

Kinetische Gastheorie



Abb. 1: Waage mit abgedeckter Petrischale.

Geräteliste:

Waage (0,001g Auflösung), Ethanol, Glas- oder Petrischälchen mit Deckel

Versuchsbeschreibung:

Das Verdampfen der Flüssigkeit kann mit Hilfe einer hochauflösenden Waage beobachtet werden. Im gezeigten Versuchsaufbau resultieren Verdunstungsraten in der Größenordnung von weniger als 1 mg/s bei 22°C oder 295 K .

Die Masse des Deckels muss vorher bestimmt werden, bei Auflegen des Deckels den aktuellen Wert der Anzeige notieren und dann vom Wert mit Deckel abziehen (das Ergebnis ist ein leichterer Deckel wenn er auf der Schale liegt).

Aus diesem Massenunterschied sowie der Verdunstungsrate kann die mittlere Geschwindigkeit der entweichenden Gasmoleküle ermittelt werden.

Nach der Maxwellschen Geschwindigkeitsverteilung kann diese wie folgt abgeschätzt werden:

$$\langle u \rangle = \sqrt{\frac{8 k_B T}{\pi m}}$$

Hier ist k_B die Boltzmann Konstante $1,3806488 \text{ J/K}$, T die Systemtemperatur 295 K und m die Masse eines Ethanolmoleküls $7,65 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$ und $\langle u \rangle$ ergibt sich damit zu $\approx 365 \text{ m/s}$.

Bemerkungen:

In der Veröffentlichung American Journal of Physics 71, 267 (2003); doi: 10.1119/1.1527028 wird der obige Versuch als einfache Messaufgabe mit verblüffendem Ergebnis dargestellt.

Die Mittlere Geschwindigkeit ergibt sich nach einfachen Überlegungen aus dem Masseunterschied Δm der Anordnung mit und ohne Deckel, und der Steigung bzw. der Verdunstungsrate $\frac{\Delta \mu}{\Delta t}$ wenn angenommen wird, dass der Rückstoß der entweichenden Moleküle eine Zusätzliche Gewichtskraft $F = \Delta m \cdot g$ ausübt. Der Rückstoß in z - Richtung kann als $F = \frac{\Delta \mu}{\Delta t} \cdot \langle u_z \rangle$ geschrieben werden. Das beschreibt den mittleren

Impulsübertrag in negative z-Richtung $\langle u \rangle = \frac{u}{2}$. Damit steht für die Geschwindigkeit

$$\langle u \rangle = \frac{2 \Delta m g \Delta t}{\Delta \mu}$$

oder es resultiert mit gemessenen Werten wie z. B. $\Delta m = 0,009 \text{ g}$ und $\frac{\Delta \mu}{\Delta t} = 0,0006 \text{ g/s}$ eine gemessene mittlere Geschwindigkeit von $\langle u \rangle \approx 300 \text{ m/s}$, was für eine Messung im Hörsaal ein „guter“ Wert ist.