

# Physik

E.ZANEN  
ANSALDO  
EUROPAMETALLI - LMI

BL 2136

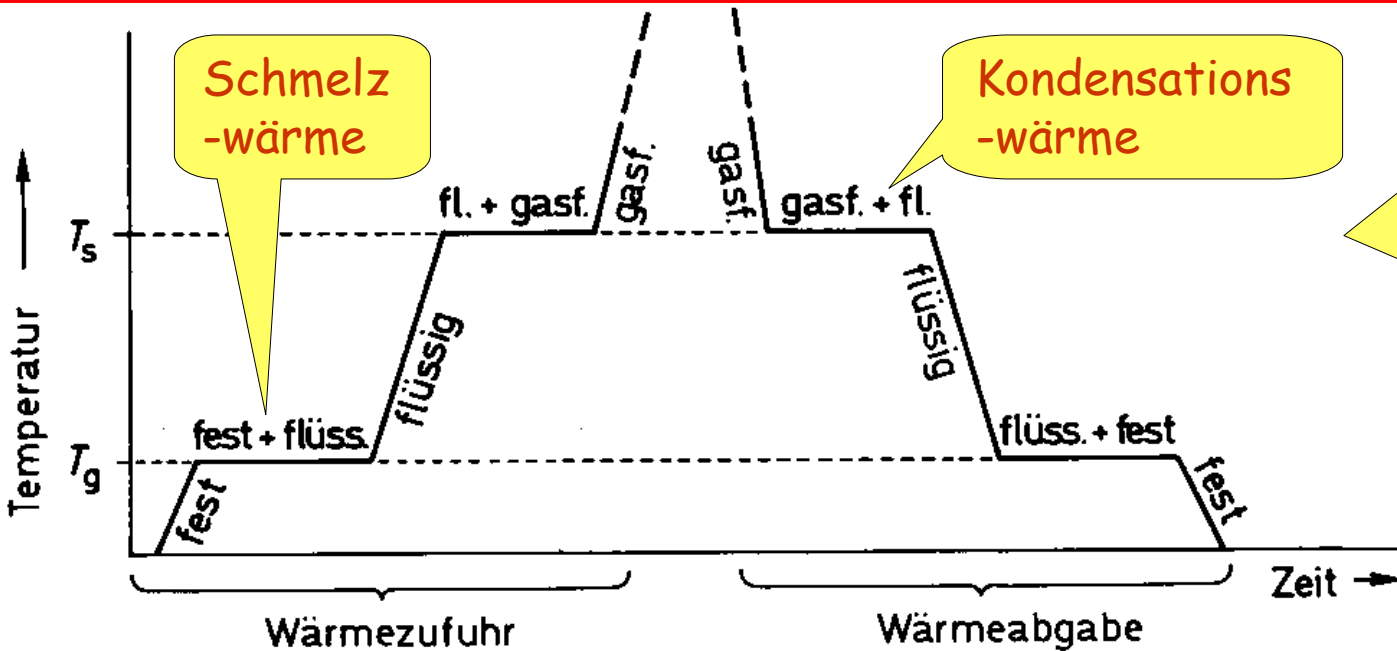
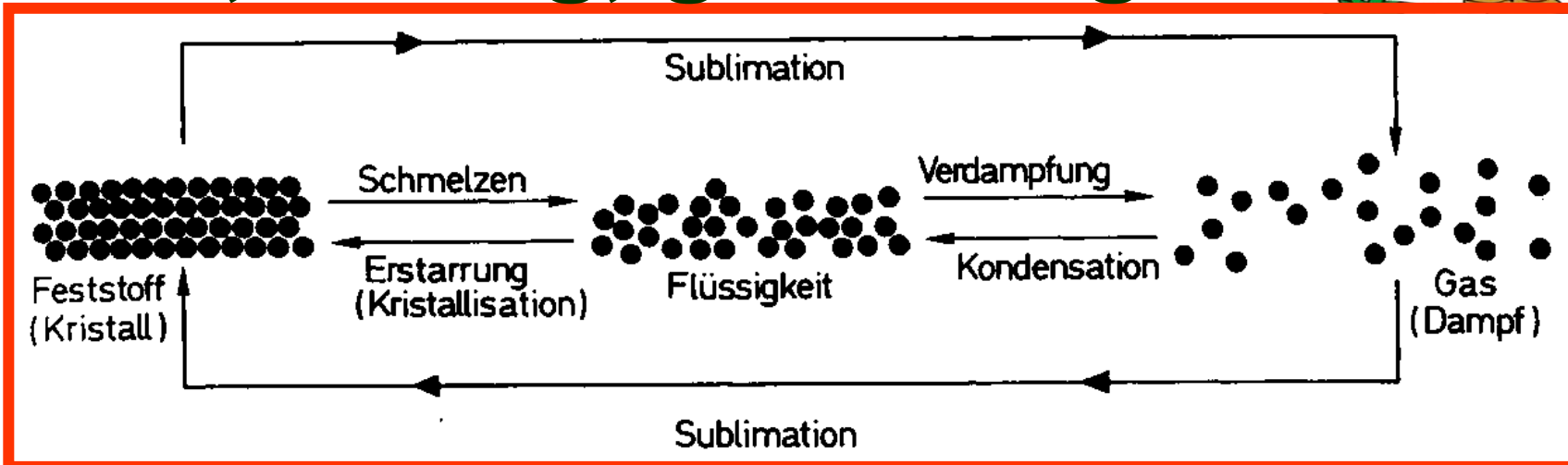
1. Klausur ist  
am 5.12.!!  
Jetzt lernen!

