

Grundlagen der Chemie für Studierende des Maschinenbaus, Prof. Deutschmann

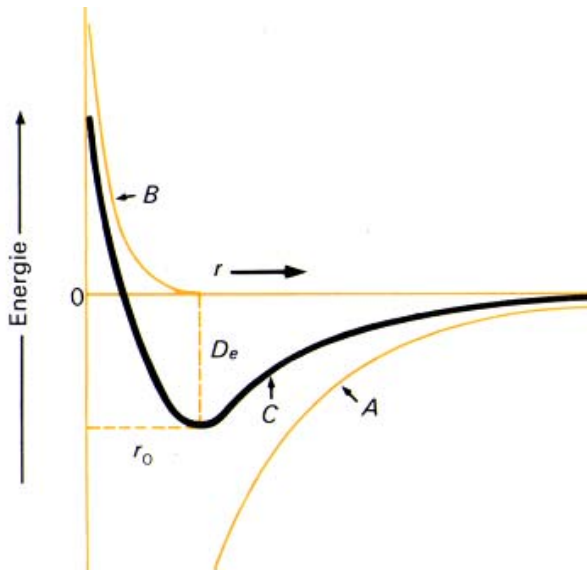
Übungsaufgaben zu Abschnitt 1 (Aufbau der Materie)

Lösung zu Aufgabe 1.1 :

- a) Was versteht man unter dem Begriff Ordnungszahl und was sind Isotope?
Ordnungszahl ist die **Anzahl der Protonen im Kern**, im **neutralen Atom** ist die **Ordnungszahl gleich der Zahl der Elektronen**
Isotope sind **Atome gleicher Ordnungszahl, aber unterschiedlicher Neutronenzahl**
- b) Geben Sie die Anzahl der Protonen, der Neutronen und der Elektronen eines Atoms des Elements Uran mit der Massenzahl 235 und mit der Massenzahl 238 an!
U: Ordnungszahl $O = 92 \Rightarrow$ Zahl der Protonen $P =$ Zahl der Elektronen $N = 92$
 $^{235}\text{U}: N = O - P = 143$ und $^{238}\text{U}: P = 146$
- c) Nennen Sie alle Elemente (Namen + Symbole) der Gruppe der Erdalkalimetalle!
Beryllium (Be)
Magnesium (Mg)
Calcium (Ca)
Strontium (Sr)
Barium (Ba)
Radium (Ra)
- d) Welcher Hauptgruppe gehören diese an?
2. Hauptgruppe
- e) Nennen Sie drei typische Eigenschaften der Elemente dieser Hauptgruppe!
- Silberglänzende Metalle
- **geringe Dichte \Rightarrow Leichtmetalle**
- **gute elektrische Leitfähigkeit**
- relativ weich
- **bevorzugte Oxidationsstufe: +2**
- relativ reaktionsfreudig
- leicht oxidierbar
- **Chloride, Bromide, Iodide und Nitrate leicht löslich in H_2O**
- **Carbonate, Sulfate und Phosphate schwerlöslich bis unlöslich in H_2O**
- f) Geben Sie die Elektronenkonfiguration von Calcium an!
Ca: **$1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^2$**
Andere Schreibweise: **$[\text{Ar}] 4s^2$** .

Lösung zu Aufgabe 1.2 :

- a) Skizzieren Sie schematisch den Verlauf der potentiellen Energie bei der Annäherung zweier H- Atome!



A: Abnahme der potentiellen Energie der Elektronen als Folge der Anziehung durch die Protonen

