

Schrödingers Katze

Advanced

Selbst ein Mensch mit nur minimalem Anspruch auf Bildung *muß* wissen, was sich hinter dem Stichwort "Schrödingers Katze" verbirgt. Ein Materialwissenschaftler natürlich allemal.

- Ganze Bücher wurden mit diesem Schlagwort im Titel geschrieben; es ist nach wie vor eines der zentralen und kontrovers diskutierten Paradigmen der Quantenphysik.
- Hier ist die schnelle Suchabfrage bei der deutschen [amazon.de](https://www.amazon.de) (Okt. 2001):

Schrödingers Katze. Das Universum nebenan.

von Robert Anton Wilson
Versandfertig in 24 Stunden
Rowohlt TB-V., Rnb. Taschenbuch
Durchschnittliche Kundenwertung: ***** (absolute Spitze)
Preis: DM 12,89; EUR 6,59

Auf der Suche nach Schrödingers Katze. Quantenphysik und Wirklichkeit.

von John Gribbin, Friedrich Giese (Übersetzer)
Versandfertig in 2 bis 3 Werktagen.
Piper, Mchn. (1996) Taschenbuch
Durchschnittliche Kundenwertung: ****1/2*
Preis: DM 19,90; EUR 10,17

Schrödingers Katze. Einführung in die Quantenphysik.

von Brigitte Röthlein
Versandfertig in 24 Stunden DTV, Mchn. (1999) Taschenbuch
Durchschnittliche Kundenwertung: ***
Preis: DM 15,49 EUR 7,92

Wieviele Leben besitzt Schrödingers Katze? Zur Physik und Philosophie der Quantenmechanik.

von Jürgen Audretsch, Klaus Mainzer
Versandfertig in 2 bis 3 Werktagen
Spektrum Akad. Vlg., Hdg. (1996)
DM 49,90; EUR 25,51

Was ist "*Schrödingers Katze*"? Hier der Beginn eines Artikels aus den Physikalischen Blättern vom Nov. 1997:

Schrödingers Katze in die Falle gelockt

D. Leibfried, C. Monroe und D. J. Wineland

Im Jahre 1935 veröffentlichte Erwin Schrödinger einen langen Artikel über „Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik“ [1]. Im Rahmen einer detaillierten Gegenüberstellung von klassischer Mechanik und Quantenmechanik erläuterte er darin die Gründe seines Unbehagens mit der damals neuen Theorie. Der Artikel wäre wohl in Vergessenheit geraten, enthielte er nicht einen Absatz mit der Beschreibung eines Gedankenexperiments, das unter dem Namen „Schrödingers Katze“ weit über die Physik hinaus zu Kopfzerbrechen geführt hat. Über 60 Jahre nach Schrödingers Artikel ist es möglich geworden, quantenmechanische Zustände herzustellen, die die Essenz des Katzen-Paradoxons ins Labor übertragen.

Erwin Schrödinger erläuterte in dem Artikel, wie man im Prinzip den Zustand einer Katze, eines makroskopischen Quantensystems, mit dem mikroskopischen Zustand eines Atoms verschränken kann. Eine Katze wird in eine Stahlkammer eingeschlossen, zusammen mit einer „teuflichen“ Vorrichtung: ein Geigerzähler und eine radioaktive Substanz, deren Menge und Halbwertszeit so gewählt sind, daß innerhalb einer Stunde ein Zerfall mit

einer Wahrscheinlichkeit von ca. 50% stattfindet. Der Zerfall löst eine Entladung im Geigerzähler aus, deren Signal wiederum einen Hammer auf eine Zyanalkali-Ampulle fallen läßt; das entweichende Gas tötet die Katze. Angenommen, man sperrt die arme Katze in diese Apparatur und wartet eine Stunde, wie würde man den Zustand des Systems dann beschreiben? Nach den Gesetzen der Quantentheorie wäre die angemessene Form ein Superpositionszustand der Form:

$$|\text{Atom zerfallen}\rangle|\text{Katze tot}\rangle + |\text{Atom nicht zerfallen}\rangle|\text{Katze lebt}\rangle. \quad (1)$$