Klausuranmeldung: Bitte  
heute in Listen eintragen!



# Aggregatzustände

## Fest, flüssig, gasförmig



Die Umwandlung von Aggregatzuständen erfordert Energie bzw. setzt Energie frei

# Umwandlungswärme

## Latente Wärme



- \* Spezifische Umwandlungswärme (J/g)
- \* Molare Umwandlungswärme (J/mol)

\* Beispiel Umwandlungswärme:  
Ein 250 W Tauchsieder heizt 500 g Eis 5 min lang auf. Wie viel Eis schmilzt dabei?

$$c_{\text{schmelz}} = 334 \frac{\text{J}}{\text{g}}; P = 250 \text{ W};$$

$$m = 500 \text{ g}; \Delta t = 5 \text{ min}$$

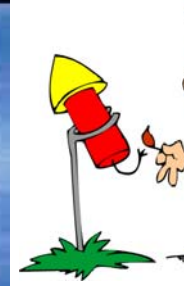
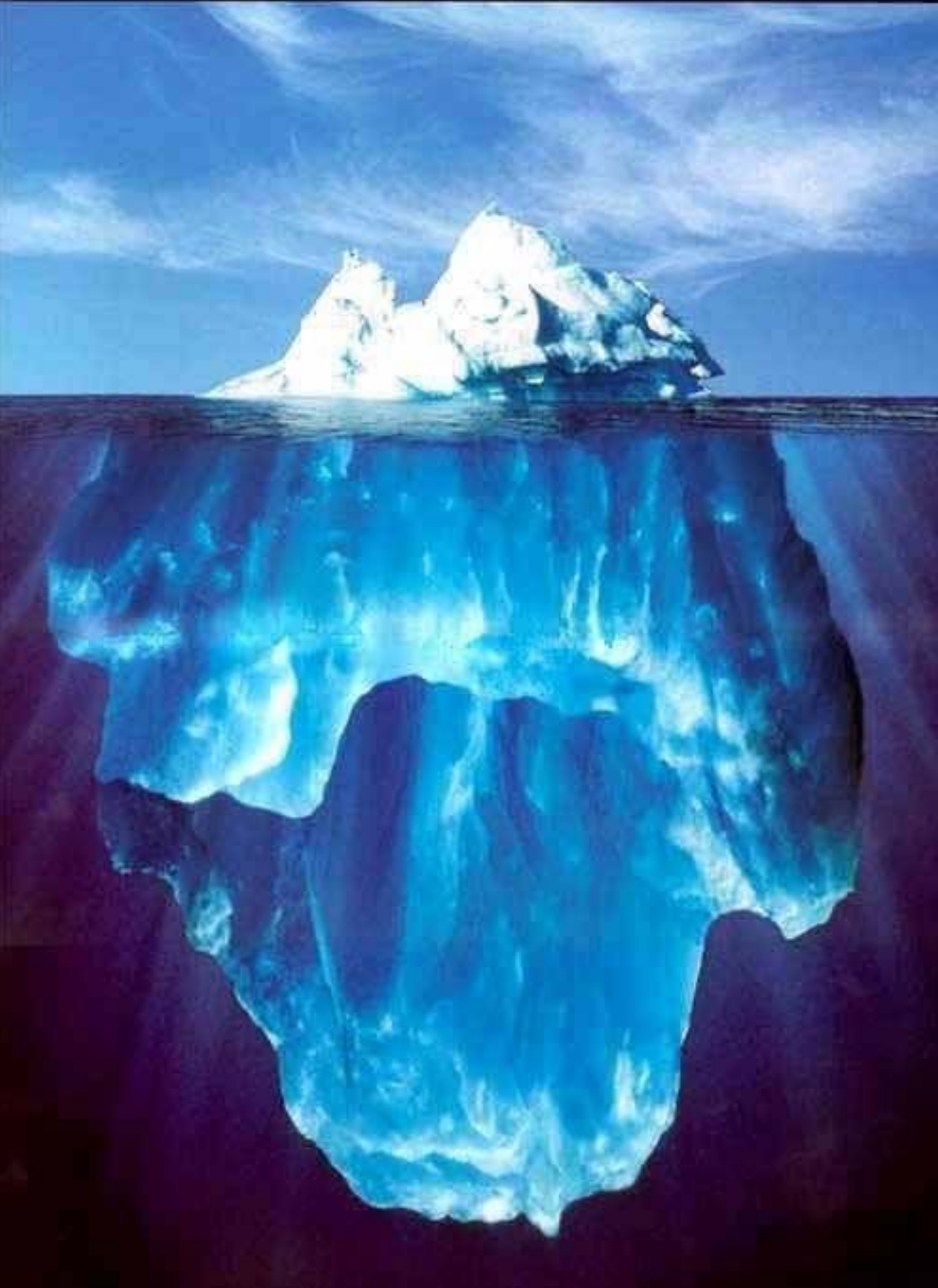
$$\Delta Q = W = P \Delta t = 75 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{schmelz}} = c_{\text{schmelz}} m$$

$$m = \frac{Q_{\text{schmelz}}}{c_{\text{schmelz}}} = \frac{75 \text{ kJ}}{334 \frac{\text{J}}{\text{g}}} = 224 \text{ g}$$