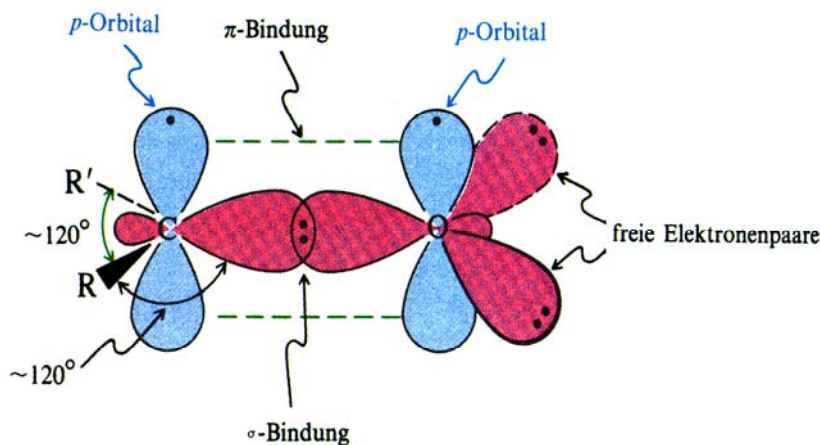
B: Abstoßung der Protonen als Folge der Annäherung

D_e : Dissoziationsenergie

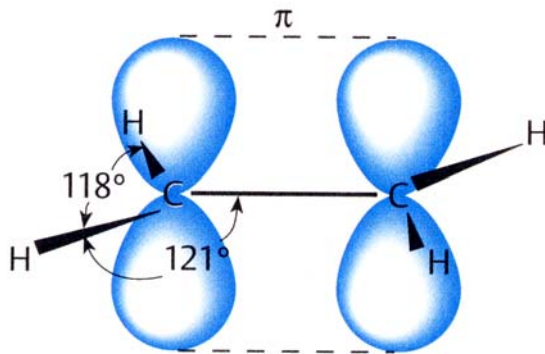
r_0 : Gleichgewichtsabstand der Kerne

- b) Skizzieren Sie schematisch die Verteilung der Elektronen in einer C-O- und einer C=C-Doppelbindung!

Die Doppelbindung besteht aus einer σ - und einer π - Bindung. Die σ - Bindung resultiert aus der Überlappung eines sp^2 - Hybridorbitals des C und O (in der unteren Abbildung rot eingezeichnet), liegt in der Ebene und ist rotationssymmetrisch zur Achse zwischen den Kernen. Die π - Bindung kommt dadurch zustande, dass sich je ein p- Orbital beider beteiligter Atome oberhalb und unterhalb der Ebene überlappen, in der Abbildung als gestrichelte Linien angedeutet.



Die C=C- Doppelbindung ist im Prinzip gleich aufgebaut. Dadurch, dass an jedem C- Atom 3 sp^2 - Hybridorbitale entstehen, liegen, wie in der Abbildung am Beispiel Ethylen (C_2H_4) gezeigt, alle 6 Atome in einer Ebene und die Abweichungen der Bindungswinkel vom Idealwert 120° sind eine Folge des unterschiedlichen Raumbedarfs von C- und H- Atomen.



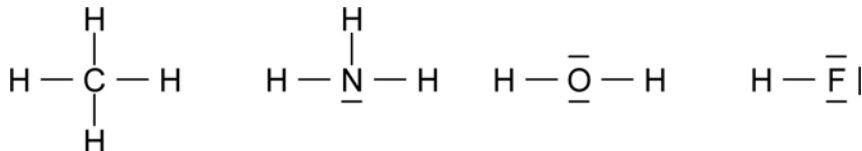
- c) Geben Sie die Anzahl gemeinsamer Elektronenpaare im Stickstoffmolekül an und zeichnen Sie dessen Lewis-Formel?

3 gemeinsame Elektronenpaare, Lewis- Formel $\text{N}\equiv\text{N}$

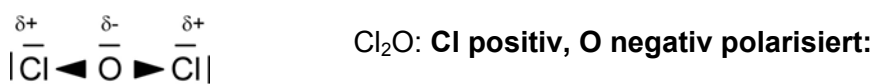
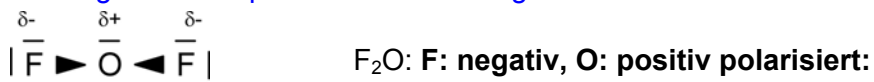
- d) Was versteht man unter Elektronegativität?

Ein Maß für die relative Fähigkeit eines Atoms, in einer chemischen Bindung die Bindungselektronen an sich zu ziehen.

