Was ist ein Quantensprung?

QUANTENPHYSIK · BEWUSSTSEIN UND MYTHEN

Wenn ein Unternehmen seine neue Software vorstellt, ein Minister eine Reform oder ein Autohersteller sein neues Modell, fällt erstaunlich oft dasselbe Wort: Quantensprung. Gemeint ist ein gewaltiger Fortschritt, ein Satz nach vorn, der alles Bisherige hinter sich lässt. Das Wort steht so auch im Duden, als Fortschritt, „der eine Entwicklung innerhalb kürzester Zeit ein sehr großes Stück voranbringt“ [1].

Physiker verziehen bei diesem Gebrauch gern das Gesicht. Denn in ihrer Wissenschaft ist ein Quantensprung so ungefähr das Kleinste, was es gibt. Wer hat nun recht? Und was genau springt da eigentlich? Die Antwort führt mitten in einen hundertjährigen Streit, der erst vor wenigen Jahren im Labor eine überraschende Wendung genommen hat.

Was in der Physik springt

Der Begriff stammt von Niels Bohr. In seinem Atommodell von 1913 dürfen Elektronen nur auf bestimmten Bahnen mit festen Energien um den Kern kreisen. Wechselt ein Elektron von einer Bahn auf eine andere, sendet es Licht aus oder schluckt es, und zwar genau so viel Energie, wie der Unterschied zwischen den beiden Bahnen beträgt [2]. Dazwischen gibt es nichts. Das Elektron gleitet nicht langsam nach innen, es wechselt die Stufe. Dieser Wechsel ist der Quantensprung. Im Duden steht diese Bedeutung übrigens an erster Stelle: ein „plötzlicher Übergang eines mikrophysikalischen Systems aus einem Quantenzustand in einen anderen“ [1].

Wie groß ist so ein Sprung? Nehmen wir das rote Licht, das Wasserstoffgas in einer Leuchtröhre aussendet. Es entsteht, wenn ein Elektron von der dritten auf die zweite Energiestufe wechselt. Nach Bohrs Formel werden dabei etwa 1,9 Elektronenvolt frei, das sind rund $3 \cdot 10^{-19}$ Joule, und daraus wird ein Photon mit einer Wellenlänge von 656 Nanometern. Zum Vergleich: Um ein Sandkorn von einem Milligramm um einen Millimeter anzuheben, braucht man etwa 10^{-8} Joule. Das ist rund dreißig Milliarden Mal mehr als der Quantensprung.

Physikalisch betrachtet ist ein Quantensprung also kein großer Satz, sondern ein winziger. Das Besondere an ihm ist nicht seine Größe, sondern dass er nicht kleiner sein kann. Es gibt keinen halben Quantensprung.

Wie kam es zur Umdeutung?

Wer das Wort im Alltag verwendet, meint wohl etwas anderes, nämlich den Charakter des Sprungs. Ein Quantensprung ist plötzlich, ohne Zwischenstufen, nicht umkehrbar in kleinen Schritten. Etwas ist danach grundlegend anders als vorher. Diese Vorstellung passt gut zu einem Durchbruch, und so ist die übertragene Bedeutung durchaus nachvollziehbar. Dass dabei die Größe auf den Kopf gestellt wird, ist eine kleine Ironie der Sprachgeschichte.

Man muss den Werbetextern also keinen Fehler vorwerfen, eher eine gewisse Unschärfe. Die Sprache hat aus dem Fachbegriff ein Bild gemacht, und Bilder dürfen frei sein. Spannender ist die Frage, ob das physikalische Bild selbst stimmt. Springt das Elektron wirklich?

Schrödingers Abneigung

Gerade diese Frage hat einen der Väter der Quantenmechanik zeitlebens beschäftigt. Erwin Schrödinger mochte die Sprünge nicht. Seine berühmte Gleichung beschreibt, wie sich die Wellenfunktion eines Systems stetig und glatt mit der Zeit verändert, ohne Sprünge. Für Schrödinger war das plötzliche Springen ein Überbleibsel des alten Bohrschen Denkens, das man loswerden sollte. 1952 veröffentlichte er einen ganzen Aufsatz mit der provokanten Frage im Titel: „Gibt es Quantensprünge?“ [3]. Seine Antwort war ein klares Nein.

Bohr und Heisenberg hielten dagegen. In der Kopenhagener Deutung bleibt der Sprung bei der Messung bestehen. Man kann vorhersagen, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Atom springt, aber nicht, wann genau. Mehr über diesen Streit und die Menschen dahinter erzählen unsere Porträts von Niels Bohr und Erwin Schrödinger.

