

### Thermometertypen:

- Hg –Thermometer: -39°C bis +357 °C
- Hg Thermometer mit Gasfüllung (Stickstoff) : bis 800°C
- Alkohol : -100°C
- Pentanthermometer: -200°C

### Volumenausdehnungskoeffizient ▪

Der Volumenausdehnungskoeffizient ist eine Materialkonstante für den jeweiligen Stoff. Sie gibt die Änderung des Volumens für 1 K Temperaturänderung bezogen auf das Anfangsvolumen  $V_A$  an.

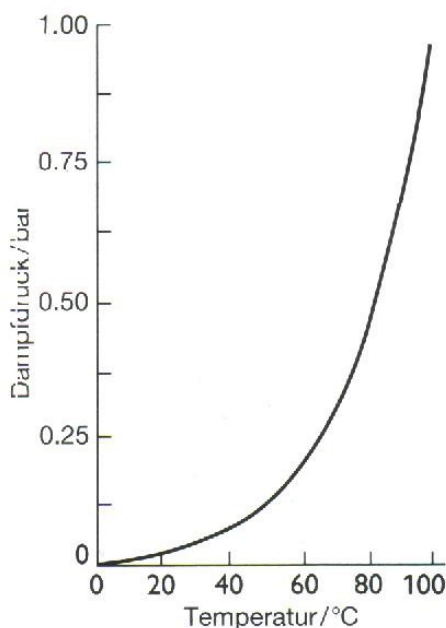
$$\alpha = \frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta T}$$

$$V_A = \frac{V_E}{1 + \alpha \Delta T}$$

Rechenaufgaben: S. 118 Hübschmann-Links

## Phasendiagramme reiner Substanzen

Die Phasengrenze zwischen Flüssigkeit und Gas wird ermittelt, indem man den Druck des Dampfes über seiner Flüssigkeit bei verschiedenen Temperaturen misst und den Druck gegen die Temperatur aufträgt. Der im Flüssigkeits-Dampf-Gleichgewicht gemessene Druck ist der **Dampfdruck** der Substanz. Seine Auftragung gegen die Temperatur wird als **Dampfdruckkurve** der Substanz bezeichnet. Eine Flüssigkeit siedet immer dann, wenn der Dampfdruck dem äußeren Luftdruck entspricht.



**Abb. 4.3** Die Temperaturabhängigkeit des Dampfdrucks von Wasser.

**Hinweis zum Siedeverzug:** Eine Flüssigkeit kann über ihren Siedepunkt erhitzt werden. Voraussetzung für einen Siedeverzug ist eine luftfreie Flüssigkeit und der ruhige Stand des Gefäßes. Beim Sieden vergrößert sich die Oberfläche der Flüssigkeit durch Dampfblasenbildung und durch das Wallen der Flüssigkeit. Dem entgegen wirkt die Oberflächenspannung der Flüssigkeit. Diese verhindert das Verdampfen von Flüssigkeit. Wird das Gefäß dann bewegt oder man gibt ein Siedesteinchen hinzu, so verdampft die Flüssigkeit explosionsartig.

## Siedepunkte und kritische Punkte

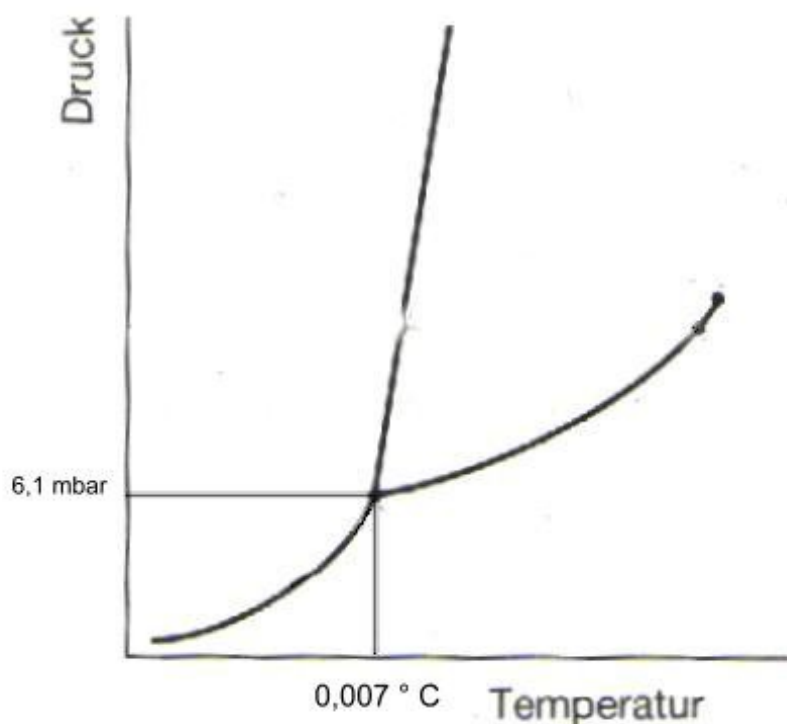
Der Dampfdruck einer Flüssigkeit steigt ebenso, wenn sie in einem verschlossenen Behälter erwärmt wird. Hierbei nimmt jedoch die Dichte des Dampfes mit seinem Druck zu, weil seine Moleküle ein bestimmtes Volumen beschränkt sind. Bei einer bestimmten Temperatur wird die Dichte des Dampfes gleich derjenigen der verbleibenden Flüssigkeit, und die Oberfläche der beiden Phasen verschwindet. Die Temperatur bei der dies geschieht heißt **kritische Temperatur**. Der dazugehörige

Dampfdruck heißt **kritischer Druck**. Beide bilden im Phasendiagramm den **kritischen Punkt**. Oberhalb der kritischen Temperatur kann eine Flüssigkeit nicht existieren.