- e) Geben Sie die Lewis- Formeln der Verbindungen CH_4 , NH_3 , H_2O und HF an!



- f) Zeichnen Sie die Lewis- Formeln von F_2O und Cl_2O . Geben Sie in beiden Fällen die negative oder positive Polarisierung der Atome an!



- g) Welche räumliche Gestalt haben Moleküle mit 2, 3, 4 und 6 Elektronenpaaren?

Prinzip:

Elektronen stoßen einander ab, unabhängig davon, ob sie an Bindungen beteiligt sind oder nicht. Daher ist ein Minimum der gesamten Energie erreicht, wenn die Elektronenpaare möglichst weit voneinander entfernt sind.

Folgerungen:

Daher weisen Moleküle, in denen nur





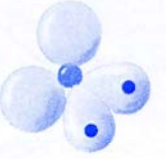

2 Elektronenpaare untergebracht werden müssen, einen Bindungswinkel von 180° auf (**linear**, Beispiele BeCl_2 , CO_2),

für **3 Elektronenpaare** ergibt sich ein Bindungswinkel von 120° (**planar**, Beispiel BF_3),

4 Elektronenpaare weisen in die Ecken eines **Tetraeders** (Bindungswinkel von $109,5^\circ$, Beispiel CH_4),

6 Elektronenpaare weisen in die Ecken eines **Oktaeders** (Bindungswinkel von 90° , Beispiel SF_6)

Übungsaufgaben zu Abschnitt 1 (Aufbau der Materie)

Gesamtzahl der Elektronenwolken	Zahl der freien Elektronenwolken	Gestalt der Moleküle	Winkel zwischen den Wolken	Beispiele	
				Formel	Lewis-Formel
2	0		180°	BeCl ₂	$\overline{\text{Cl}}-\text{Be}-\overline{\text{Cl}}$
3	0		120°	BF ₃	$\overline{\text{F}}-\text{B}-\overline{\text{F}}$ $\overline{\text{F}}$
4	0		109,5°	CH ₄	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$
4	1		≈107°	NH ₃	$\begin{array}{c} \text{H}-\overline{\text{N}}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$
4	2		≈104°	H ₂ O	$\text{H}-\overline{\text{O}}-\text{H}$
6	0		90°	SF ₆	$\begin{array}{c} \overline{\text{F}} \\ \\ \langle \overline{\text{F}} \quad \overline{\text{S}} \quad \overline{\text{F}} \rangle \\ \\ \overline{\text{F}} \end{array}$

h) Geben Sie den räumlichen Aufbau von H₂O, NH₃, CO₂ und HCN an!

H₂O und NH₃: Die 4 Elektronenpaare zeigen (annähernd) in die Ecken eines **Tetraeders**; Folge:

H₂O ist gewinkelt gebaut,

NH₃ ist eine abgeflachte trigonale Pyramide

(Abweichungen vom Tetraederwinkel ergeben sich durch Abstoßung gleichnamig polarisierter Protonen und den Raumbedarf der nicht bindenden Elektronenpaare).

CO₂ und HCN: lineare Moleküle; der Abstand zwischen den beiden C=O- bzw. zwischen der H-C- und der C≡N- Bindung ist dann maximal.

i) Haben die Moleküle BF₃, PF₃, H₂O und CO₂ ein Dipolmoment? Begründung?

BF₃: nein, da planar und **alle Bindungswinkel 120°** (Vektoraddition der 3 gleich großen Dipole der einzelnen Bindungen ergibt Null)

PF₃: ja, Molekül hat die **Gestalt einer flachen trigonalen Pyramide** mit dem P an der Spitze

H₂O: ja, die O-H- Bindungen schließen einen **Winkel von 104°** ein

CO₂: nein; die **Dipole der einzelnen Bindungen** sind **gleich groß und einander entgegen gerichtet**.

Grundlagen der Chemie für Studierende des Maschinenbaus, Prof. Deutschmann

Übungsaufgaben zu Abschnitt 1 (Aufbau der Materie)

j) Nennen Sie mindestens 3 charakteristische Eigenschaften salzartiger Stoffe!

