

Phasenübergänge (1)

Verdampfen (Verdunsten) von Flüssigkeiten und Festkörpern

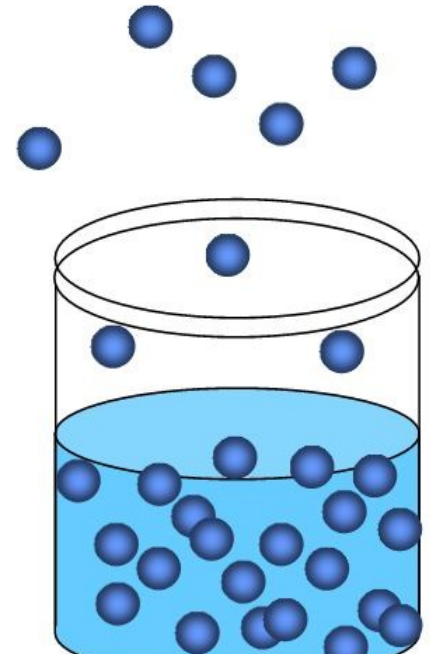
- Beispiel: Nasse Wäsche im Winter
 - Gefriert
 - Trocknet aber trotzdem
 - Eis **verdampft direkt**
- **Sublimation**
 - Direkter Übergang **fest** ↔ **gasförmig**
 - Ursache: **Molekularbewegung**



Phasenübergänge (2)

Verdunsten von Flüssigkeiten und Festkörpern

- Temperatur \leftrightarrow **mittlere Translationsenergie**
 - **Einzelne** Teilchen aber so schnell, dass sie sich aus dem Molekülverband **lösen** können
 - Kinetische Energie \geq **Abtrennarbeit**
- Verdunstungsrate **nur temperaturabhängig**



Phasenübergänge (3)

- Verdunsten von Flüssigkeiten und Festkörpern
 - Behälter mit **Eis**
 - Raum über Eis vorerst **leer (Vakuum)**, Temperatur: **-10°C**
 - Eismoleküle **verdunsten**
 - Gleichzeitig aber auch **Rekondensation**
 - Rate von der **Dampfdichte** abhängig!
 - Nach gewisser Zeit: **Rekombinations- und Sublimationsraten gleich**
 - **Thermodynamisches Gleichgewicht**
 - **Gesättigter Dampf**
 - Druck im Behälter: **Dampfdruck**



Phasenübergänge (4)