Sprünge, die man sehen kann

Lange konnte man über die Frage nur theoretisch streiten, denn man beobachtete immer nur riesige Mengen von Atomen auf einmal. 1986 änderte sich das. Gleich mehrere Gruppen schafften es, ein einzelnes Ion in einer Falle festzuhalten, es mit Laserlicht zu beleuchten und zu beobachten, wie es leuchtete, plötzlich dunkel wurde und nach einer Weile wieder aufleuchtete. Jedes Verdunkeln war ein Quantensprung in einen Zustand, aus dem das Ion kein Licht streut. Eine Gruppe um Hans Dehmelt in Seattle [4] und eine Gruppe um Peter Toschek in Hamburg [5] gehörten zu den Ersten. Die Sprünge waren damit sichtbar, und sie kamen zu zufälligen Zeitpunkten, genau wie die Kopenhagener Deutung es vorhersagt.

Ein Sprung im Zeitlupentempo

Die eigentliche Wendung kam 2019 aus Yale. Ein Team um Zlatko Minev und Michel Devoret nutzte einen supraleitenden Schaltkreis, der sich wie ein künstliches Atom verhält, und beobachtete ihn so fein, dass es fast jedes einzelne gestreute Photon registrieren konnte [6],[7]. Was sie sahen, hätte beide Seiten des alten Streits überrascht.

Wann ein Sprung beginnt, ist zufällig, wie Bohr gesagt hatte. Aber der Sprung selbst ist nicht augenblicklich. Er verläuft jedes Mal auf demselben, vorhersagbaren Weg, wie Schrödinger es sich vorgestellt hatte. Vor dem Sprung gibt es sogar ein Warnsignal: eine Pause von einigen Mikrosekunden, in der kein Licht gestreut wird. Das Team konnte diesen Moment erkennen, den Sprung mitten im Flug abfangen und mit einem gezielten Puls umkehren. Michel Devoret fasste es so zusammen: Auf langen Zeitskalen seien Quantensprünge unvorhersagbar und diskret, wie Bohr meinte, auf kurzen Zeitskalen könnten sie stetig und vorhersagbar sein, wie Schrödinger vermutet hatte [7].

Das ist nicht nur für Philosophen interessant. Wer einen Quantensprung kommen sieht, kann ihn verhindern, und das ist genau das, was man in einem Quantencomputer braucht, um Fehler in den Qubits zu korrigieren, bevor sie Schaden anrichten.

Darf man das Wort also benutzen?

Natürlich. Sprache gehört allen, und die übertragene Bedeutung steht zu Recht im Wörterbuch. Wer es genau nimmt, sollte nur wissen, dass ein echter Quantensprung winzig ist, dass er ein Grundbaustein der Natur ist und dass er nach neuester Forschung sogar etwas sanfter abläuft, als sein Name verspricht. Und wer das nächste Mal in einer Pressemitteilung von einem Quantensprung liest, darf sich still fragen, ob der Fortschritt wirklich so groß ist, oder ob er nur so plötzlich kam.

Zum Weiterlesen

Quanten. Einstein, Bohr und die große Debatte über das Wesen der Wirklichkeit

Manjit Kumar · Berlin Verlag · ISBN 978-3-8270-1019-3

Erzählt, wie Bohr den Quantensprung ins Atom brachte und warum Schrödinger und Einstein sich so schwer damit taten.

Bei Amazon ansehen*

* Werbelink: Kaufen Sie über diesen Link, erhalten wir von Amazon eine kleine Provision, am Preis ändert sich für Sie nichts. Mehr Empfehlungen auf unserer Seite Bücher zur Quantenphysik.

Quellen

1. Duden online: *Quantensprung, der.* duden.de.
2. N. Bohr: *On the Constitution of Atoms and Molecules.* In: Philosophical Magazine, Series 6, 26 (1913), S. 1–25, doi:10.1080/14786441308634955.
3. E. Schrödinger: *Are there quantum jumps?* In: The British Journal for the Philosophy of Science 3 (1952), S. 109–123, doi:10.1093/bjps/III.10.109.
4. W. Nagourney, J. Sandberg, H. Dehmelt: *Shelved optical electron amplifier: Observation of quantum jumps.* In: Physical Review Letters 56 (1986), S. 2797–2799, doi:10.1103/PhysRevLett.56.2797.
5. T. Sauter, W. Neuhauser, R. Blatt, P. E. Toschek: *Observation of Quantum Jumps.* In: Physical Review Letters 57 (1986), S. 1696–1698, doi:10.1103/PhysRevLett.57.1696.
6. Z. K. Minev u. a.: *To catch and reverse a quantum jump mid-flight.* In: Nature 570 (2019), S. 200–204, doi:10.1038/s41586-019-1287-z.
7. I. Dumé: *To catch a quantum jump.* Physics World, 7. Juni 2019. physicsworld.com.

Zitiervorschlag

quanten.de: *Was ist ein Quantensprung?*. Stand: Oktober 2026. URL: https://quanten.de/quantensprung.html (PDF: https://quanten.de/pdf/quantensprung.pdf)

Texte und Abbildungen © 2026 quanten.de. Nutzung mit Quellenangabe und Link gern, kommerzielle Nutzung nach Absprache: info@quanten.de

Weiterlesen: Atommodelle · Niels Bohr · Die Schrödinger-Gleichung · Was sind Quanten?