

Pre-LAB: Wärmekapazität, Team 4

Justus Weyers, Milena Mensching

8. Dezember 2022

1 Größe eines Wassermoleküls

Wie groß ist ein Wassermolekül und wie viele Größenordnungen liegen zwischen ihm und einem Polystyrolpartikel mit einem Radius von $1\mu m$?

Ein Wassermolekül ist ca. $0,3nm$ groß. Der Durchmesser des Polystyrolpartikels liegt bei $2\mu m$. Anders ausgedrückt ist das Wassermolekül also $3 \cdot 10^{-10}m$ groß, während das Polystyrolpartikel $2 \cdot 10^{-6}m$ groß ist. Beide Größen trennen 4 dezimale Größenordnungen.

2 Wie bewegen sich zwei kugelförmige Körper nach einem Stoß, wenn ihre Massen sehr unterschiedlich sind und der schwere Körper ruht?

Wenn $m_1 \gg m_2$, $v_1 = 0 \frac{m}{s}$ und der zweite Körper sich mit einer Geschwindigkeit v_2 fortbewegt, handelt es sich bei einem Zusammenstoß der beiden Körper um einen zentralen elastischen Stoß. Der leichtere Körper mit der Masse m_2 prallt dabei in genau umgekehrter Richtung am schwereren Körper ab. Die Geschwindigkeit des leichteren Körpers ändert sich im Vergleich zur Richtung nicht: $v_2' = -v_2$. Bei einem elastischen Stoß wird keine kinetische Energie in innere Energie umgewandelt. Der Energie- und der Impulserhaltungssatz werden eingehalten.

3 Was ist eine Normalverteilung/Gaußverteilung? Was beschreiben ihr Mittelwert und ihre Standardabweichung

Die Gaußverteilung ist eine Verteilungsfunktion, die für das Darstellen von Häufigkeiten Anwendung findet. Sie ist folgendermaßen definiert:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-\bar{x}}{\sigma} \right)^2} \quad (1)$$

x = Zufallsgroesse

\bar{x} = Mittelwert

σ = Standardabweichung

Die Gaußverteilung kennzeichnet sich, wie aus Formel 1 ersichtlich wird, durch die Größen des Mittelwertes und der Standardabweichung. Der Mittelwert definiert die Lage des Maximums der Häufigkeitsverteilung. Die Standardabweichung sagt hingegen etwas über die Streuung der Werte in x-Richtung

aus. Bei einem kleinen σ liegen die Messwerte näher beieinander, bei einem großen σ sind sie weiter in x-Richtung gestreut. Mittelwert und Standardabweichung werden wie folgt berechnet:

$$\begin{aligned} \text{Mittelwert : } \bar{x} &= \frac{1}{n} \sum_i^n x_i \\ \text{Standardabweichung : } \sigma &= \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_i^n (x_i - \bar{x})^2} \end{aligned} \quad (2)$$

Darüber hinaus hat eine Normalverteilung folgende Eigenschaften:

- Sie ist symmetrisch zur Symmetrieachse $y = \bar{x}$
- Sie ist unimodal, besitzt also ein eindeutiges Maximum im Mittelwert \bar{x}
- Ihre Ableitung ist positiv für $x < \bar{x}$ und negativ für $x > \bar{x}$