- hart und spröde
- elektrische Leitfähigkeit als Schmelze oder Lösung
- hohe Schmelz- und Siedepunkte
- in H₂O löslich

k) Erklären Sie die Entstehung von Ionenverbindungen!

Ionenverbindungen erklärt am Beispiel von NaCl:

Na: 1 Valenzelektron (VE)

Cl: 7VE

⇒ Gibt das Na-Atom seine e⁻ an das Cl-Atom ab, haben beide die Edelgaskonfiguration (also eine geschlossene Außenschale)

⇒ Na⁺ Cl⁻ ⇒ elektrostatische Anziehungskraft ⇒ Ionengitter, da ungerichtete Anziehungskraft

l) Geben Sie die Summenformeln an für die Verbindungen Natriumchlorid, Calciumnitrid, Aluminiumoxid, Bariumphosphid und Strontiumsulfid an!

Natriumchlorid: NaCl

Calciumnitrid: Ca₃N₂

Aluminiumoxid: Al₂O₃

Bariumphosphid: Ba₃P₂

Strontiumsulfid: SrS

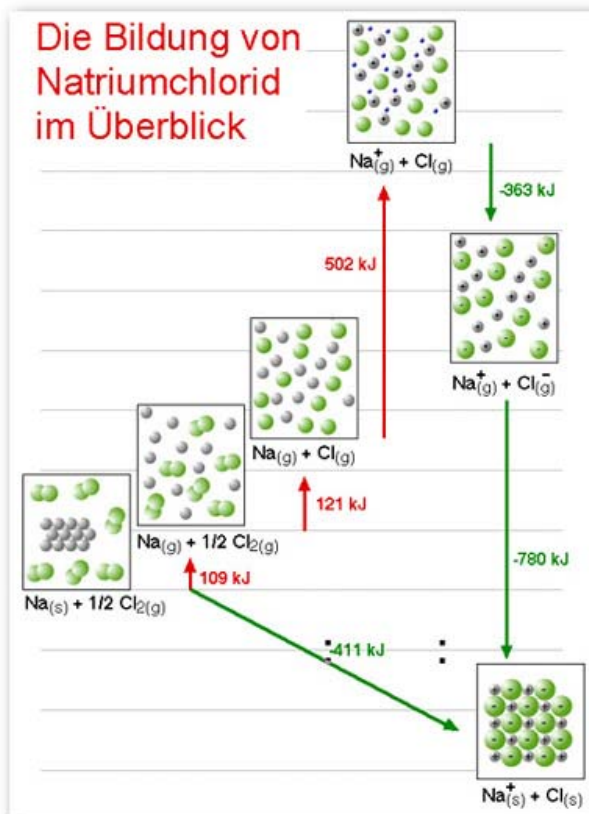
m) Welche Energiebeiträge haben Einfluss auf die Bildungswärme einer Ionenverbindung?

Sublimationsenthalpie und **Dissoziationsenthalpie**, beide positiv

Ionisierungsenergie (positiv) und **Elektronenaffinität** (negativ, in einigen Fällen positiv)

Gitterenergie (negativ)

Bildung von NaCl als konkretes Beispiel:



Aus festem Na und gasförmigem Cl₂ wird unter Aufwendung der **Sublimationsenthalpie** des Na (109 kJ) Na(g) + 1/2 Cl₂(g)

Das Cl₂(g) dissoziiert unter Aufwendung der **Dissoziationsenthalpie** (121 kJ) und man erhält Na(g) + 1/2 Cl₂(g).

Das Na gibt unter Aufwendung der **Ionisationsenthalpie** (502 kJ) ein Elektron ab und es entsteht Na⁺(g) + Cl(g).

Das Cl(g) nimmt unter Freisetzung der **Elektronenaffinität** (-363 kJ) ein Elektron auf und man erhält Na⁺(g) + Cl⁻(g).

Das Na⁺(g) und Cl⁻(g) lagern sich unter Freisetzung der **Gitterenergie** (-790 kJ) zum Ionenkristall Na⁺(s) + Cl⁻(s) zusammen.