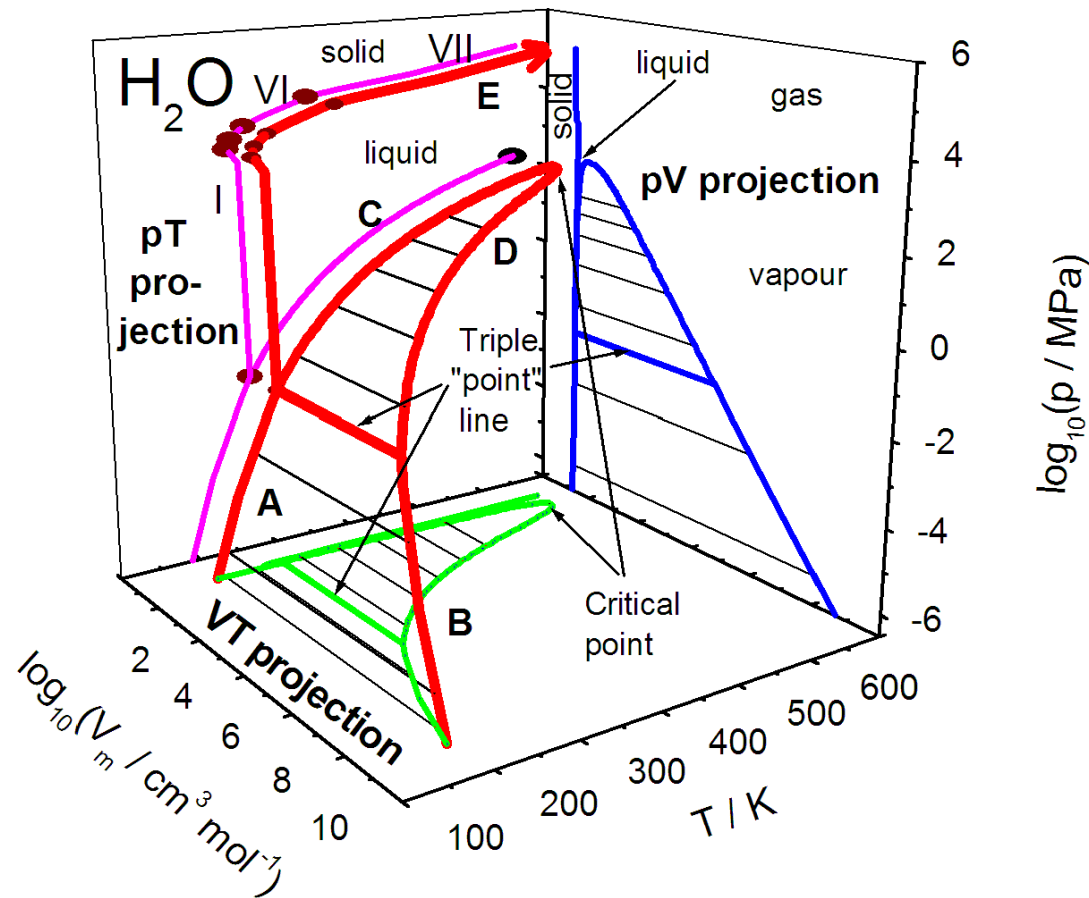
Verdunsten von Flüssigkeiten und Festkörpern

- **Temperaturerhöhung** → Bewegungsenergie der Teilchen **steigt**
 - Sublimationsrate / Verdunstungsrate **steigt**
- Gleichgewichtsbedingung: **Kondensationsrate muss steigen**
 - **Geht nur, wenn Dampfdichte steigt!**
 - **Dampfdruck steigt!**
- Dampfdruck ist (**ausschließlich**) **temperaturabhängig!**



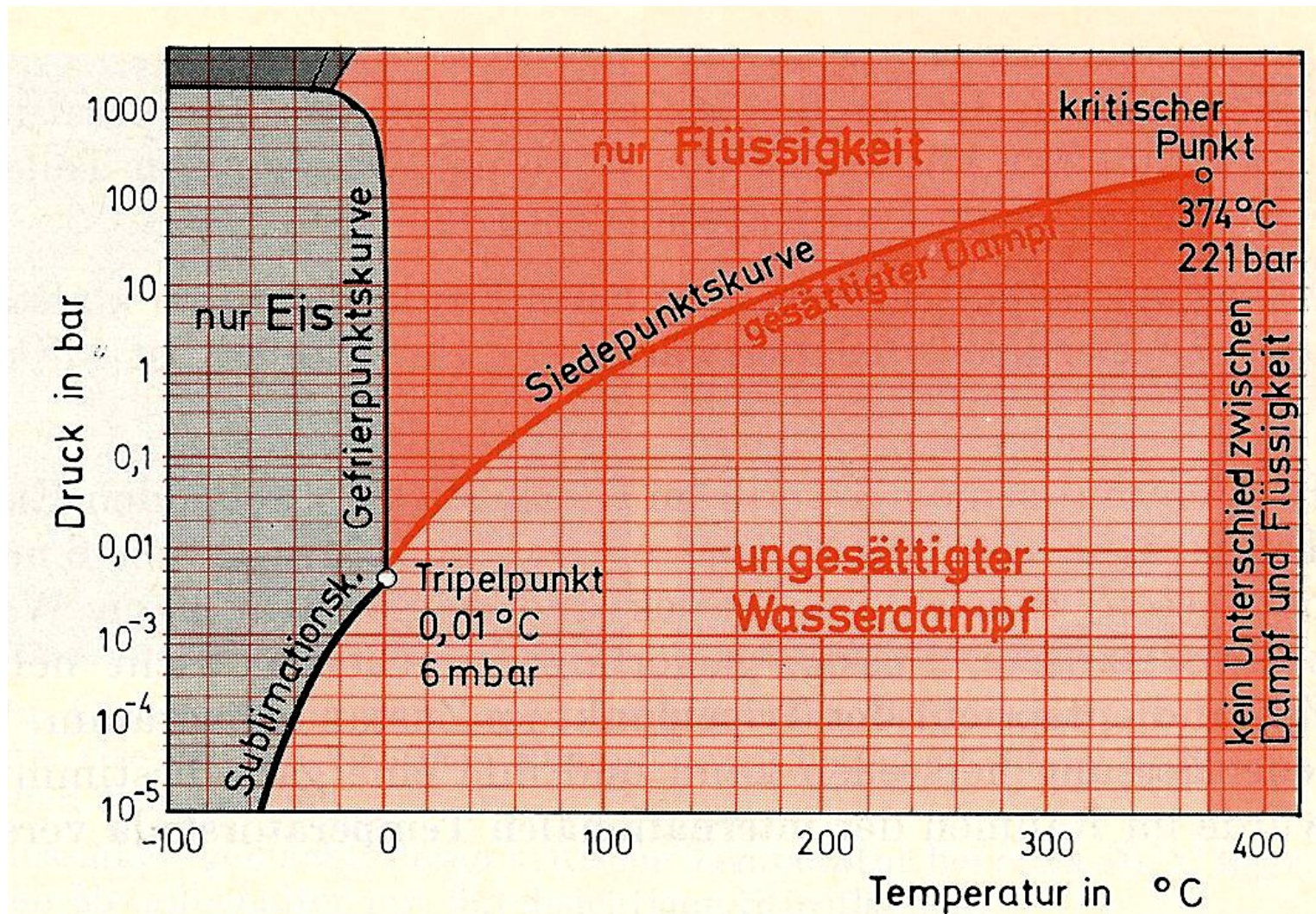
Phasenübergänge (5)

