



Thermodynamik

Serie 7

HS 2020
Prof. P. Jetzer

M. Haney, S. Tiwari, M. Ebersold
<https://www.physik.uzh.ch/de/lehre/PHY341/>

Ausgeteilt am: 03.11.20
Abzugeben bis: 10.11.20

1. Wieso wird Wäsche an der Wäscheleine trocken?

[7 P]

Unter Normalbedingungen ($T \approx 300\text{K}$, $p \approx 1\text{bar}$) ist Wasser flüssig. Trotzdem verdunstet Wasser aus den Weltmeeren etc. (und insbesondere auch aus unserer zum Trocknen aufgehängten Wäsche). Auf den ersten Blick widerspricht dies der Idee, dass flüssiges Wasser die tiefere (Gibbs'sche) Energie besitzt und deshalb im Gleichgewicht jeder Wasserdampf kondensieren sollte. In dieser Aufgabe wollen wir der Thermodynamik hinter diesem Phänomen auf den Grund gehen.



- a) Betrachte ein System bestehend aus zwei Komponenten, Wasser und Luft. Beschreibe den Gleichgewichtszustand des Systems für gegebene Werte p und T . Wie gross ist der Partialdruck $p_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{gas}} = p_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{gas}}(p, T)$ des Wasserdampfes in der Luft?

Drücke die Mischentropie als Funktion des Druckes p und der Partialdrücke der Komponenten in den jeweiligen Phasen aus. Vernachlässige Terme höherer Ordnung in $p_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{gas}}/p$.

- b) Zeichne einen Schnitt bei konstantem Druck durch die Gibbs'schen Flächen für Wasser im flüssigen und gasförmigen Zustand. Erkläre mithilfe der Überlegungen von Teilaufgabe a), wie man aus dieser Skizze die Mischentropie herauslesen kann. Zeichne ausserdem das p - T -Diagramm des Wasser/Dampf-Systems und gebe an, in welchem Bereich Verdunstung auftreten kann.
- c) Was passiert, wenn für fixe p und T der Partialdruck des Wasserdampfes p_D den Gleichgewichtswert $p_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{gas}}$ über-/unterschreitet? Wann lohnt es sich, Wäsche zum Trocknen an die Wäscheleine zu hängen?

2. Schlittschuhlaufen

[4 P]

Warum kann man auf Eis Schlittschuhlaufen? Bereits 1898 schlug Reynolds vor, dass eine dünne Wasserschicht zwischen Kufe und Eis für sehr geringe Reibung sorgen könnte. Doch woher kommt diese Wasserschicht, wenn sich das Eis bei Temperaturen unter 0°C befindet? Lange glaubte man, der zusätzliche Druck, den ein Mensch mit seinem Gewicht auf die Kufe bringt, könne eine Erklärung für das lokale Schmelzen des Eises liefern, weil durch ihn die Schmelztemperatur verkleinert wird. Wir zeigen in dieser Aufgabe, dass dieser Effekt, wenn überhaupt, nur eine untergeordnete Rolle spielen kann.

- a) Benutze die Gleichung von Clausius-Clapeyron um einen allgemeinen Ausdruck für die neue Schmelztemperatur bei erhöhtem Druck herzuleiten. Was führt bei Wasser/Eis dazu, dass die Schmelztemperatur bei höherem Druck sinkt?

Bemerkung: Dies ist ein weiterer Effekt der Dichteanomalie des Wassers.

- b) Zeige, dass die kleinere Schmelztemperatur, welche man daraus für das Eis unter einer Schlittschuhkufe berechnet, nicht für die Erklärung eines Wasserfilms ausreichen kann. Benutze dabei $\rho_{\text{Eis}} = 917 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, $\rho_{\text{Wasser}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ und vernünftige Werte für das Gewicht eines Menschen sowie für die Dimensionen der Kufe. Die spezifische Schmelzwärme für Eis beträgt $L_{\text{EW}} = 333.5 \frac{\text{J}}{\text{g}}$.