Die Angabe (s) bedeutet fest, (g) steht für gasförmig.

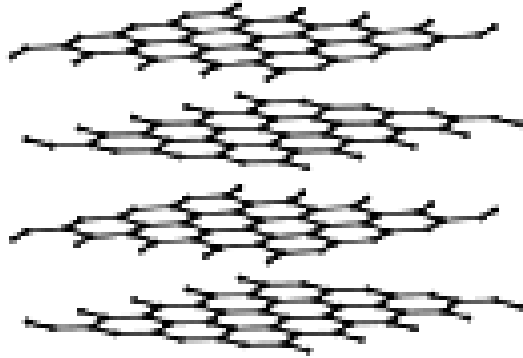
Lösung zu Aufgabe 1.3 :

a) Erklären Sie die Begriffe isotrop und anisotrop!

- **Isotrope Stoffe:** alle Eigenschaften unabhängig von der Richtung
- **anisotrope Stoffe:** physikalische Eigenschaften hängen von der betrachteten Richtung ab

z.B. elektrische Leitfähigkeit in Graphit:

- sehr gut entlang der Kristallebene
- schlecht senkrecht zu den Ebenen



b) Geben die die Zustandsgleichung für ideale Gase an. Welche Gleichungen ergeben sich für die Sonderfälle konstanter Stoffmenge und konstanter Temperatur bzw. konstanter Stoffmenge und konstantes Drucks?

Das ideale Gasgesetz lautet

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

und für den Sonderfall konstanter Stoffmenge und konstanter Temperatur wird daraus

$$p \cdot V = \text{const} \quad (\text{Gesetz von Boyle und Mariotte})$$

für den Sonderfall konstanter Stoffmenge und konstanten Drucks ergibt sich aus Gl. (1):

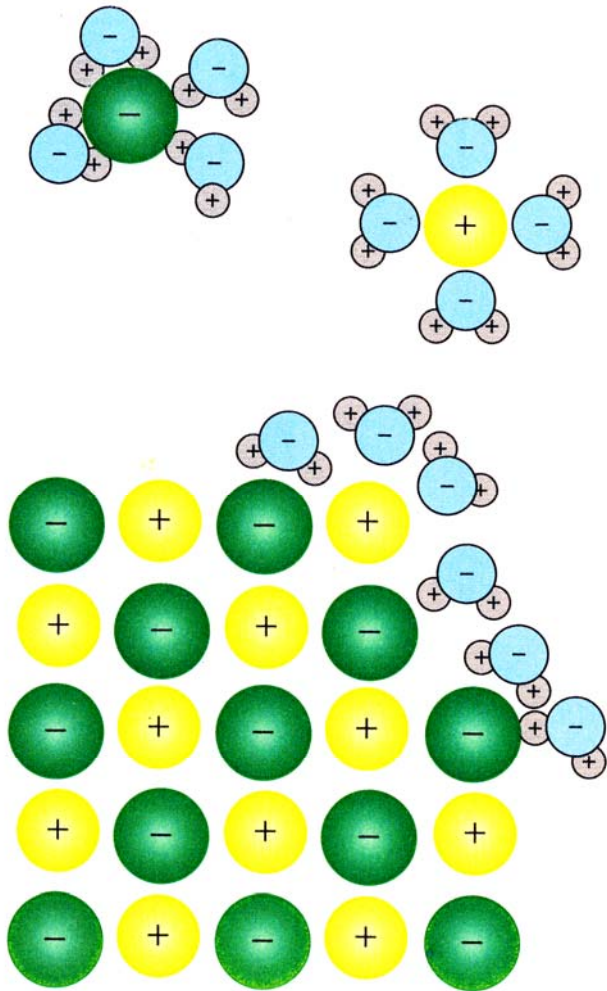
$$\frac{V}{T} = \text{const} \quad (\text{Gesetz von Gay-Lussac}).$$

c) Beschreiben Sie die Energiebeiträge beim Lösen eines Feststoffs!

