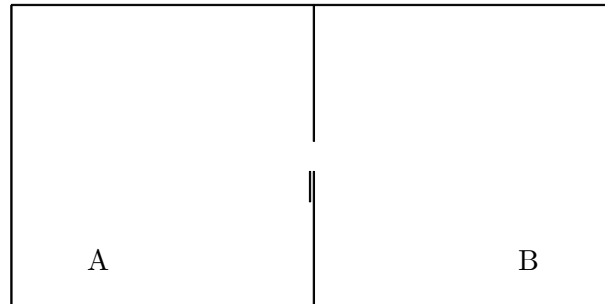


Maxwells Dämon

Dieser Text ist eine Zusammenfassung des Artikels „Maxwell’s Demon Cannot Operate. Information and Entropy“ von L. Brillouin in Journal of Applied Physics **22**, 334 (1951).



In einem Kasten, der durch eine Trennwand in zwei Abteile A und B unterteilt ist, befindet sich ein ideales Gas mit der Temperatur T . Die Trennwand hat eine Öffnung, die durch eine Schiebetür verschlossen werden kann.

Ein Dämon soll immer dann die (masselose und reibungsfreie) Türe öffnen, wenn ein schnelles Molekül von A nach B fliegt, oder wenn ein langsames Molekül von B nach A fliegt. Dadurch würde die Temperatur in B steigen und in A sinken. Es entstünde somit ohne Einwirkung von aussen eine Temperaturdifferenz, was im Widerspruch zum 2. Hauptsatz der Thermodynamik wäre. Dieses Paradoxon wurde 1871 von MAXWELL formuliert und wurde bekannt unter dem Namen „Maxwells Dämon“.

Der Widerspruch wurde erst 1951 von BRILLOUIN gelöst.

Der Dämon muss die Moleküle beleuchten, damit er sie überhaupt sehen kann. Dadurch bewirkt er aber eine Entropiezunahme, die grösser ist, als die durch das Sortieren entstandene Entropieabnahme.

Der Dämon braucht eine Lampe, deren Glühfaden eine Temperatur $T_L \gg T$ hat. Die Lampe emittiert somit Lichtquanten mit einer Energie $h\nu \gg kT$.

Es existiere bereits eine Temperaturdifferenz $\Delta T = T_B - T_A$. Der Dämon lässt nun ein schnelles Molekül mit der kinetischen Energie

$$E_1 = \frac{3}{2} kT (1 + \epsilon_1)$$

von A nach B und ein langsames Molekül mit der kinetischen Energie

$$E_2 = \frac{3}{2} kT (1 - \epsilon_2)$$

von B nach A fliegen. Damit wird die Energie

$$\Delta Q = \frac{3}{2} kT (\epsilon_1 + \epsilon_2)$$

von A nach B transportiert. Die dadurch verursachte Entropiezunahme ist

$$\Delta S_1 = \frac{\Delta Q}{T_B} - \frac{\Delta Q}{T_A} = \Delta Q \frac{T_A - T_B}{T_A T_B} = -\Delta Q \frac{\Delta T}{T^2} = -\frac{3}{2} k (\epsilon_1 + \epsilon_2) \frac{\Delta T}{T}.$$

Dabei konnte im Produkt $T_A T_B$ der Unterschied zwischen T_A und T_B vernachlässigt werden und $T_A T_B \approx T^2$ gesetzt werden.

In der Regel sind ϵ_1 und ϵ_2 kleiner als 1. Gelegentlich kann ein ϵ einige Einheiten gross werden. Ferner ist $\Delta T \ll T$ und somit wird

$$\Delta S_1 = -\frac{3}{2} k \alpha_1 \quad \text{mit} \quad \alpha_1 \ll 1.$$

Um die Moleküle sehen zu können, braucht der Dämon mindestens zwei Lichtquanten $h\nu$. Diese werden schliesslich (von seinen Augen) bei der Temperatur T absorbiert, was eine Entropiezunahme

$$\Delta S_2 = 2 \frac{h\nu}{T} = 2 k \alpha_2$$

bewirkt. Es ist

$$\alpha_2 = \frac{h\nu}{kT} \gg 1.$$

Somit ist die totale Entropiezunahme

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = k \left(2 \alpha_2 - \frac{3}{2} \alpha_1 \right) > 0.$$