehung Ion - Molekül stärker ist als die Anziehung Ion - Ion.

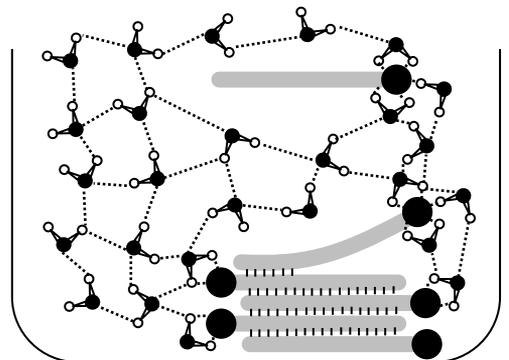


Molekülverbindung M löst sich in Wasser H₂O, wenn die **polaren Wassermoleküle H₂O** die **Moleküle A** an ihrem **polaren** Teil aus dem **Molekülgitter** herausbrechen und lösen können.

Dabei wirken die folgenden Kräfte:

- M — M: Van-der-Waals-Kraft
- M ····· H₂O: Dipol-Dipol-Kraft
- H₂O ····· H₂O: Dipol-Dipol-Kraft

Die Molekülverbindung löst sich in Wasser, wenn die Dipol-Dipol-Kraft M····H₂O nicht zu klein ist gegenüber M – M.



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

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

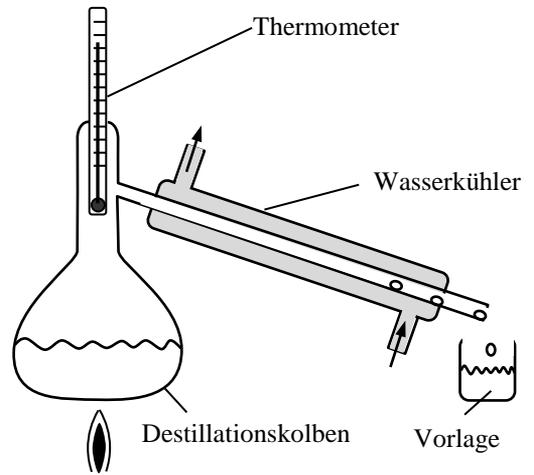
Übungen: Aufgaben zu zwischenmolekularen Kräften Nr. 5 - 7

1.9.5. Destillation *Elemente I S. 48*

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

Beispiel: Herstellung von Weinbrand aus Wein

1. Das hochgiftige Methanol siedet bei 65°C und wird **verworfen**.
2. Anschließend siedet Ethanol bei 78°C und wird **aufbewahrt**.
3. Bleibt die Temperatur unterhalb 100°C , siedet Wasser nicht und bleibt im **Destillationskolben** zurück.



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.

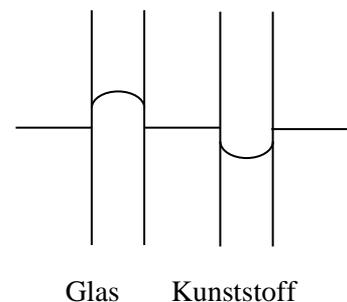
1.9.7. Kapillarwirkung

1. *Polyester-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:

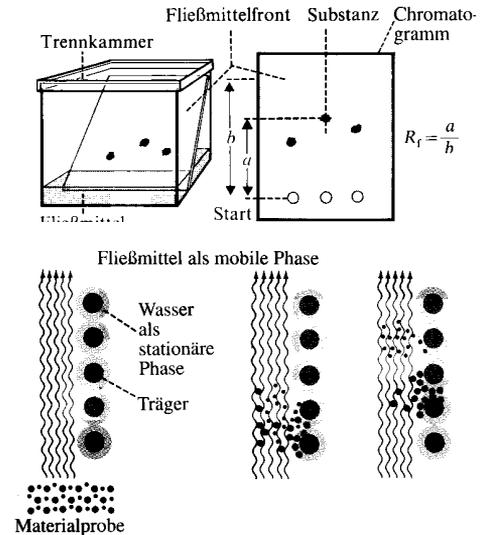
- **Polare Stoffe** wie Glas, Papier und Baumwolle (Cellulose) **ziehen Wasser an**.
- **Unpolare Stoffe** wie Kunststoffe und Wolle (Proteine) **stoßen Wasser ab**.



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_f-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**.

