

# Brownsche Bewegung – eine Neubetrachtung

Mathias Hüfner 2026

## Kurzfassung

Die klassische Erklärung der Brownschen Bewegung als Ergebnis zufälliger Molekülstöße gerät ins Wanken, sobald man die tatsächlichen Größenverhältnisse und experimentellen Befunde betrachtet. Das enorme Massenverhältnis zwischen Wassermolekülen und Mikropartikeln, sowie die deutliche Abhängigkeit der Bewegung von Salzgehalt, Lichtintensität und Wellenlänge, sprechen gegen eine rein thermische Ursache. Stattdessen deuten moderne Beobachtungen – insbesondere Pollacks Arbeiten zu Ladungszonen und mesoskopischen Wasserstrukturen – darauf hin, dass elektrische und photochemische Prozesse die entscheidenden Treiber der Fluktuationen sind. Der Artikel zeigt, warum die traditionelle Stoßmechanik unzureichend ist und wie dynamische Cluster, Ladungsasymmetrien und dissipative Strukturen im Wasser eine mechanistisch stimmigere Erklärung liefern.

Eine der faszinierendsten Erscheinungen der Natur ist die unregelmäßige Bewegung mikroskopisch kleiner Partikel auf einer scheinbar vollkommen ruhigen Wasseroberfläche. Bereits 1827 beobachtete der Botaniker Robert Brown unter dem Mikroskop, dass kleinste Partikel, wie etwa Pollenkörner, eine zitternde, ungerichtete Bewegung ausführen. Brown selbst konnte die Ursache nicht erklären; aus heutiger Sicht würde man sagen, dass er ein Fluktuationsphänomen sah, das nicht aus makroskopischen Strömungen stammt.

Der Begriff *Brownsche Molekularbewegung* entstand in einer Zeit, in der „Molekül“ noch allgemein einen kleinen Körper bezeichnete. Zwar hatte Amedeo Avogadro bereits 1811 zwischen Atomen und Molekülen unterschieden, doch seine Hypothese blieb jahrzehntelang unbeachtet. Um die Jahrhundertwende war die Existenz von Molekülen unter Physikern keineswegs Konsens. Ludwig Boltzmann gehörte zu den wenigen, die eine mechanistische Gastheorie vertraten – und wurde dafür heftig angefeindet. Vertreter wie Ernst Mach hielten an einer Kontinuumsauffassung der Materie fest und lehnten atomistische Modelle ab.

Erst 1905 gelang Einstein eine erste quantitative, wenn auch statistische Beschreibung der Brownschen Bewegung. Er interpretierte die Bewegung als Resultat stochastischer Stöße der Wassermoleküle auf ein mikroskopisches Partikel. Diese Erklärung wurde zu einem der stärksten Argumente für die Realität von Atomen und Molekülen – und gegen die Kontinuumsauffassung. Doch sie war kein mechanischer Nachweis der zugrunde liegenden Kräfte, sondern eine statistische Rekonstruktion des beobachteten Verhaltens.

Um die Stoßinterpretation mechanisch zu hinterfragen, lohnt ein Blick auf die Größenordnungen. Ein typisches Partikel von 1 µm Durchmesser ist etwa  $10^{10}$ -mal schwerer als ein Wassermolekül. Dieses Verhältnis liegt weit außerhalb unserer Anschauung. Ein anschaulicher Vergleich wäre ein 200 m langes Containerschiff, das von 2 cm langen Paddelbooten umgeben ist. Selbst wenn unzählige Paddelboote gleichzeitig anstoßen würden, wäre es schwer vorstellbar, dass das Schiff dadurch Bewegungen in der Größenordnung seiner eigenen Länge ausführt. Der Vergleich zeigt: Die naive Stoßmechanik ist unzureichend. Die Brownsche Bewegung ist ein emergentes Fluktuationsphänomen, kein Ergebnis einzelner Impulse.

Auch wenn die Varianz der statistischen Kraft ungleich Null ist, bleibt das Massenverhältnis so extrem, dass rein thermische Kräfte als alleinige Erklärung kaum ausreichen. Das bedeutet nicht, dass Wasser keine Fluktuationen zeigt – aber der Temperatureinfluss auf die Bewegung mikroskopischer Partikel ist geringer, als die klassische Theorie nahelegt. Gerald Pollack weist darauf hin, dass andere Mechanismen dominieren könnten.<sup>1</sup>

Tatsächlich versagt die klassische Theorie bei mehreren experimentellen Beobachtungen:

- **Salzzugabe verstärkt die Zitterbewegung**, und bei hoher Teilchendichte bewegen sich benachbarte Partikel sogar korreliert.
- **Dimmt man das Licht, verringert sich die Bewegung** der Partikel.
- **Die Wellenlänge des Lichts beeinflusst die Beweglichkeit** messbar.