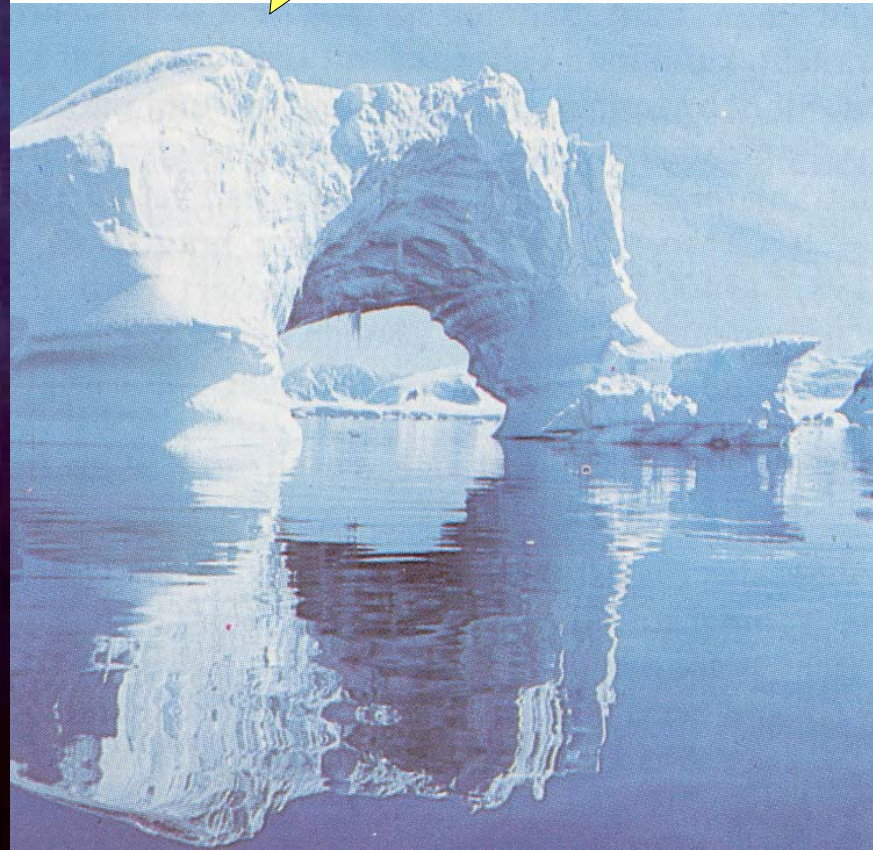
Stoff	Schmelztemp. (K)	Schmelzwärme spezif. (J/g)	Schmelzwärme molar (kJ/mol)
H <sub>2</sub>	13,8	59	0,12
H <sub>2</sub> O	273	334	6,02
Hg	234	11,7	2,34
Pt	2043	113	19,7

	Siedetem. (K)	Verdampfungswärme spezif. (J/g)	Verdampfungswärme molar (kJ/mol)
H <sub>2</sub>	20,2	461	0,94
H <sub>2</sub> O	373	2246	40,7
Hg	626,3	284	59,4
Pt	4570	2294	469



Übrigens....

Auch die Dichte  
ändert sich bei der  
Phasenumwandlung:  
Eis ist leichter als  
Wasser



# Dampfdruck



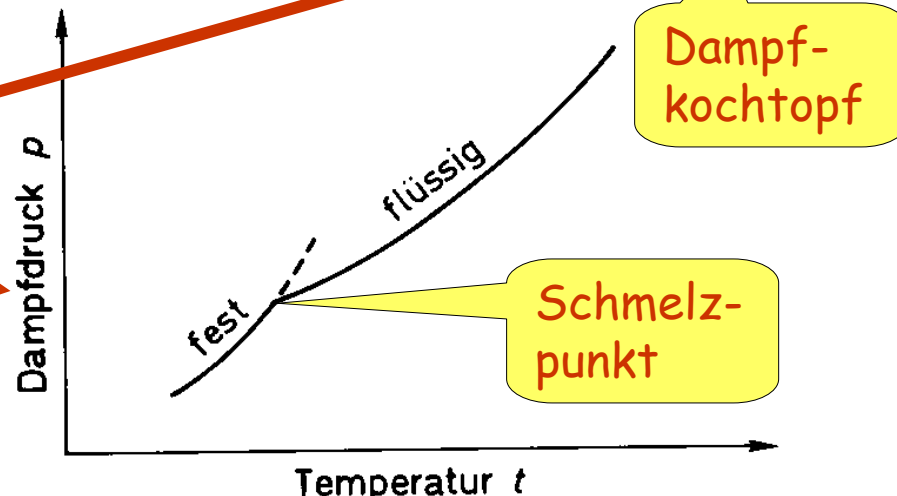
$$\text{Absol. Luftfeuchtigkeit} \left( \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{Menge an Wasserdampf (g)}}{\text{Volumen (m}^3\text{)}}$$

Flüssigkeiten **verdunsten** mit der Zeit: Moleküle lösen sich trotz der Oberflächenspannung.