- Zustandsraum des Wassers



Phasenübergänge (6)

Zustandsdiagramm (Phasendiagramm) des Wassers



Nur für den schulinternen Gebrauch!

Phasenübergänge (7)

Gesättigter Dampf = Gas?

- Kolben **senken** bei **konstanter Temperatur**
 - Kurzfristig: **Dampfdichte, Dampfdruck, Kondensationsrate steigen**
 - Langfristig: Überschüssiger Dampf rekondensiert, Sublimations/Verdampfungs- und Kondensationsrate wieder im **Gleichgewicht**
 - **Dampfdruck** erniedrigt sich auf den **ursprünglichen Wert**
- **Isotherme Kompression eines gesättigten Dampfes führt zu Kondensation!**
 - **Druck bleibt gleich**



$$p = nkT$$

Phasenübergänge (8)

Gesättigter Dampf = Gas?

- Kolben **heben bei konstanter Temperatur**
 - Kurzfristig: **Dampfdichte, Dampfdruck sinken**
 - Rekondensationsrate **sinkt**
 - Verdampfungsrate **bleibt gleich**
 - Langfristig: **Gleichgewicht mit den zu der Temperatur gehörigen Zustandsgrößen**
 - Verdampfungs-/ Kondensationsraten, Dampfdichte, Dampfdruck



