**Zeitschrift:** Gesnerus : Swiss Journal of the history of medicine and sciences
**Herausgeber:** Swiss Society of the History of Medicine and Sciences
**Band:** 38 (1981)
**Heft:** 3-4

**Artikel:** Wellenmechanik und Boltzmannsche Statistik
**Autor:** Hoyer, Ulrich
**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-521554

**Nutzungsbedingungen**
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 20.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

# Wellenmechanik und Boltzmannsche Statistik

Von Ulrich Hoyer

Die Wellenmechanik, die dem Verständnis bislang unüberwindliche Schwierigkeiten entgegenzustellen scheint, ist überraschenderweise einer sehr einfachen Begründung fähig, wenn die Boltzmannsche Statistik als Ausgangspunkt genommen und einer konsequenten Behandlung unterworfen wird. Teilt man nämlich z. B. den Phasenraum des Wasserstoffatoms in äquidistante, *endliche* Intervalle und setzt man mit Boltzmann voraus, daß jede Verteilung einer vorgegebenen Energie $U$ auf $N$ Elektronen *gleichwahrscheinlich* ist, so erhält man nach Boltzmanns Verfahren von 1877[1] zunächst die *diskrete* Maxwell-Boltzmann-Verteilung. Unter Heranziehung des Energiesatzes für das Volumelement des Phasenraums ergibt sich so näherungsweise die Differentialgleichung (1) für die Besetzungszahldichte $f$ im Phasenraum:

$$Vf + \frac{1}{a^2\, 2\, m}\left(\frac{\partial^2 f}{\partial\, \dot{x}^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial\, \dot{y}^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial\, \dot{z}^2}\right) = Ef \tag{1}$$

$m$: Elektronenmasse, $V$: Potentialfunktion, $E$: Gesamtenergie und $a$: Konstante der Maxwell-Boltzmann-Verteilung

Berücksichtigt man ferner die Tatsache, daß innerhalb jedes Phasenraumintervalls die Verteilungsfunktion eine Konstante ist, so gilt in den Gitterpunkten des Phasenraums $\operatorname{grad} f = 0$ sowie $\operatorname{div} \operatorname{grad} f = 0$. Damit folgt *durch Interpolation* die *zeitunabhängige* Schrödingergleichung für den Ortsraum. In dem Mangel an Konsequenz, den man bisher diesem wichtigen Punkt hat zuteil werden lassen, scheinen alle Schwierigkeiten der Quantenmechanik zu wurzeln. Die Quantenmechanik beruht auf dem *prinzipiell diskreten* Charakter jedweder Statistik. Jedenfalls läßt sich auf diese Weise auch die Schrödingergleichung für Mehrelektronensysteme und der Übergang zu den Quadraten der $\Psi$-Funktion begründen. Es ist nämlich auch

$$V\Psi^n - \frac{\varkappa^2}{2\, m\, n^2}\left(\frac{\partial^2\, \Psi^n}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\, \Psi^n}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\, \Psi^n}{\partial z^2}\right) = E\Psi^n \tag{2}$$

$$\varkappa = \text{const}$$

eine Lösung des Problems. Der Vergleich mit dem Experiment verlangt, daß der Exponent zu $n = 2$ angenommen wird.

Zur Begründung der *zeitabhängigen* Schrödingergleichung ist auf diesem Wege nur eine *einzige* weitere Annahme nötig, die im übrigen statistischer Natur ist. Sie entspricht dem in der Theorie des gestörten thermodynamischen Gleichgewichts angewandten Prinzip des lokalen Gleichgewichts von Ilya Prigogine[2] und lautet hier:

*Bei zeitlich veränderlichem Potential ist die Änderung der Verteilungsfunktion dem Zeitinkrement und der im stationären Fall zu erwartenden Änderung proportional.*

In Formel:

$$\mathrm{d}f = c\,\Delta f_{\mathrm{st}}\,\mathrm{d}t \tag{3}$$

Die Maxwell-Boltzmann-Verteilung und der Anschluß an die zeitunabhängige Schrödingergleichung zwingen dann zu dem Schluß, daß der Proportionalitätsfaktor $c$ der Gleichung (3) rein imaginär sein muß.

Das Merkwürdige und zugleich der Vorzug der hier skizzierten Begründung der nicht-relativistischen Wellenmechanik liegt in dem Umstand, daß im Sinne der Bestrebungen Alfred Landés[3] auf die umstrittenen Annahmen der Kopenhagener Deutung, insbesondere auf Dualität und Komplementarität, zugunsten einer rein korpuskularen Auffassung der quantenmechanischen Phänomene verzichtet wird und daß die Heisenbergschen Unschärferelationen nicht als fundamentaler Satz der Quantenmechanik, sondern in Übereinstimmung mit der Kritik Karl Poppers[4] an den Grundlagen der Quantenmechanik als statistische Streurelationen erscheinen[5].

## *Literatur*


[1] Ludwig Boltzmann, Über die Beziehungen zwischen dem zweiten Hauptsatze der mechanischen Wärmetheorie und der Wahrscheinlichkeitsrechnung respektive den Sätzen über das Wärmegleichgewicht. In: *Wissenschaftliche Abhandlungen*, Bd. 2, Nachdruck der ersten Ausgabe Leipzig 1909, New York 1968, S. 164–223.

[2] Ilya Prigogine, Zeit, Struktur und Fluktuationen. In: *Angewandte Chemie 90* (1978), S. 704–715.

[3] Alfred Landé, *Quantum Mechanics in a New Key*, New York 1973.

[4] Karl Popper, Quantum Mechanics Without "The Observer". In: *Quantum Theory and Reality*. Ed. Mario Bunge. Berlin, Göttingen, Heidelberg, New York 1967. Studies in the Foundations, Methodology, and Philosophy of Science, Vol. 2, S. 7–44.

[5] Ulrich Hoyer, Von Boltzmann zu Planck. In: *Archive for History of Exact Sciences 23* (1980), S. 47–86. – Statistical Foundations of Wave-Mechanics (Unveröffentlichtes Manuskript). Über eine rationale statistische Grundlegung der Wellenmechanik. In: *Philosophia Naturalis 18* (1981), S. 356–367.


## *Summary*


Starting from Boltzmann, the author shows a way to found Schrödinger's wave-mechanics.



Prof. Dr. rer. nat. Ulrich Hoyer
Philosophisches Seminar der
Westfälischen Wilhelms-Universität
Domplatz 23
D-4400 Münster