Diese Abhängigkeiten sind mit einer rein thermischen Stoßmechanik schwer vereinbar. Die einzige Kraft, die groß genug ist, um mikroskopische Partikel zuverlässig zu bewegen, ist die elektrische Kraft.

Licht wirkt auf Wasser und gelöste Stoffe dissoziierend: Es kann Elektronen aus Bindungen lösen und damit lokal Elektrolyte erzeugen. Dadurch entstehen Ionen und Elektronen, die sich zu mesoskopischen Ladungsstrukturen zusammenschließen können. Pollack konnte mittels pH-sensitiver Farbstoffe zeigen, dass sich um Partikel asymmetrische Protonenzonen bilden, die deren Bewegung beeinflussen. (Abbildung 1) Eine Zone negativer Ladung um das Pollenkorn erzeugt eine gerichtete Kraft; während der Bewegung verändert sich die Ladungsverteilung ständig, sodass die Bewegungsrichtung sprunghaft wechseln kann. Dieses Verhalten bezeichnen wir als Fluktuation – eine ladungsinduzierte, nicht thermische Fluktuation.

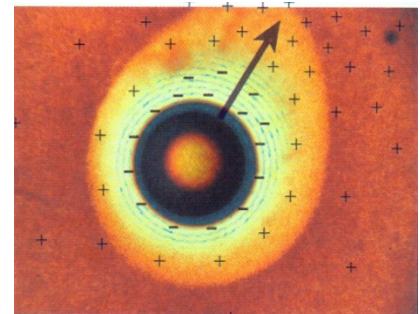


Abbildung 1.: Pollenkorn mit Sperrzone nach Pollack

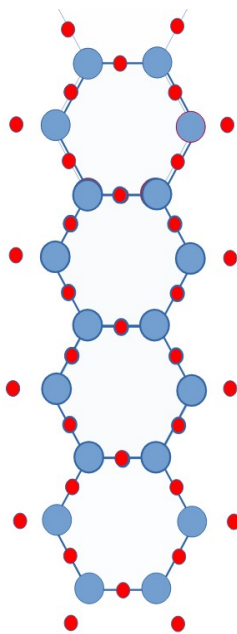


Abbildung 2:  
Wassercluster

Flüssigkeiten bestehen nicht aus isolierten Molekülen, sondern aus dynamischen Ketten und temporären Flächenclustern im Mikro- bis Millimeterbereich, die elektromagnetische Schwingungen ausführen und Konvektionsbewegungen erzeugen. Wassermoleküle sind Dipole; ihre Geometrie erlaubt sowohl chemische Bindungen als auch schwächere Brückenbindungen. Aus der Struktur von Schneekristallen lässt sich eine hexagonale Verkettung ableiten. Ein solches Hexagon besitzt eine Seitenlänge von etwa 500 pm; für eine Kette von 1 µm Länge wären rund 2000 solcher Einheiten nötig. (Abbildung 2)

Solche Cluster können – wie Pollack zeigt – Ladungszonen ausbilden. Die roten Protonen und blauen Sauerstoffionen bilden flächige Strukturen mit positiven Randbereichen. Dass größere Strukturen auftreten können, ist thermodynamisch nicht ausgeschlossen: Wasser absorbiert stark im IR-Bereich, sodass Licht Energie in das System einspeist. Mit zunehmender Energiezufuhr lösen sich die Cluster teilweise auf, die Entropie steigt, und an der Oberfläche können sie als Dampfbläschen entweichen. Unterhalb der Oberfläche bilden sich dissipative Strukturen, deren Dynamik die Bewegung

mikroskopischer Partikel beeinflussen kann.

1 G. Pollack – *The fourth Phase of Water*; Ebner & Sons Publisher 2013; ISBN 978-0-9626895-3-6

## **Schlussfolgerungen**

Die Vorstellung, dass einzelne Moleküle die Brownsche Bewegung verursachen könnten, ist falsch. Diese Bewegung wird durch Quantenfluktuationen ganzer Molekülcluster verursacht. Die Energie dazu kommt aus der thermischen Strahlung, die von diesen molekularen Clustern absorbiert wird. Als Ursache dieser Quantenfluktuationen sind elektrische Umladungen durch äußere Wärmestrahlung an diesen Molekülclustern zu vermuten.