$$p = nkT$$

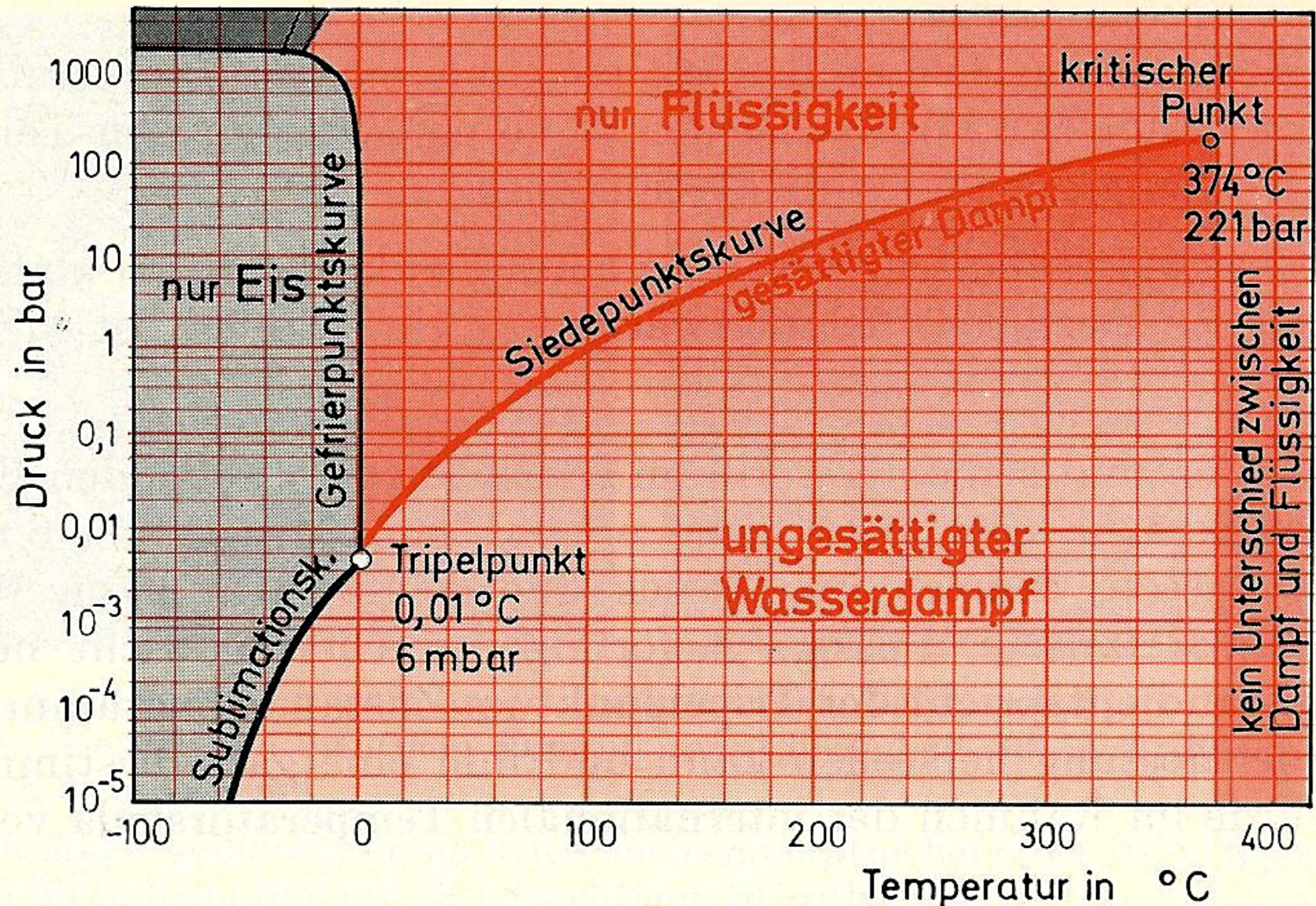
Phasenübergänge (9)

Gesättigter Dampf = Gas?

- Volumen wird weiter vergrößert
 - Eis **verdampft vollständig**
 - Dampf **kann nicht mehr gesättigt werden**
 - Verhalten **wie (reale) Gase**
- **Reale Gase sind ungesättigte Dämpfe**
 - Teilchenzahl **N bleibt konstant**
 - Gasmodelle können angewendet werden!



