

# Erwin Schrödinger

## Nobelpreis für Physik 1933



Nobelpreis für Physik 1933 «für die Entdeckung neuer, produktiver Formen der Atomtheorien».

\* 12. 8. 1887 in Wien-Erdberg

† 4. 1. 1961 in Wien

1921–1927 Professor für Theoretische Physik an der Universität Zürich

## Der Wellenrechner

Als Erwin Schrödinger im Herbst 1921 den seit 1914 verwaisten Lehrstuhl für Theoretische Physik an der Universität Zürich wieder besetzte, rechnete niemand damit, dass er die Universität und die Stadt sechs Jahre später als gefeierter Star wieder verlassen würde, dem Granden wie Albert Einstein und Max Planck «Genialität» attestierten.

Schrödinger wurde im Alter von 34 Jahren nach Zürich berufen. Der gebürtige Wiener galt als vielseitiger Wissenschaftler, der in allen Gebieten zu Hause war, aber noch keine wirklich bedeutende Arbeit vorgelegt hatte – dies in

einem für Physiker bereits fortgeschrittenen Alter. Als Erwin Schrödinger mit seiner Frau Annie 1921 von Breslau nach Zürich kam, lagen Nobelpreis-Ehren für ihn scheinbar in weiter Ferne. Schrödinger, den sein Biograf Walter J. Moore als «geniales, gelegentlich durch intellektuellen Übermut in Versuchung geführtes Einzelkind» bezeichnet, litt unter dem Mangel an Erfolg und Anerkennung. Sein Lehrstuhl an der Universität Zürich muss ihm vorgekommen sein wie ein Anzug, der ein paar Nummern zu gross ist – zu seinen Vorgängern gehörten die späteren Nobelpreisträger Albert Einstein, Peter Debye und Max von Laue. Schrödinger blieb sechs Jahre in Zürich und revolutionierte in dieser Zeit die Physik.

Zuerst musste er allerdings wieder zu Kräften kommen. Als er in Zürich ankam, war er körperlich und geistig erschöpft: «Ich war schon so kaputt, dass ich keinen vernünftigen Gedanken mehr fassen konnte», schrieb er später an Wolfgang Pauli. Der frischgebackene Ordinarius machte dafür die Umzieherei, die «beständigen Entscheidungen über das eigene Schicksal» und die Berufungsverhandlungen verantwortlich, wofür er nicht geschaffen sei, wie er bemerkte.

Mit dem Umzug nach Zürich liess Schrödinger das darbenende, kriegsversehrte Deutschland hinter sich, wo immer noch Hunger und Elend herrschten. Und er war seine finanziellen Sorgen los: Anders als seinen illustren Vorgängern wurde ihm nicht nur

ein Extraordinariat, sondern gleich ein Ordinariat zugesprochen. Die Schrödingers bezogen an der Huttenstrasse 9 in Zürich-Oberstrass eine grosszügige, standesgemässe Wohnung.

Neben seiner Erschöpfung hatte Schrödinger aus Deutschland auch eine heimtückische Krankheit mitgebracht: Kaum hatte er mit seinen Vorlesungen begonnen, zwang ihn eine starke Bronchitis zu pausieren. Die Atemwegserkrankungen dauerten den ganzen Winter über an. Schliesslich wurde eine leichte Lungentuberkulose diagnostiziert und eine Liegekur verordnet. So kam Erwin Schrödinger

---

**«Schrödinger war ein geniales, gelegentlich durch intellektuellen Übermut in Versuchung geführtes Einzelkind.»**

Walter J. Moore

---

1922 erstmals nach Arosa, das für ihn zu einem Schicksalsort werden sollte. Dort blieb er während neun Monaten, hingebungsvoll gepflegt von seiner Frau. Die Kur in der Höhe wirkte, die Symptome verschwanden, Anfang November war Schrödinger wieder in Zürich und kam seinen Lehrverpflichtungen nach. Er konnte zwar arbeiten, ermüdete aber rasch. In Arosa hatte er zwei kurze Artikel geschrieben, einer davon konnte, so Walter J. Moore, «durchaus als originärer Durchbruch in eine neue Ära bezeichnet werden.» Er trug den Titel: «Über eine bemerkenswerte Eigenschaft der Quanten-



bahnen eines einzelnen Elektrons». Die Aroser Bergluft schien Schrödinger zu inspirieren. Er kehrte mehrmals in den Bündner Kur- und Ferienort zurück. Jahre später beschäftigte er sich dort wieder mit Elektronen und Quanten und legte damit den Grundstein zu seinem Durchbruch in der Quantenphysik.

Nach seiner Genesung lehrte und forschte er wieder in Zürich, wo es sich ganz gut lebte. Die Schrödingers gehörten zu einer Akademikerclique, die sich regelmässig zu Picknicks und im 1923 eröffneten Strandbad Mythenquai traf. Dabei entstanden Freundschaften und Liebesbeziehungen, etwa zwischen Hermann Weyl, Professor für Geometrie an der ETH, und Schrödingers Frau Annie. Schrödinger seinerseits tat sich mit Weyl und seinem Vorgänger Peter Debye, der jetzt Professor an der ETH war, im Zürcher Nachtleben um und pflegte ebenfalls aussereheliche Beziehungen. Eine Belastung für die Ehe war das Ausbleiben von eigenem Nachwuchs – Schrödinger wünschte sich immer einen Sohn. Zwischenzeitlich erwog das Paar die Scheidung, sie blieben schliesslich aber doch zeitlebens zusammen.