- \* Aufgrund der **Umwandlungswärme** kühlt sich die Flüssigkeit dabei ab (Energieerhaltung)
- \* In einem geschlossenen Raum steigt der **Dampfdruck** (die Luftfeuchtigkeit) bis zu einem Maximalwert: dem **Sättigungsdampfdruck**
- \* Der Sättigungsdampfdruck ist stark **temperaturabhängig**.
- \* Ist der Sättigungsdampfdruck größer als der Luftdruck, so **siedet** die Flüssigkeit
- \* Auch **feste Körper** haben einen Dampfdruck (Eis verschwindet bei trockenem kalten Wetter langsam)

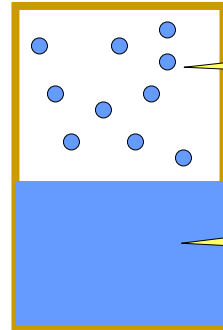
$$\text{rel. Luftfeuchtigkeit (\%)} = \frac{\text{Dampfdruck}}{\text{Sättigungsdampfdruck}}$$

Temperatur (°C)	0	20	100	120	150
Sättigungsdampfdruck (mbar)	6,10	23,38	1013	1985	4759





# Dampfdruck



Wassermoleküle erzeugen Druck

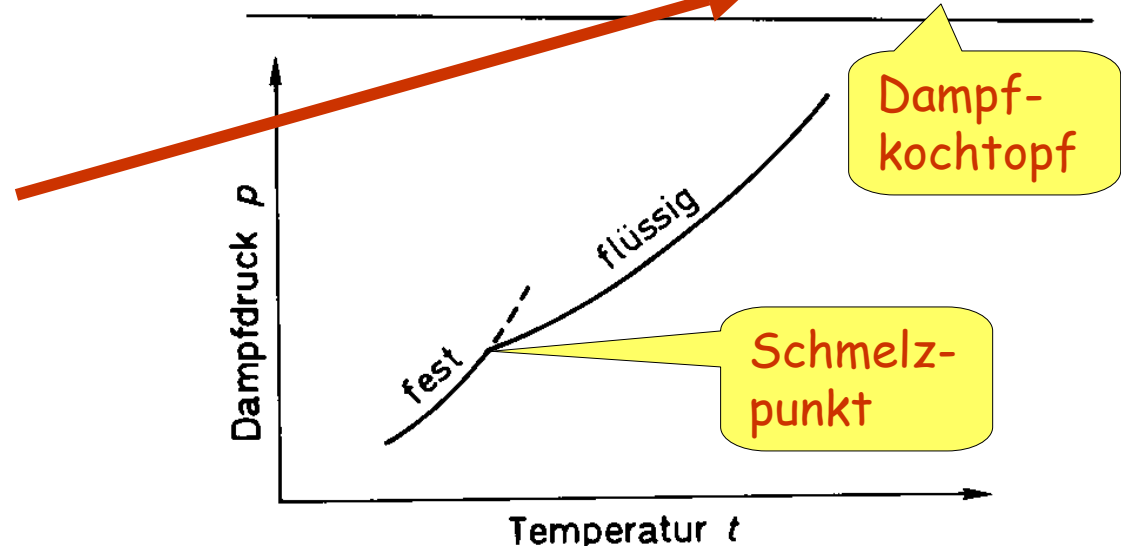
= Dampfdruck, Luftfeuchtigkeit

Wasser oder Eis

- \* In einem geschlossenen Raum steigt der **Dampfdruck** (die Luftfeuchtigkeit) bis zu einem Maximalwert: dem **Sättigungsdampfdruck**

Temperatur (°C)	0	20	100	120	150
Sättigungsdampfdruck (mbar)	6,10	23,38	1013	1985	4759

- \* Ist der Sättigungsdampfdruck größer als der Luftdruck, so **siedet** die Flüssigkeit



# Dampfdruck von Lösungen

- \* Bei einem Lösungsmittel wird durch die gelöste Substanz der **Dampfdruck erniedrigt** und deshalb

- erhöht sich die Siedetemperatur und
- erniedrigt sich die Schmelztemperatur

- \* **Raoult'sche Gesetz:**

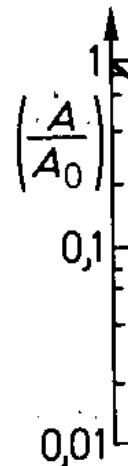
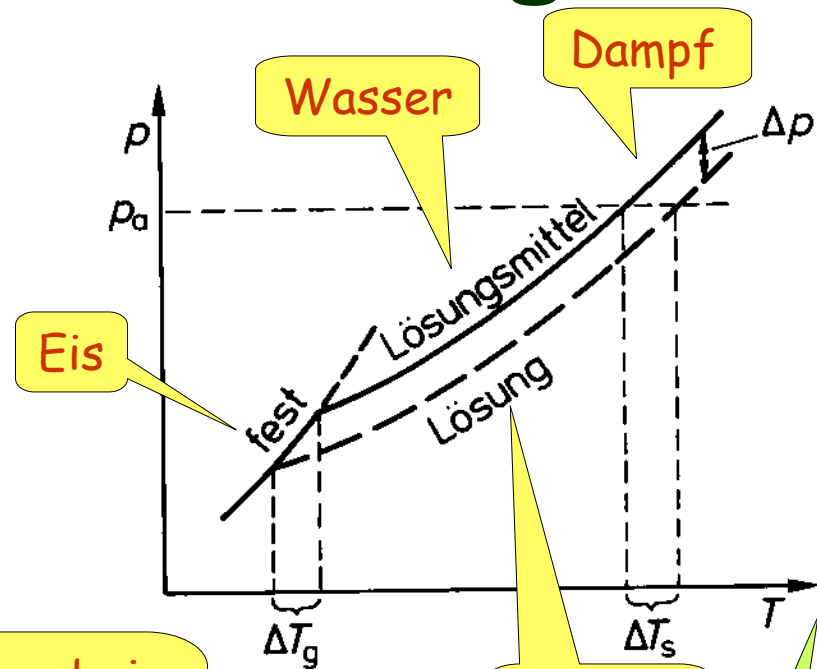
$$\frac{\Delta p}{p} = \frac{N_s}{N_s + N_l}$$