Die Apparatur „verschränkt“ den mikroskopischen Superpositionszustand des Atoms (zerfallen *und* nicht zerfallen) mit dem makroskopischen Zustand der Katze. Wann ist die Katze nun tot? Ist sie in einem Schwebezustand, lebendig *und* tot, wie es die Quantenmechanik impliziert? Ist sie lebendig *oder* tot, wie unsere Alltagserfahrung uns glauben macht? Oder sind die Dinge noch komplizierter, und es bedarf eines Beobachters, der die Kiste öffnet und nachschaut, um das Schicksal der Katze zu besiegeln? Das von Schrödinger illustrierte Paradoxon besteht darin, daß wir zwar quantenmechanische Superpositionszustände von mikroskopischen Systemen herstellen und beobachten können (z. B. Elektronenbeugung an einem Doppelspalt, Beugung von Teilchen mit magnetischem Moment in einer Stern-Gerlach-Apparatur, etc.), es aber keinerlei Evidenz für Superpositionszustände von toten und lebenden Katzen gibt. Anscheinend findet irgendwann auf dem Weg zwischen Atom und Katze ein Übergang statt, der Superpositionen in ein klassisches „Entweder-Oder“ verwandelt. Die Quantentheorie enthält aber keinen direkten Hinweis, wie groß oder komplex ein System sein muß, um sich klassisch zu verhalten. Für ein wirkliches Experiment scheint die vorgeschlagene Apparatur wenig geeignet, da die Katze ein enorm kompliziertes Quantensystem darstellt, ganz abgesehen von der Frage, wie man lebendig und tot als quantenmechanische Eigenschaften beschreibt. In jüngster Vergangenheit ge-

lang es aber mehreren Gruppen, in kontrollierter Weise quantenmechanische Zustände herzustellen, mit denen sich der Übergang quantenmechanisch-klassisch im Labor untersuchen läßt. Experimente mit Rydberg-Atomen in einem Mikromaser und mit einem einzelnen Ionen in einer Falle erlauben es, den Fragen nachzuspüren, die Schrödinger aufwarf.

Die Grundidee dieser Experimente besteht darin, quantenmechanische Superpositionszustände zu präparieren, deren Charakter sich kontrolliert von mikroskopisch (quantenmechanisch) bis makroskopisch (klassisch) variieren läßt. Im Rahmen der Quantenoptik wurde der Vorschlag gemacht, ein Lichtfeld in einem Superpositionszustand von zwei kohärenten Zuständen [2] mit entgegengesetzter Phase zu erzeugen.

$$\psi_{\alpha} = (1/\sqrt{2}) (|\alpha\rangle + |-\alpha\rangle), \quad (2)$$

wobei 2α der zu variierende Abstand der kohärenten Wellenpakete im von Ort und Impuls aufgespannten Phasenraum ist. Die kohärenten Zustände des harmonischen Oszillators wurden ebenfalls erstmals von Schrödinger beschrieben und werden oft als die „klassischsten“ aller Quantenzustände bezeichnet. Dies liegt daran, daß ihre Wellenpakete nicht in der Zeit zerfließen und der Schwerpunkt des Wellenpakets sich entlang der klassischen Phasenraum-Trajektorie des Oszillators bewegt. Daher genügt die komplexe Zahl α , die Amplitude und Phase der Trajektorie beschreibt, um den Zustand vollständig zu charakterisieren. Das nichtzerfließende Wellenpaket ist eine Gantiglocke in Ort und Impuls und hat die minimale von der Unschärfelrelation erlaubte Ausdehnung. Für $|\alpha| \ll 1$ ist die Amplitude der klassischen Schwingung kleiner als die Ausdehnung des Wellenpakets. Daher macht die Frage nach der Phase des Zustands oder nach dem Ort im Phasenraum, an dem sich der Zustand befindet, nur beschränkte Sinn. Speziell für $\alpha = 0$ ist $|\psi\rangle$ der Grundzustand des harmonischen Oszillators, und damit gleichzeitig ein „nichtklassischer“ Eigenzustand des Zahl-

Dr. Dietrich Leibfried, Dr. Christopher Monroe und Dr. David J. Wineland, National Institute of Standards and Technology, Boulder, Colorado 80303, USA

Ein besonders leicht zu lesendes Buch zum Thema ist "[Paradigms Lost](#)"