

*Neues aus der Welt der Wissenschaft*[[ORF ON Science](#) : [News](#) : [Technologie](#) . [Wissen und Bildung](#) . [Gesellschaft](#)]

Einstein und die Brownsche Molekularbewegung

Ameisen, Meinungstrends und Menschen in Panik haben auf den ersten Blick wenig gemein. Doch alle verbindet eine Dynamik, die sich mit Handwerkszeug untersuchen lässt, das auf Albert Einstein zurückgeht. Am 11. Mai 1905 reichte Einstein das dritte große Werk seines *Annus mirabilis* ein und erklärte damit erstmals plausibel die Brownsche Molekularbewegung.

Dieses ungeordnete Gewimmel von Teilchen in Flüssigkeiten geht demnach auf die Wärmebewegung der Flüssigkeitsmoleküle zurück, die die Teilchen anstoßen. Mit dieser Erklärung half Einstein, den Grundstein für die Erforschung verschiedener so genannter Gruppenprozesse zu legen.

Die Studie "Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen" ist eine von fünf bahnbrechenden Arbeiten, die Albert Einstein in seinem Wunderjahr 1905 veröffentlichte.

[Zur Originalarbeit \(pdf-File\)](#)

Nicht nur Physiker nutzen Einsteins Formeln

Heute nutzen Wissenschaftler der unterschiedlichsten Disziplinen, von der Biologie bis zur Soziologie, diese Erkenntnisse. Ganz praktisch lässt sich damit unter anderem die Futtersuche von Ameisen beschreiben.

"Meist folgen Ameisen den Duftspuren, die ihre Kollegen hinterlassen haben", erläutert Frank Schweitzer von der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich. Die Wege der Insekten richten sich nach diesen chemischen Markern und weisen ihnen den Weg nach Hause oder zur einer Nahrungsquelle.

[Albert Einstein bei Wikipedia](#)

Der Zufallsfaktor

Damit sie aber neue Futterquellen finden, ist ein zufälliges Abweichen von diesen Geruchsmarken wichtig. Diese "Störungen" lassen sich durch einen Zufallsfaktor beschreiben, der schon bei Einstein als ungerichteter Einfluss der Wärmebewegung der Moleküle auftaucht.

Dieser Zufallsfaktor, den der Franzose Paul Langevin drei

Jahre nach Einstein allgemeiner formulierte, dient auch in heutigen Modellen als Variable für eine ungerichtete, scheinbar zufällige Kraft, die verschiedene chaotische Einflüsse repräsentiert.

[Brownsche Molekularbewegung bei Wikipedia](#)

Beispiel Massenpanik

"Sieht man das Ganze im Kontext der Meinungsbildung, ist es diese Größe, die Menschen scheinbar grundlos die Meinung ändern lässt", erläutert Schweitzer, der auch Gründungsvorsitzender des Arbeitskreises Physik sozio-ökonomischer Systeme (AKSOE) in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft ist.

Es sei in gewisser Weise der irrationale Teil bei der Entscheidung für oder gegen einen bestimmten Trend. Der gleiche Faktor spiele bei der Dynamik einer Massenpanik eine große Rolle.

"Viele Menschen rennen zum offensichtlichen Ausgang und verstopfen ihn damit, aber die Zufallskraft lässt ein paar Menschen auch nach einem anderen Ausgang suchen." Das Prinzip kann nicht das Verhalten eines bestimmten Menschen vorhersagen, lässt sich aber auf größere Gruppen anwenden.

Idealisiertes Modell

Ähnlich verhält es sich bei der Beschreibung von Unternehmenswachstum. "Je mehr Unternehmen betrachtet werden, desto genauer der gemittelte Wachstumswert", so Schweitzer. "Natürlich sind das ideale Modelle, die Realität ist in der Regel um ein Vielfaches komplexer. Die Physik beschränkt sich auf den dynamischen Kern."

Die Brownsche Bewegung kann als idealisiertes Modell für manche chaotischen Prozesse dienen. "Das Beobachten der Brownschen Molekularbewegung durch ein Mikroskop gehört auch heute noch zum Pflichtprogramm für Physikstudenten", sagt Schweitzer, der seit vielen Jahren an Modellen und Simulationen arbeitet, um Meinungstrends und andere gruppendynamische Prozesse zu beschreiben.

Brownsche Bewegung dem Autor unbekannt?

Was Einstein angeht, erdachte dieser seine Erklärung angeblich sogar "ohne zu wissen, dass Beobachtungen über die "Brownsche Bewegung" schon lange bekannt waren", wie er selbst einmal schrieb.