Gitterenergie und Wechselwirkungskräfte zwischen den Lösungsmittelmolekülen müssen überwunden werden (Energie wird verbraucht)

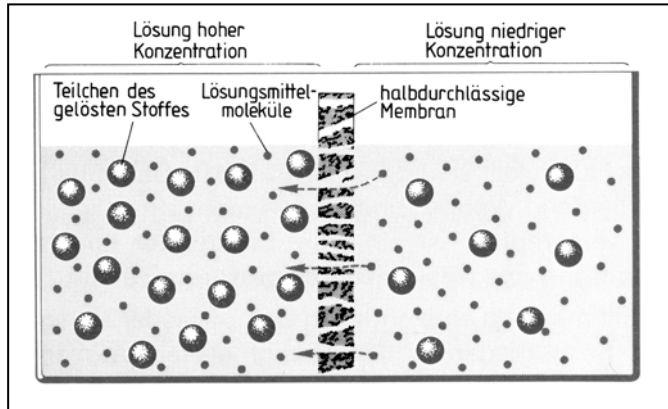
Durch die **Ausbildung von Solvathüllen** wird **Energie freigesetzt**. Wird dadurch die aufzuwendende Energie annähernd kompensiert, geht der Feststoff in Lösung.

Übungsaufgaben zu Abschnitt 1 (Aufbau der Materie)

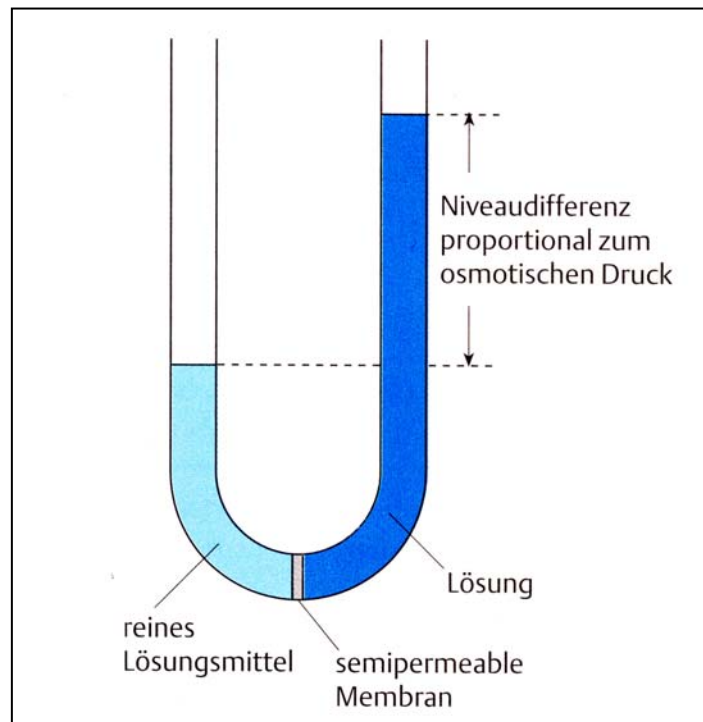


Besonders hohe Gitterenergien weisen Ionenkristalle auf, durch die Ausbildung von Hydrathüllen wird aber auch besonders viel Energie freigesetzt.

d) Was versteht man unter Osmose und osmotischem Druck?



Sind eine verdünnte und eine konzentrierte Lösung eines Stoffes durch eine Membran voneinander getrennt, wird das Lösungsmittel durch die Membran hindurch von der verdünnten in die konzentrierte Lösung transportiert. Den Vorgang nennt man Osmose, einen dadurch erzeugten Druck nennt man osmotischen Druck.