$\frac{\Delta p}{p}$  = relative Dampfdruckänderung

$N_s$  = Anzahl der gelösten Teilchen

$N_l$  = Anzahl der Teilchen im Lösungsmittel

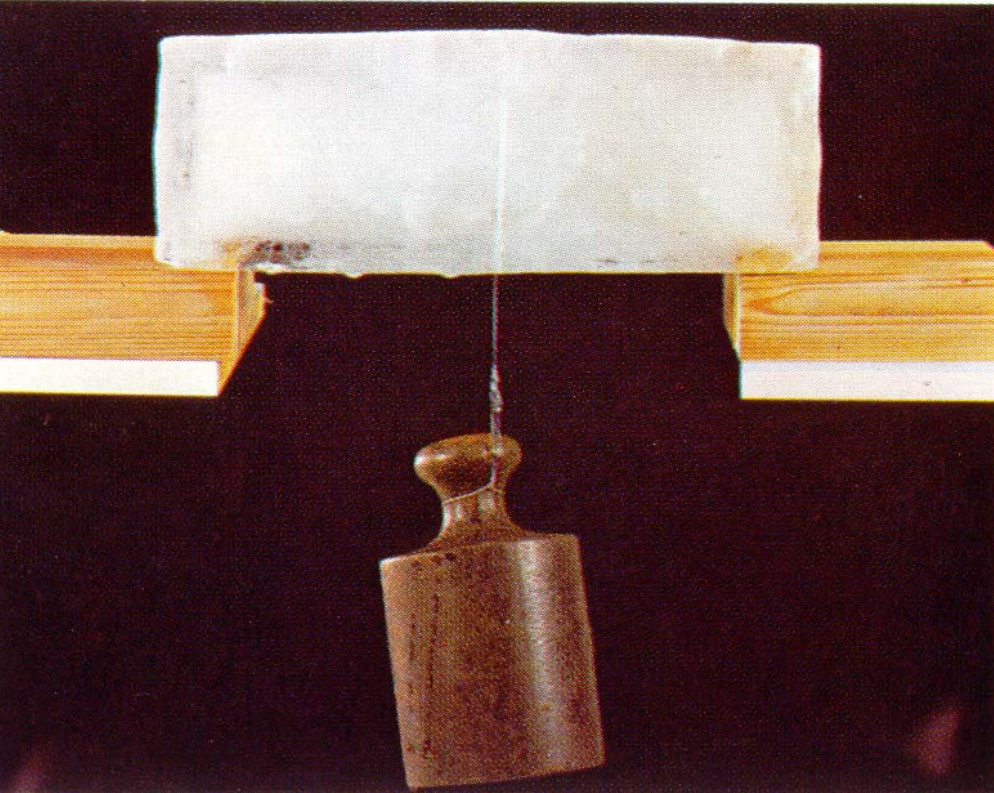
Achtung bei Stoffen die dissoziieren!



Logarithmische Skala



# Eis schmilzt unter Druck



# Zustandsdiagramme

Logarithmische Skalen!

## Kritische Daten:

Stoff	$T_{kr}$ (K)	$p_{kr}$ (bar)
Wasser	647	220
Kohlendioxid	304	74
Ammoniak	406	113
Wasserstoff	33	13

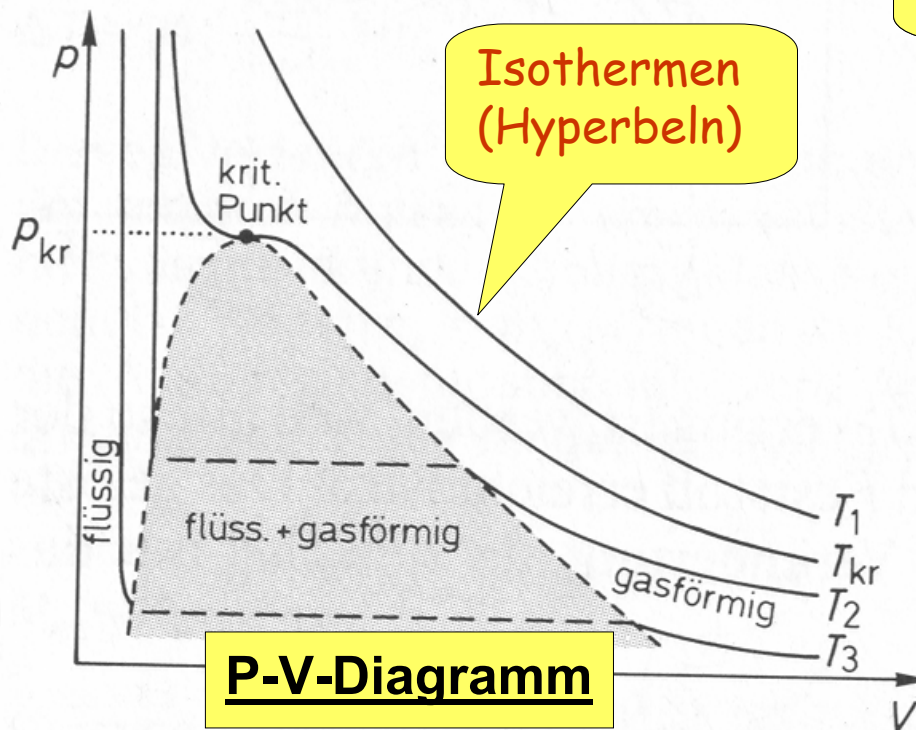
Beispiel für Druckabhängigkeit:

Eis schmilzt unter Schlittschuhkufen bei Minustemperaturen

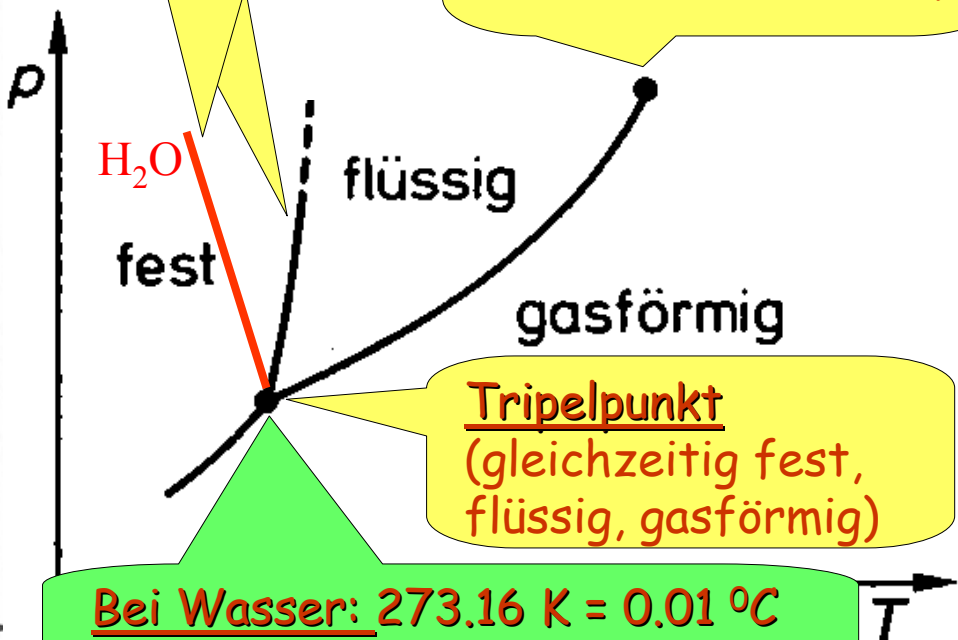


Schmelzdruckkurve

Kritischer Punkt  
(Flüssigkeitsoberfläche verschwindet)



Isothermen  
(Hyperbeln)

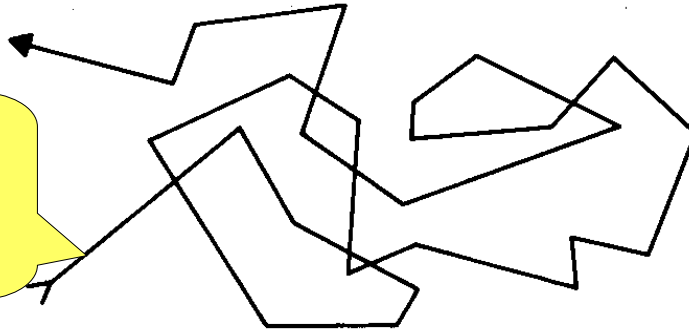


Tripelpunkt  
(gleichzeitig fest, flüssig, gasförmig)

Bei Wasser: 273.16 K = 0.01 °C  
Definition der Temperatureinh.

# Thermische Bewegung, Brownsche Bewegung

Atome in  
Gasen und  
Flüssigkeiten



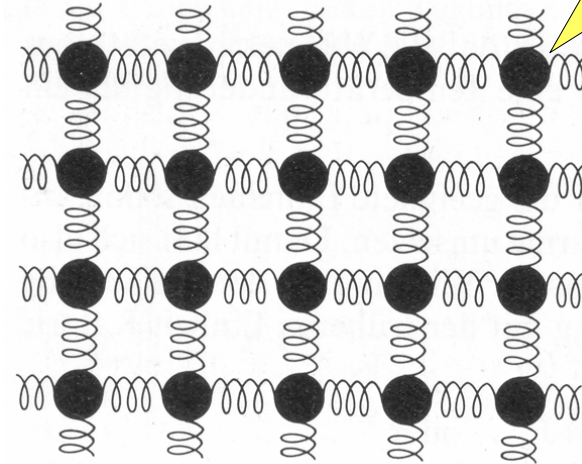
## Brownsche Bewegung:

- \* Temperatur = Maß für mittlere kinetische Energie, die jedes Teilchen bei seiner ungeordneten thermischen Bewegung hat.