Das könnte erklären, warum Einstein die Brownsche Bewegung noch nicht einmal im Titel seiner Arbeit "Über die von molekular-kinetischer Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen" erwähnt hat.

Alexandra Sorge, dpa/
[science.ORF.at](#), 9.5.05

[Mehr zum "annus mirabilis" \(einstein2005.ch\)](#)

[AKSOE-Website](#)

[Das Stichwort Einstein im science.ORF.at-Archiv](#)

[sensortimecom](#) | 10.05, 18:14

Mein Versuch, Brown zu rehabilitieren;-)
Als Robert Brown 1827 erstmal dieses "Zitterphänomen"
(Gewimmel von Teilchen in Flüssigkeiten) entdeckte,
glaubte er, der UR-Lebenskraft auf die Spur gekommen zu
sein.

Er geriet durch den wissenschaftlichen Sieg der Platonisten
und Naturalisten fast in Vergessenheit; Einstein nahm sich
seiner Entdeckung wieder an, um a) die Existenz von
Molekülen und Atomen nachzuweisen, b) eine Möglichkeit
zu finden deren GRÖSSE zu bestimmen.

Sein mathematischer Nachweis ist genial; dennoch nicht
ganz zufriedenstellend, weil er den "Zufallsfaktor"
(Zufallsbedingte Wärmebewegung beim Anstoßen an die
Partikel) ins Treffen führte - obwohl er später sagte "Gott
würfelt nicht". Also da steckt ein bisschen Inkonsistenz
drinnen.

Norbert Wiener hat später Einsteins Werk über die
Brownsche Molekularbewegung aufgegriffen und
verallgemeinert ("Wiener Prozess")

Die B. M. kann man x-fach beobachten, z.B. Fett- oder
Öltröpfchen in Milch, Rauchteilchen in Luft usw. - und man
macht längst schon auch andere Parameter als Wärme für
das Phänomen verantwortlich, z.B. Druckunterschiede usw.
Auch die Elektronen in einem elektrischen Widerstand
vollführen eine B.M.; diese wird als die Ursache für das
elektronische Rauschen gesehen.

Sind diese molekularen "Zitterpartien" von
Zufallsparametern abhängig?

MEINE ANTWORT: NEIN

---> Weiter

[sensortimecom](#) | 10.05, 18:37

--> weiter

Man kann heute auf Grund des essentiellen
Wissens, das uns nicht nur die Physik und die
Mathematik, sondern auch Informatik, Biologie und
andere Bereiche geliefert haben, mit SICHERHEIT
sagen:

a) Moleküle und Atome verfügen über Fähigkeit,
Information in Form von Zeitquanten bzw.
Verstreichzeiten zu aquirieren

b) Diese Fähigkeit bringt sie dazu, ihre Eigenzeit
festzulegen und sich autoadaptiv und
selbstorganisierend zu verhalten

c) Aus diesen Eigenschaften emergieren seinerseits
die atomaren Kräfte wie die bekannten
Wechselwirkungen, oder aber, in molekularen
Strukturen, das Bestreben nach Organisation
(ähnlich wie das "Andocken" an Zellen, das uns aus
der Mikrobiologie bekannt ist)

d) Die Brownsche Molekularbewegung resultiert aus dem steten Bestreben der Moleküle nach Autoadaptation und Selbstorganisation

e) Die physikalischen Parameter wie Wärme, Druck usw. resultieren AUS der vorgegebenen Molekularbewegung, (und nicht umgekehrt!) und um sie zu beobachten, muss der Beobachter über geeignetes Sensorium verfügen.

---> weiter

[sensortime.com](#) | 10.05, 22:43

---> weiter

Links und Literatur zu diesem Thema, die untermauern helfen, dass Brown tatsächlich auf eine Art "inherente Urkraft" (so wie er vermutete) gestoßen war, siehe:

Ilya Prigogine - fraktale Selbstorganisation
<http://www.thur.de/philo/asso.htm>

Stuart Kauffman:
At Home in the Universe ("Öltropfen im Wasser")
<http://www.oup.com/us/catalog/general/subject/LifeSciences/?view=usa&ci=0195095995>

Stephen Wolfram
Herman Haken ("Synergetic")

Erich B.
Methode zur Generierung selbstorganisierender Prozesse für autonome Mechanismen und Organismen
<http://www.sensortime.com/time-de.html>

mfg Erich B.

[jedi](#) | 11.05, 19:14

demnach müssten aber Muster in der Brownschen Bewegung zu erkennen sein?