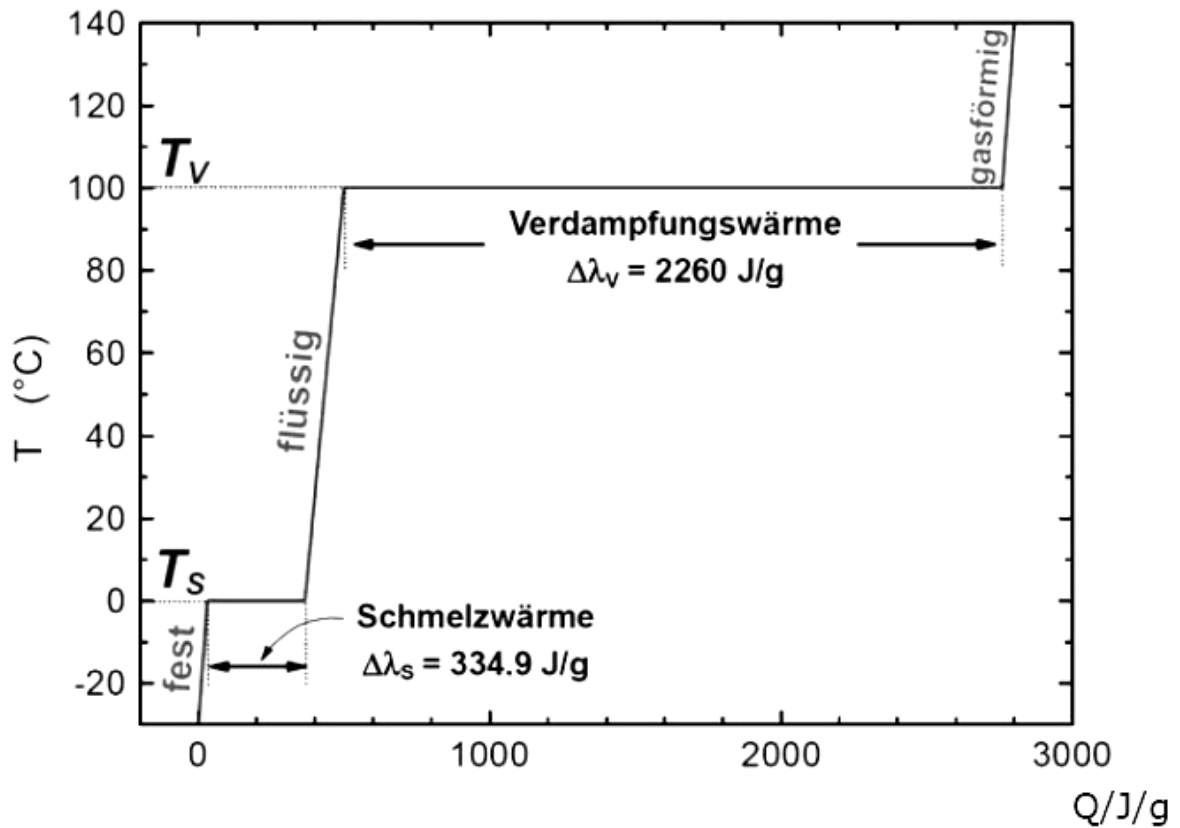


e) Was versteht man unter Verteilungsgleichgewicht?

Ist eine **Substanz in 2 miteinander nicht mischbaren Lösungsmitteln** L_1 und L_2 **löslich**, stehen die **Massenanteile der Substanz in den Lösungsmitteln** (X_1 und X_2) zueinander **in einem festen**, von der Temperatur abhängigen, **Verhältnis**

$$X_1/X_2 = K \quad (K = \text{Verteilungskoeffizient}).$$

- f) Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf der Temperatur, wenn Wasser, vom festen Zustand ausgehend, mit konstanter Heizleistung erwärmt wird!



Zunächst wird festes Wasser bis zum Schmelzpunkt erwärmt. Während des Schmelzens bleibt bei unveränderter Zufuhr von Wärme die Temperatur konstant, danach wird das flüssige Wasser bis zur Siedetemperatur erwärmt. Während des Siedens wird erneut ein Zeitraum beobachtet, in dem sich die Temperatur nicht ändert, danach erfolgt die weitere Erwärmung des gasförmigen Wassers.

Lediglich die Zahlenwerte sind spezifisch für Wasser, das Verhalten ist allgemein gültig und Phasenübergänge machen sich durch das Auftreten weiterer Zeiten, bei denen die Temperatur konstant bleibt, bemerkbar.