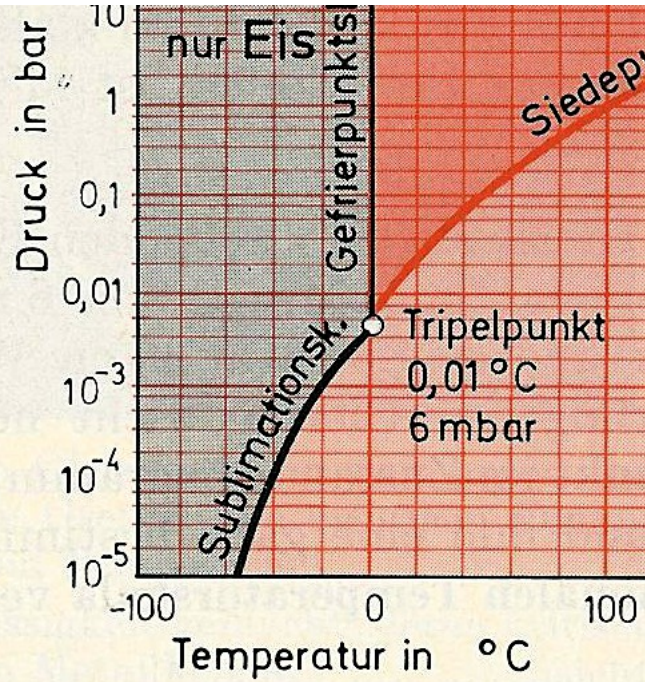
Phasenübergänge (10)



Phasenübergänge (11)

Sieden von Flüssigkeiten

- Dampfblasen sind mit **gesättigtem Dampf** gefüllt
- Beispiel: Wasser in offenem Topf bei **1013mbar Umgebungsdruck**
 - **Dampfdruck** für gesättigten Dampf ebenfalls **1013mbar**
 - **Temperatur** muss soweit erhöht werden, dass sich dieser Dampfdruck einstellen kann = **100°C**



Eine Flüssigkeit siedet, wenn ihr Dampfdruck gleich dem in der Flüssigkeit herrschendem Druck ist

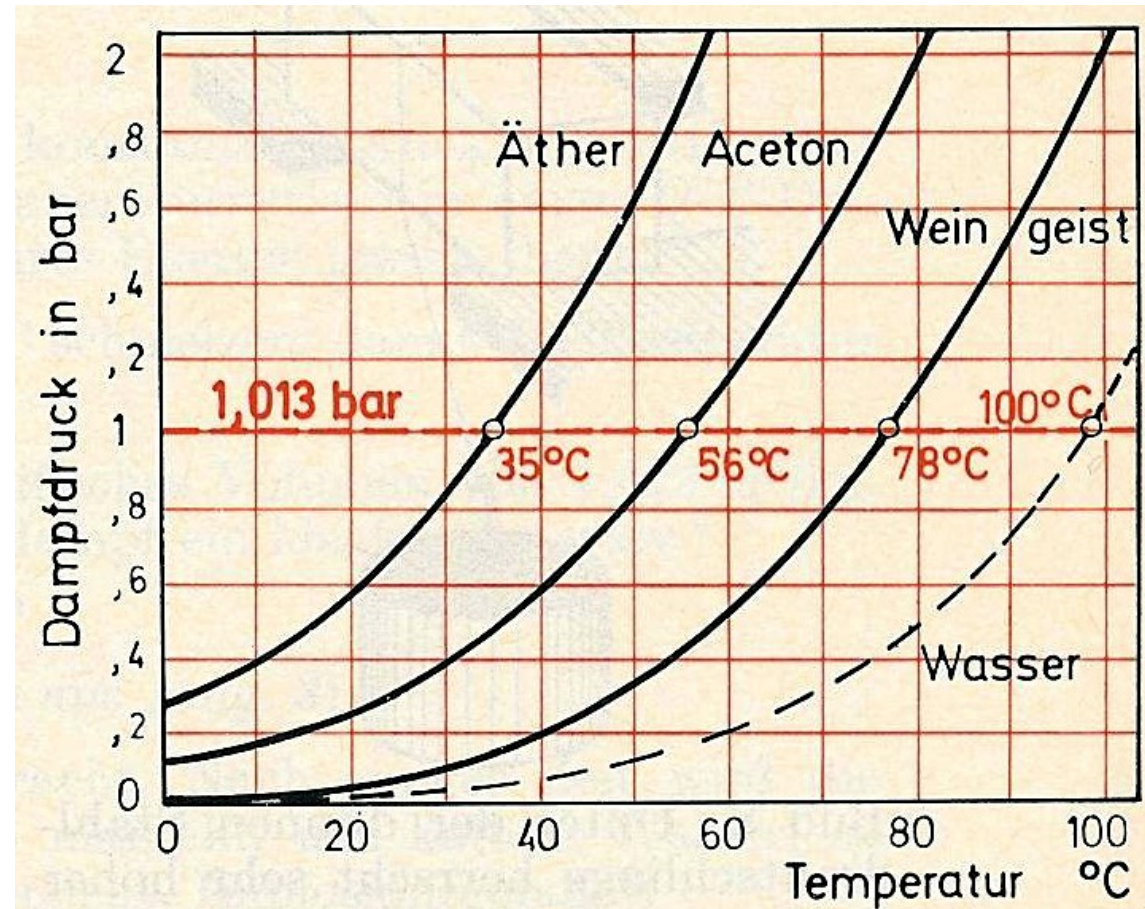
Phasenübergänge (12)