Beispiel einer Normalverteilung

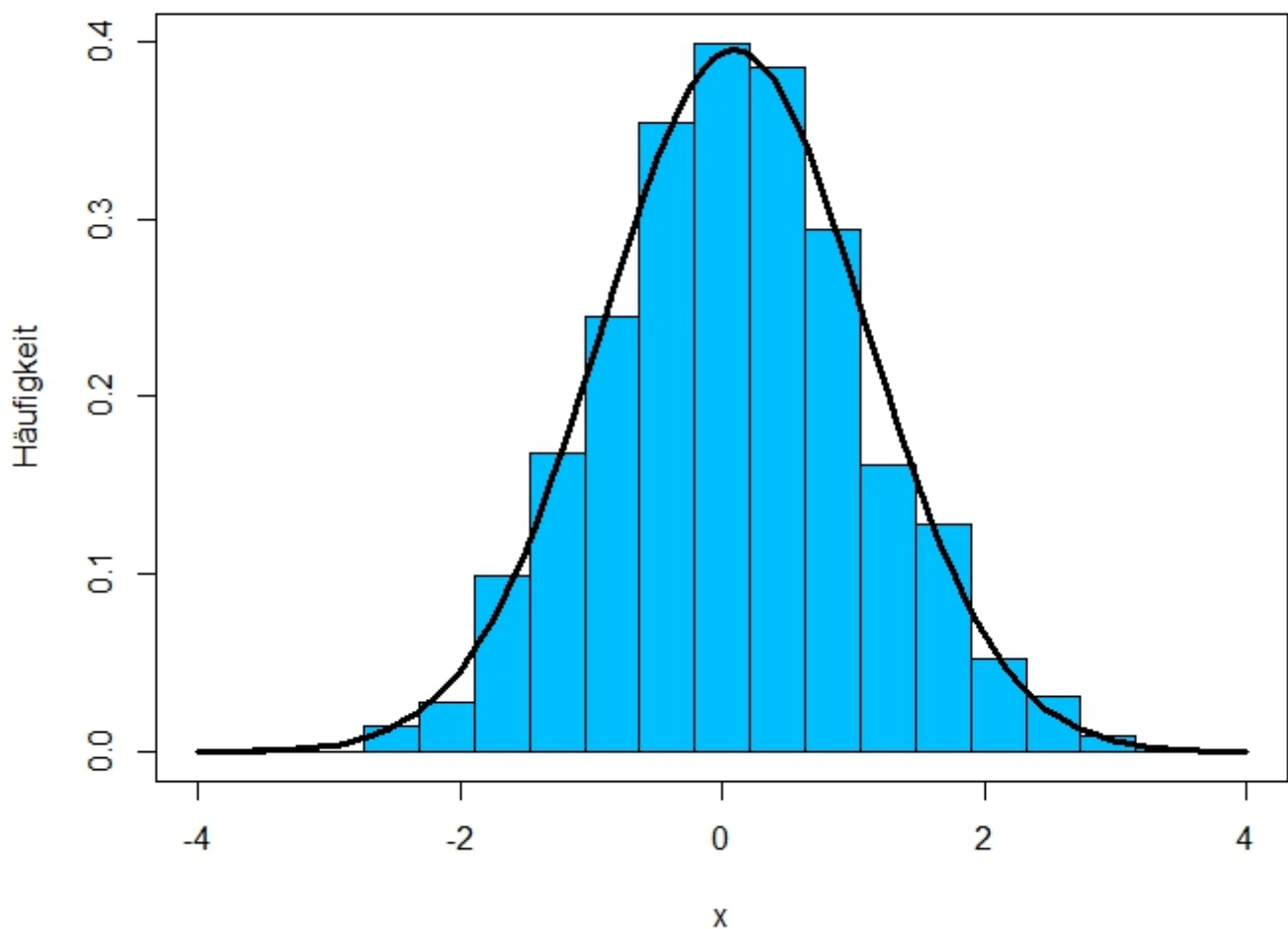


Abbildung 1: Ein mit R geplottetes Beispiel einer Normalverteilung

4 Einstein-Smoluchowski-Gleichung

Was bedeuten die Größen in der Einstein-Smoluchowski-Gleichung und wie kann die Gleichung verstanden werden?

Die Einstein-Smoluchowski-Gleichung beschreibt den Zusammenhang zwischen der Brownschen Bewegung und der thermischen Energie. Die thermische Energie der Flüssigkeit ist die Voraussetzung dafür, dass Brownsche Molekülbewegung stattfinden kann. Die Bewegungsenergie ist gleich der thermischen Energie und setzt sich aus Diffusion und Reibung der Teilchen in der Flüssigkeit zusammen. Sie ist folgendermaßen definiert:

$$DC = k_B T \quad (3)$$

D = Diffusionskonstante

C = Stokessche Reibungskonstante

k_B = Boltzmann-Konstante

T = Temperatur [K]

Die Reibungskonstante C gibt dabei an, wie stark die Reibung auf eine Kugel mit dem Radius r in einer Flüssigkeit der Viskosität η wirkt.

$$C = 6\pi\eta r \quad (4)$$

Die Diffusionskonstante wird aus der Gleichung für die Konzentration, abgeleitet nach der Zeit t , ermittelt:

$$\frac{\delta c}{\delta t}(x, t) = D \frac{\delta^2 c}{\delta x^2}(x, t) \quad (5)$$

5 Diffusionskonstante

Was bedeuten die Größen in der Gleichung für die Diffusionskonstante und wie kann die Gleichung verstanden werden

Die Diffusionskonstante ist ein Maß für die Beweglichkeit in einem Medium. Die experimentell ermittelte Diffusionskonstante ergibt sich mit:

$$D = \frac{\sigma^2}{2t} \quad (6)$$

Sie beschreibt, wie weit sich das Teilchen durchschnittlich in einer vorgegebenen Zeit t vom Ursprungspunkt entfernt. Dabei wird die Schrittweite des *random walks* δ der mittleren Verschiebung angeglichen. Dieses entspricht dann genau der Standardabweichung.

σ = Standardabweichung

t = Zeit