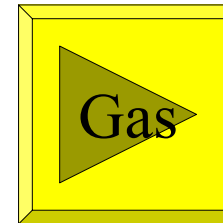
## Gleichverteilungssatz:

- \* Jede der drei Raumrichtungen bekommt die gleiche kinetische Energie (für Schwingungen und Rotationen gilt ähnliches)

$$\overline{W}_k = \frac{1}{2} m \overline{v^2} = \frac{1}{2} kT$$



Atome  
im Fest-  
körper



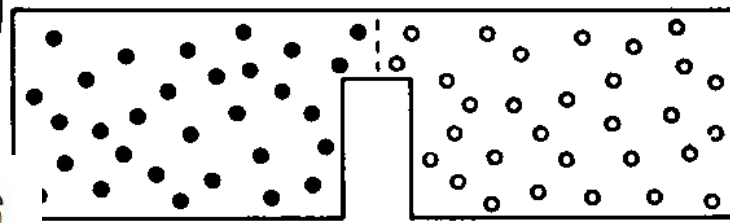
## \* Boltzmann-Konstante:

$$k = \frac{R}{N_A} = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

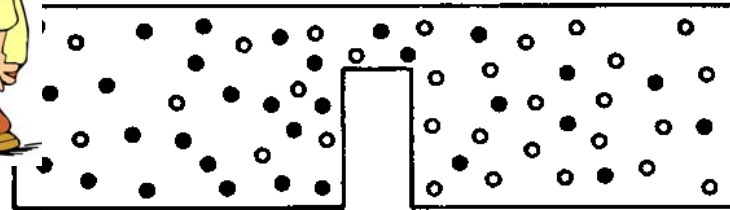
# Diffusion

- \* Moleküle wandern aufgrund ihrer thermischen Bewegung

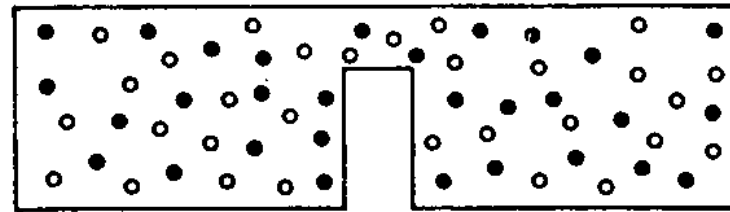
- \* **1. Ficksches Gesetz:**



Anfangs-  
verteilung



Zwischen-  
zustand



Endzustand  
(stationär)

$$j = -D \frac{dc}{dx}$$

$j$  = Teilchenstromdichte

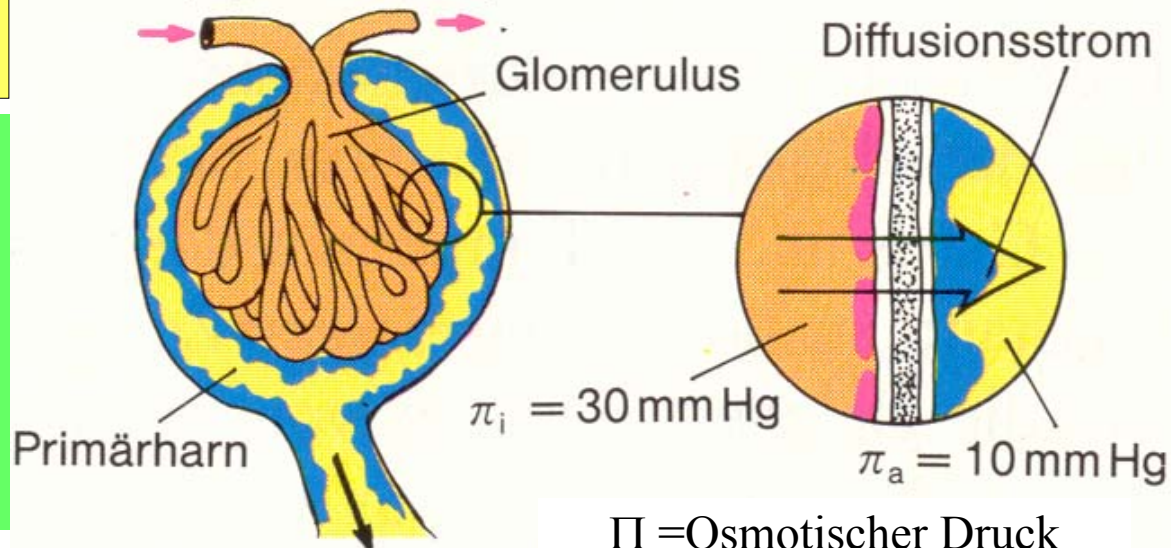
$\frac{dc}{dx}$  = Konzentrationsgradient

$D$  = Diffusionskoeffizient

## Beispiele:

- \* Sauerstoffversorgung von Gewebe durch die Zellwände hindurch,
- \* Verteilung von Arzneimitteln im Körpergewebe

Malpighisches Körperchen



# Brownsche Bewegung, Diffusion, Osmose

Osmose spielt überall in der Biologie eine große Rolle, z.B. für Innendruck der Zellen, Nieren,...