Bei seinen Studierenden war Schrödinger beliebt. Er galt als guter Dozent, seine Vorlesungen waren «intellektuelle Feinkost» (Walter J. Moore). Als er 1927 den Ruf aus Berlin als Nachfolger von Max Planck erhielt, organisierten die Studenten einen Fackelzug zu Schrödingers Haus, um ihn zum Bleiben zu bewegen. Schrödinger war gerührt, ging aber trotzdem nach Deutschland. Legendär waren seine Vorlesungen, die er bei schönem Wetter draussen am See abhielt. Sein Schüler Alexander von Muralt erinnert sich: «In

der Sommerzeit, wenn es warm genug war, gingen wir zum Badestrand an den Zürcher See, sassen mit unseren Notizbüchern im Gras und schauten diesem hageren Mann in seiner Badehose zu, wie er seine Herleitungen auf eine mitgebrachte, improvisierte Tafel schrieb.»

So verging die Zeit mit Unterricht, Ehekrächen und Amouren, aber ohne wissenschaftliche Glanzleistung, bis Erwin Schrödinger im Sommersemester 1925 die Doktorarbeit eines jungen Franzosen las. Louis de Broglie postulierte darin, Materie – wie beispielsweise Elektronen – habe auch Welleneigenschaften. Das widersprach der vor-

---

### **Mit einem Urlaub in geheimnisvoller weiblicher Begleitung begann Schrödingers *annus mirabilis*, in dem er die Physik revolutionierte.**

---

herrschenden Meinung der führenden Physiker der Zeit, die davon ausgingen, Elektronen seien Teilchen. Albert Einstein war sofort fasziniert von de Broglies kühner These, während sie bei anderen Forschern wie Max Planck zunächst Kopfschütteln auslöste. De Broglie gab auch Erwin Schrödinger zu denken – auf äusserst produktive Weise, wie sich herausstellte.

Schrödinger beschäftigte sich intensiv mit der von de Broglie angenommenen Wellennatur der Materie. Welche Eigenschaften hatten solche Materiewellen? Er versuchte, Gesetze und Gleichungen zu formulieren, die diese erfüllen sollten. Der Durchbruch gelang ihm erstaunlich schnell und unter eher unerwarteten Umständen. Über Weihnachten und Neujahr 1925/26 fuhr Erwin Schrödinger wieder

einmal nach Arosa in die Ferien. Allerdings nicht mit seiner Frau, sondern mit einer unbekanntenen Begleiterin, die gerne als «dark lady» bezeichnet wird. Mit dem Urlaub in geheimnisvoller weiblicher Begleitung begann Schrödingers *annus mirabilis*, eine rund zwölfmonatige Phase konzentrierten, kreativen Schaffens, das die Physik revolutionierte. Schrödinger spürte, dass er etwas Grosse auf der Spur war. Am 27. Dezember schrieb er aus Arosa an seinen Physikerkollegen Wilhelm Wien: «Im Augenblick plagt mich eine neue Atomtheorie. Wenn ich nur mehr Mathematik könnte! Ich bin bei dieser Sache sehr optimistisch und hoffe, wenn ich es nur rechnerisch bewältigen kann, so wird es sehr schön.»

Nach seiner Rückkehr aus Arosa wurde Schrödinger von einem Kollegen gefragt, ob er das Skifahren gemessen habe. Er erwiderte, er sei «durch einige Berechnungen» abgelenkt gewesen. Diese Berechnungen mündeten in seine erste Abhandlung «Quantisierung als Eigenwertproblem. Erste Mitteilung», die er am 26. Januar 1927 an die «Annalen der Physik» schickte. In dieser Mitteilung formuliert er erstmals seine berühmte Wellengleichung, die als «Schrödingergleichung» in die Geschichte des Fachs eingegangen ist. Mit der Wellengleichung lassen sich auf natürliche Weise die Energieniveaus der Elektronen in einem Atom berechnen. Damit war eines der grossen Probleme der Quantenphysik gelöst. Auf die erste Einsendung folgten bis im Juni drei weitere. Schrödingers bahnbrechende Berechnungen bewiesen die von de Broglie angenommene Wellennatur der Materie.

Nach Schrödingers Einsendungen war in der Welt der Physik nichts mehr,



wie es zuvor gewesen war. Der Streit um die Frage, ob Quantenobjekte wie Elektronen, Atome oder Moleküle Wellen oder Teilchen sind, war entschieden. Allerdings auf überraschende Weise: Schrödinger bewies, dass Elektronen Eigenschaften von Wellen oder Teilchen haben können, aber weder das eine noch das andere sind, und sich ihr Zustand nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit berechnen lässt.