[sensortime.com](#) | 13.05, 10:12

@jedi

Muster entstehen erst, wenn es zu irgendeiner "erfolgreichen" Wechselwirkung mit den Molekülen kommt - und somit zu ihrer erfolgreichen Selbstorganisation.
In Kaufman's "Öltropfen im Wasser" beschrieben.

Ein anderer Beweis dafür:
http://www.pro-physik.de/Phy/External/PhyH/1,7615,2-2-174-0-1-display_in_frame-0-0,00.html?recordId=5953&table=NEWS&newsPagelD=18297
Wechselwirkung mit einem elektrischen Feld beeinflusst die B.M.

[denkentutgut](#) | 09.05, 22:40

Es war so:

Wie der Titel "Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen" schon sagt, leitete E. aus der thermodynamischen Theorie (Boltzmanns) ab, dass sich dieser Theorie zufolge suspendierte Teilchen in

Flüssigkeiten bewegen müssten. Ohne zu wissen, dass diese Bewegung von Brown anhand von Russteilchen tatsächlich schon beobachtet worden war.

Beides zusammen bildete eine wichtige Bestätigung für Boltzmanns Theorie und die ihr zugrunde liegende Atomtheorie.

[denkentutgut](#) | 09.05, 22:43

PS

Bei Brown hieß es nicht "Molekularbewegung", sondern nur "Brownsche Bewegung", es ging um Russteilchen. Erst seit Einstein weiß man, dass die Brownschen Bewegung durch eine Molekularbewegung verursacht wird.

[michimueller](#) | 09.05, 22:48

Nochmal

Einstein erwähnt in seiner Einleitung SELBST die Brownschen Beobachtungen, wie kann er dann zuvor nichts davon gewusst haben??

[feuerfuchs](#) | 09.05, 13:14

na von wem is das jetzt?
vom Einstein oder vom Brown?

[jedi](#) | 09.05, 14:19

entdeckt von Brown, erste sinnvolle Erklärung von Einstein

[solidstate](#) | 09.05, 14:46

Sinnvolle Erklärungen gab's auch schon früher, nur nicht in mathematischer Form.

[solidstate](#) | 09.05, 13:05

Einstein hat sie sicher NICHT entdeckt!
Entdeckt wurde die Molekularbewegung 1827 vom Biologen Brown (daher auch der Name Brownsche Molekularbewegung). Das war auch zu Einsteins Zeiten allgemein bekannt. Einstein hat sie mathematisch beschrieben.

[michimueller](#) | 09.05, 12:43

Hä??

"Was Einstein angeht, erdachte dieser seine Erklärung angeblich sogar "ohne zu wissen, dass Beobachtungen über die "Brownsche Bewegung" schon lange bekannt waren", wie er selbst einmal schrieb.

Das könnte erklären, warum Einstein die Brownsche Bewegung noch nicht einmal im Titel seiner Arbeit "Über die von molekular-kinetischer Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen" erwähnt hat."

Gleich auf der ersten Seite seiner Arbeit schreibt Einstein von der brownschen Molekularbewegung, er ist sich lediglich nicht sicher ob das von ihm behandelte Phänomen mit dieser ident ist! Was soll also dieser Absatz?

Die ORF.at-Foren sind allgemein zugängliche, offene und

demokratische Diskursplattformen. Bitte bleiben Sie sachlich und bemühen Sie sich um eine faire und freundliche Diskussionsatmosphäre. Die Redaktion übernimmt keinerlei Verantwortung für den Inhalt der Beiträge, behält sich aber das Recht vor, krass unsachliche, rechtswidrige oder moralisch bedenkliche Beiträge sowie Beiträge, die dem Ansehen des Mediums schaden, zu löschen und nötigenfalls User aus der Debatte auszuschließen.

Sie als Verfasser haften für sämtliche von Ihnen veröffentlichte Beiträge selbst und können dafür auch gerichtlich zur Verantwortung gezogen werden. Beachten Sie daher bitte, dass auch die freie Meinungsäußerung im Internet den Schranken des geltenden Rechts, insbesondere des Strafgesetzbuches (Üble Nachrede, Ehrenbeleidigung etc.) und des Verbotsgesetzes, unterliegt. Die Redaktion behält sich vor, strafrechtlich relevante Tatbestände gegebenenfalls den zuständigen Behörden zur Kenntnis zu bringen.

Die Registrierungsbedingungen sind zu akzeptieren und einzuhalten, ebenso Chatiquette und Netiquette!

 [Übersicht: Alle ORF-Angebote auf einen Blick](#)

ORF