## \* Osmotischer Druck „ $\Pi$ “:

$$\Pi = \frac{n}{V} RT$$

$$\frac{n}{V} = \text{Stoffmengenkonz. (mol/V)}$$

$R$  = Gaskonstante

### Pfeffersche Zelle:

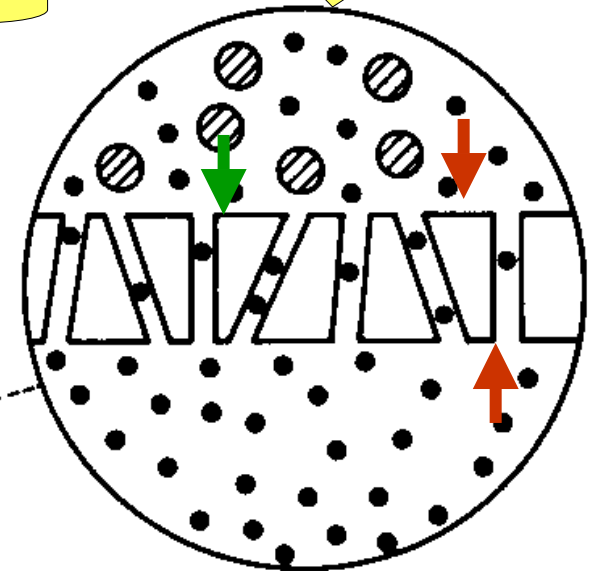
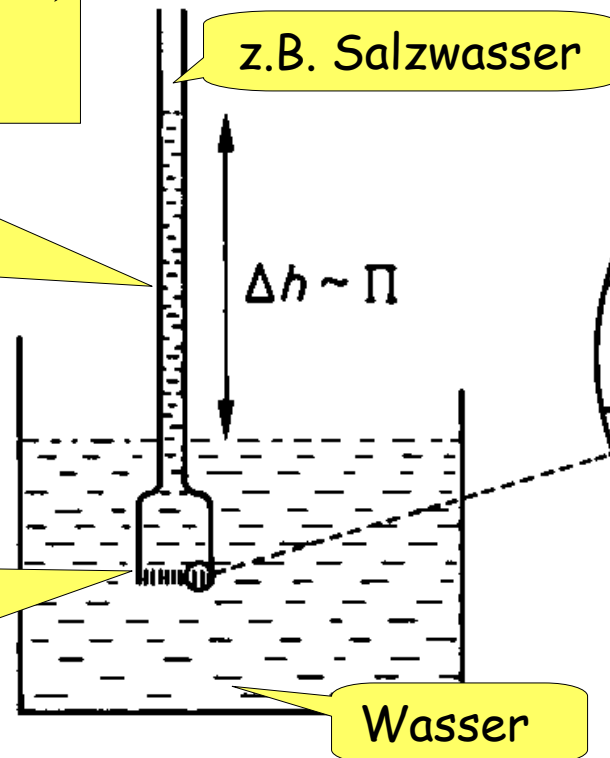
Osmotischer Druck =  
Schweredruck:

$$\Pi = \rho gh$$

### semipermeable Wand:

nur bestimmte Teilchen  
(z.B. Wasser) werden  
durchgelassen.

Gleichgewicht der Bewegung der Wassermoleküle nach oben und unten. Zusätzlich oben noch gelöster Stoff. Deshalb oben höherer Druck als unten: osmotischer Druck



● Lösungsmittel  
⊘ gelöster Stoff

# Wärmeleitung



## Wärmeleitungsgleichung:

$$\Phi = -\lambda \frac{A}{l} \Delta T$$

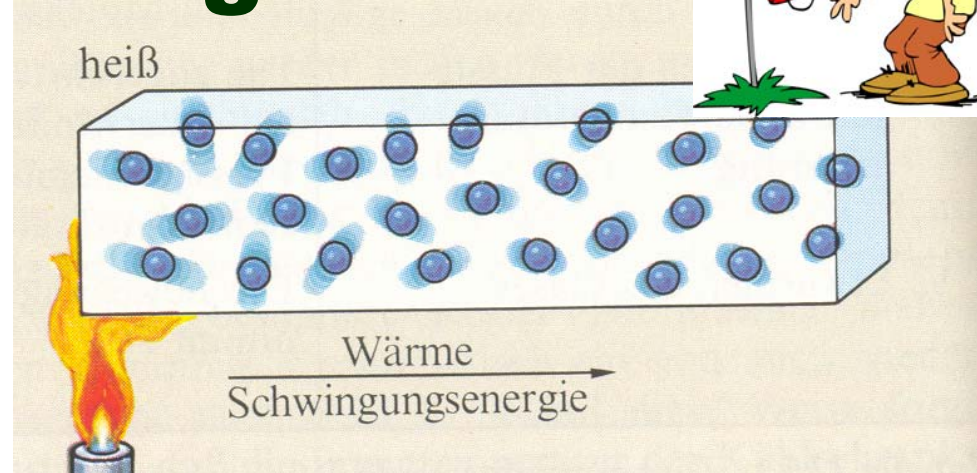
$\Phi \sim \Delta T$   
 $\Phi \sim A$   
 $\Phi \sim 1/l$

## Wichtige Größen:

- \* Wärmestrom  $\Phi = dQ/dt$  pro Zeit transportierte Wärmemenge  $Q$  (in J/s=W)
- \* Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  (in W/(K m); Proportionalitätskonstante)
- \* Wärmestromdichte  $q = \Phi / A$  (in W/m<sup>2</sup>)
- \* Temperaturgradient  $dT/dx$ : Temperaturzunahme pro Längeneinheit (in K/m):

## Wärmeleitungsgleichung allgemein:

$$\frac{\Phi}{A} = q = -\lambda \frac{dT}{dx}$$



Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ bei 20°C	Gase	Flüssigkeiten	Feststoffe	Materialien für Bau und Wärmedämmung
10			Kupfer	
1			Aluminium	
		Quecksilber	Eisen	
			Zink	
0,1		Wasser		Beton
		Glykol		Ziegel
		Ethanol	Glas	
0,01			Porzellan	
			PVC u. ähnl.	
0,001	Wasserstoff			Holz
				Glaswolle
0,0001	Luft			Styropor