

Brownsche Molekularbewegung von Rauchpartikeln

Versuchsziele

- Die Bewegung kleinster Teilchen in Luft beobachten.
- Die regellose Bewegung als Brownsche Molekularbewegung interpretieren.
- Temperaturabhängigkeit der Teilchenbewegung beobachten.
- Ein Mikroskop kennen lernen.

Gemenge, welche aus einem Gas oder Gasgemisch und fein verteilten Teilchen bestehen, heißen Aerosole. Aerosole können anhand des Aggregatzustandes ihrer Teilchen noch unterschieden werden. Handelt es sich um Feststoffteilchen, welche in dem Aerosol schweben spricht man von Rauch. Beinhaltet das Aerosol jedoch flüssige Schwebstoffe so wird es auch Nebel genannt.

Ein Teilchen, das in einem Gas schwebt, führt eine nach Geschwindigkeit und Richtung dauernd wechselnde Bewegung aus. J. Perrin gab die Erklärung dieser von R. Brown entdeckten Molekularbewegung, die durch die Stöße der Gasmoleküle auf das Teilchen verursacht wird. Die Bewegung ist umso lebhafter je kleiner das Teilchen ist. Sie besteht aus einer Translationsbewegung und einer ebenso wechselnden Rotation.

Die mittlere quadratische Verschiebung σ^2 eines Teilchens pro Zeiteinheit wurde durch A. Einstein und M. Smoluchowski bestätigt.

$$\sigma^2 = \frac{RT}{N_A 3r\pi\eta}$$

Dabei beschreibt R die universelle Gaskonstante, T die Temperatur sowie N_A die Avogadro-Konstante. Der Radius r eines Brownschen Teilchens wie auch die Zähigkeit η des Gases sind ebenfalls verantwortlich für die Verschiebung eines Teilchens.

Je kleiner die Teilchen sind, desto größer und damit besser sichtbar ist die Bewegung der Teilchen. Außerdem hat auch eine Temperaturerhöhung eine größere Bewegung zur Folge. Perrin konnte mit Hilfe dieser Erkenntnis die Boltzmannkonstante k_B experimentell bestimmen und erhielt den Nobelpreis dafür.

$$k_B = \frac{R}{N_A}$$

Im Versuch wird unter einem Mikroskop die Bewegung von Rauchpartikeln in Luft beobachtet. Dafür wird eine Rauchkammer mit Rauch befüllt und der Rauch unter einem Mikroskop betrachtet. Zum besseren Sichtbarkeit der Rauchpartikel wird die Kammer zusätzlich seitlich mit Licht abgestrahlt.



Abb. 1: Aufbau zur Beobachtung der Brownschen Molekularbewegung von Rauchpartikeln in Luft.

Gefährdungsbeurteilung

Es besteht keine Gefährdung.

Geräte und Chemikalien

1	Rauchkammer.....	372 51
1	Mikroskop EduLED, mono 2	MIK738865
1	Transformator, 6 V AC, 12 V AC/ 30 VA	521 210
1	Lampengehäuse mit Kabel	450 60
1	Lampe, 6 V/30 W	450 511
1	Asphärischer Kondensator.....	460 20
1	Stativfuß V-förmig, klein.....	300 02
1	Dosierspritze 10 ml, aus Satz 5	665 958ET5
1	BMS ECOCAM 8, Schwanenhals-Kamera	MIK74704
1	Mikroskop-Adapter für BMS EcoCam 5 u. 8...MIK747039	

Zusätzlich erforderlich:

Räucherkerze oder Zigarette

PC oder Endgerät zur Bildübertragung

Versuchsaufbau und –vorbereitung

- Den Versuch wie in Abb.1 dargestellt aufbauen. Dafür das Objektiv 10 x in den Strahlengang des Mikroskop EduLED, mono 2 drehen. Somit ist die Vergrößerung auf 100 x eingestellt.
- Falls eine Bildübertragung erwünscht ist, die Kamera am Mikroskop installieren und mit dem Endgerät verbinden und einschalten.
- Die Rauchkammer auf dem Objektstisch unter dem Objektiv platzieren und mit der Grobeinstellung des Mikroskops so fokussieren, dass die Mitte der Rauchkammer scharf abgebildet wird. (Hinweis: Wenn zunächst auf ein Blatt Papier mit Schriftzug fokussiert wird, erleichtert dies die Ebene zu finden.)
- Das Lampengehäuse an dem Stativfuß befestigen, die Lampe einmontieren und mit dem asphärischen Kondensator ausrüsten.
- Das Kabel der Lampe mit dem 6-V-Ausgang des Transformators verbinden. Den Transformator einschalten und die Lampe so platzieren, dass der Brennpunkt der Beleuchtung in den Mittelpunkt der Rauchkammer fällt. (Hinweis: Zur Kontrolle kann ein Papier an Stelle der Rauchkammer hingehalten werden).

Versuchsdurchführung

- Eine Räucherkerze oder Zigarette anzünden, kurz brennen lassen und dann auspusten. Den aufsteigenden Rauch mit der Spritze einfangen.

- Den Rauch in die Rauchkammer spritzen und anschließend die Schlauchenden mit den Kunststoffkappen verschließen.

Hinweis: Die Bewegung der Rauchpartikel bleibt länger beobachtbar, wenn man die Schläuche stark kürzt und die Enden mit Kappen verschließt.

- Ggf. die Rauchkammer geringfügig verdrehen um die Helligkeit in der Rauchkammer zu reduzieren.
- Mikroskop scharf einstellen und Bewegungen der Teilchen beobachten.
- Falls die Kamera installiert ist, das Bild auf den Beamer oder Bildschirm übertragen.

Beobachtung

Die angestrahlten Rauchpartikel sind als kleine weiße Punkte sichtbar, die unregelmäßige Taumel- und Zickzackbewegungen ausführen (vgl. Abb 2). Weiße Punkte verschwinden aus der mit dem Mikroskop scharf eingestellten Ebene oder treten in sie ein.

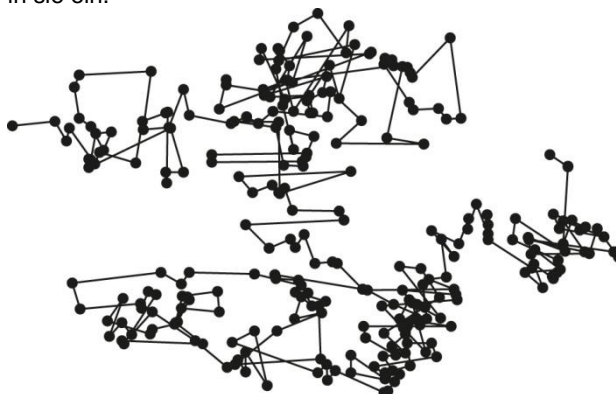


Abb. 2: Schematische Darstellung der Brownschen Molekularbewegung von Rauchpartikeln in Luft.

Auswertung Ergebnis

Die Bewegungen der Rauchpartikel resultieren aus ihren Zusammenstößen mit den in thermischer Bewegung befindlichen Luftmolekülen.

Zusätzlich kann die Rauchkammer erwärmt werden. Dabei ist zu beobachten, dass bei einer Temperaturerhöhung der Anteil der Teilchen mit mehr Bewegung zunimmt.

Die gewonnen Erkenntnisse der Brownschen Molekularbewegung können nun auch für die Interpretation von Alltagsphänomenen angewendet werden (z.B. Sieden einer Flüssigkeit, Diffusion).

Reinigung und Entsorgung

Keine besondere Reinigung oder Entsorgung notwendig.