**Andere Flüssigkeiten ↔
andere Siedetemperaturen**

- **Molekülkräfte**
unterschiedlich

**Siedetemperatur vom Stoff
und vom Druck abhängig!**

- **Siedepunktskurven**



Phasenübergänge (14)

1013mbar:

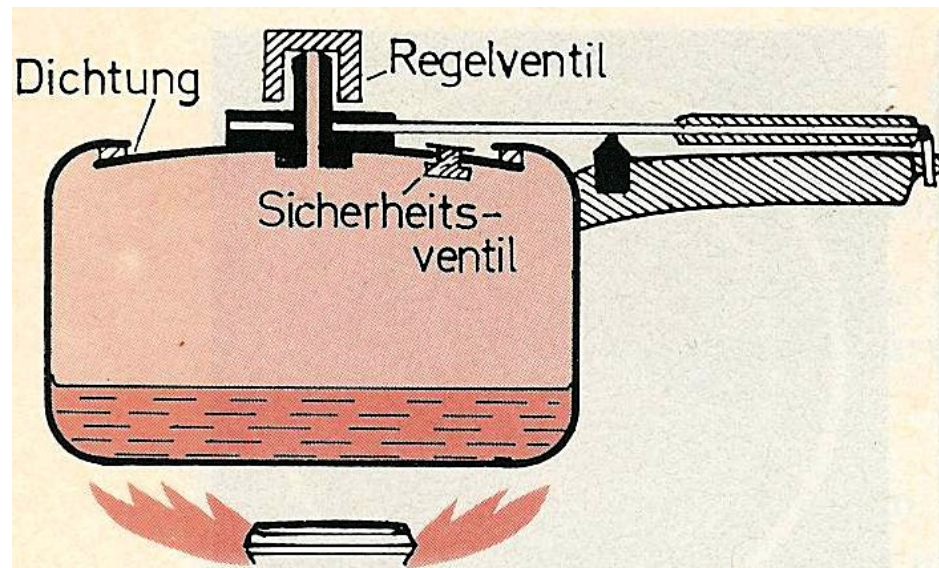
Stoff	Siedetemperatur T	
	in $^{\circ}\text{K}$	in $^{\circ}\text{C}$
Wasser	373	100
Äther	307,6	34,6
Aceton	329,7	56,7
Anilin	457,4	184,4
Alkohol	351,4	78,4
Essigsäure	391,5	118,5
Quecksilber	626,25	353,25
Schwefelkohlenstoff ...	319,2	46,2
Kohlendioxyd	194,5	— 78,5
Sauerstoff	90	— 183
Stickstoff	77,2	— 195,8
Wasserstoff	20,2	— 252,8

Phasenübergänge (15)

Sieden von Flüssigkeiten

Beispiel **Druckkochtopf**

- **1,5 bar** Überdruck (**2,5 bar** gesamt)
- **Siedetemperatur** von Wasser steigt auf ca. **130°C**
- Speisen werden viel schneller gar



Nur für den schulinternen Gebrauch!