### Schmelzpunkte und Tripelpunkte

Die Temperatur, bei der die flüssige und die feste Phase einer Substanz im Gleichgewicht miteinander vorliegen, ist deren Schmelztemperatur (bei einem best. Druck). Da eine Substanz bei derjenigen Temperatur erstarrt, bei der sie auch schmilzt, ist die **Schmelztemperatur gleich der Gefriertemperatur**. Es gibt Wertepaare von Druck und Temperatur, bei der alle drei Phasen (gasförmig, flüssig, fest) nebeneinander im Gleichgewicht vorliegen. Diesen Punkt nennt man **Tripelpunkt**.

Das folgende Phasendiagramm ist ein Zustandsdiagramm eines Stoffes X. Beschriften Sie das Diagramm durch Eintragen der drei Aggregatzustände und wichtiger im Text genannter Punkte.



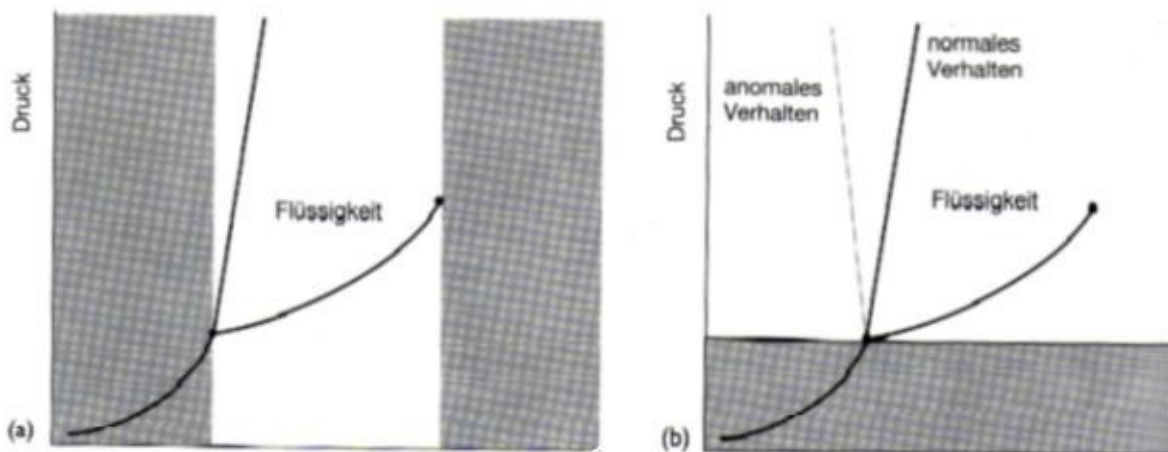
Frage : Es gibt viele empfindliche Stoffe wie Antibiotika, Vitamine, Blutplasma oder empfindliche Lebensmittel, die nicht bei höherer Temperatur getrocknet werden können. Wie lässt sich dieses Problem mit Hilfe des Zustandsdiagramm lösen ?

### Erklärung des Druckeinflusses beim Schmelzen von Eis:

Eine Flüssigkeit erstarrt, wenn die Energie ihrer Moleküle so niedrig ist, dass sie den anziehenden Wechselwirkungen mit ihren Nachbarn nicht entkommen können und daher ihre Beweglichkeit verlieren. Wasser zeigt beim Gefrieren ein anomales Verhalten, sein Volumen nimmt zu. Wird in einem geschlossenen System Druck auf das Eis ausgeübt, so wird der Zustand bevorzugt, welcher ein geringeres Volumen hat. Im Fall des Wasser schmilzt das Eis, da flüssiges Wasser ein geringeres Volumen hat. Thermodynamisch betrachtet ist der energetische Zustand der Flüssigkeit günstiger als der des Eises. Der Schmelzvorgang läuft freiwillig ab. Bei Stoffen mit normalen Verhalten besitzt die Flüssigkeit das größere Volumen, d.h. Stoffe gefrieren bei Druckerhöhung. Diese Tatsache kann mit folgender Gleichung ausgedrückt werden :

$$G' = G + V \cdot \Delta p$$

G = Freie Enthalpie



Unter der freien Enthalpie versteht man die maximale nicht expansive Arbeit, die man einem System entnehmen kann, in dem die Reaktion unter konstantem Druck und konstanter Temperatur abläuft. Mit nicht-expansiver Arbeit ist z.B. elektrische Arbeit oder mechanische Arbeit gemeint. Bei spontanen Prozessen nimmt die Freie Enthalpie ab und die Entropie zu:

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$