In einem Kreativitätsrausch hat Erwin Schrödinger, unterstützt durch den erotischen Höhenflug mit seiner geheimnisvollen Begleitung, die Grundlagen seines Fachs verändert. Was folgte, waren Ruhm und Ehre. Noch während

---

**Schrödinger bewies, dass Elektronen Eigenschaften von Wellen oder Teilchen haben können, aber weder das eine noch das andere sind.**

---

seiner Zeit in Zürich wurde Erwin Schrödinger zu einer mehrmonatigen Vortragsreise in die USA eingeladen, wo er an den grossen Universitäten sprach – er hielt in drei Monaten 50 Vorträge – und ihm mehrere Professuren angetragen wurden. Schrödinger lehnte alle Angebote ab, weil er etwas Besseres in Aussicht hatte: die Nachfolge von Max Planck in Berlin. Seinen vierzigsten Geburtstag am 12. August 1927 feierte er bereits in der deutschen Hauptstadt. Seine Zürcher Zeit war damit abgeschlossen, genauso wie seine produktivste Phase als Wissenschaftler, die aus ihm einen der ganz Grossen seines Fachs gemacht hatte. *Thomas Gull*

**Quelle:** Margrit Wyder: Einstein und Co. – Nobelpreisträger in Zürich; Verlag NZZ libro, Zürich 2015 **Illustration:** Aline Telek

In Zürich geschaffen:

## Eine neue Atomtheorie

Die «Schrödingergleichung» gehört zu den grossen Durchbrüchen in der Geschichte der Physik. Erwin Schrödinger entwickelte sie innerhalb von wenigen Monaten Ende 1925, Anfang 1926 und veröffentlichte seine Überlegungen und Berechnungen zwischen Januar und Juni 1926 in den «Annalen der Physik». In dieser Zeit rangen die besten Physiker der Welt wie Niels Bohr, Max Planck, Werner Heisenberg oder Albert Einstein darum, das Atom zu erklären. Zu den ungelösten Rätseln gehörte das Verhalten der Elektronen im Atom. Dabei war unklar, ob Elektronen Teilchen oder Wellen sind. Das Revolutionäre an Schrödingers Gleichung war, dass sie auf der Annahme basierte, Elektronen seien Wellen, die den Raum erfüllen.

Mit seiner Gleichung konnte Schrödinger auf elegante Weise die Energieniveaus des Elektrons im Wasserstoffatom berechnen. Interessanterweise war der deutsche Physiker Werner Heisenberg zur gleichen Zeit zu den gleichen Ergebnissen gekommen, allerdings mit einer anderen Berechnungsweise, die vom Teilchen-Bild für Elektronen ausging.

Damit hatte sich gezeigt, dass Elektronen sowohl Teilchen- als auch Welleneigenschaften haben können. Dies hat weitreichende Konsequenzen für die Quantenphysik. Denn es bedeutet, dass sich die Natur der Teilchen «an sich» nicht feststellen lässt, weil die Beobachtung das zu beobachtende Phänomen beeinflusst.

Dieses Paradoxon erklärte Erwin Schrödinger 1935 mit einem Gedankenexperiment, das als «Schrödingers Katze» in die Geschichte der Physik eingegangen ist: Eine Katze befindet sich für eine Stunde in einer abgeschlossenen Kiste zusammen mit einem instabilen Atomkern, der jederzeit zerfallen kann – wir wissen allerdings

nicht wann –, einem Geigerzähler, einem Hammer und einer Glasflasche mit Blausäure. Wenn der Atomkern zerfällt, wird die radioaktive Strahlung vom Geigerzähler detektiert. Darauf zerschlägt der Hammer die Flasche, das Gift wird freigesetzt und die Katze stirbt. Wenn wir die Kiste nur von aussen betrachten, können wir nicht sagen, ob die Katze lebendig oder tot ist, weil wir nicht wissen, ob und wann der Atomkern zerfällt. Gewissheit erhalten wir erst, wenn wir die Kiste öffnen. Solange das nicht der Fall ist, kann die Katze gleichzeitig tot und lebendig sein.

Mit den Teilchen in der Quantenphysik verhält es sich wie mit der Katze: ihr Zustand wird erst eindeutig festgelegt, wenn er gemessen wird. Vorher kann über den Zustand eines Teilchens nur eine Wahrscheinlichkeitsaussage getroffen werden.

Diese Unbestimmtheit irritierte bereits die Zeitgenossen, die nicht glauben wollten, dass in der Physik der Zufall Regie führt. Albert Einstein reagierte darauf mit der Bemerkung, Gott würfle nicht. Die physikalische und philosophische Konsequenz dieser Erkenntnis ist die Frage, ob nun nichts real ist – die Katze ist weder tot noch lebendig, oder ob alles real ist – die Katze ist gleichzeitig tot und lebendig. Diese fundamentale Frage ist heute nicht geklärt und sie wird vielleicht auch nie geklärt werden. (TG)



Erwin Schrödinger (Mitte) gehörte zu einer Akademikerclique, die sich regelmässig im 1923 eröffneten Zürcher Strandbad Mythenquai traf.  
Bild: Ruth Braunizer/Österreichische Zentralbibliothek für Physik



Schuf in Zürich eine neue Atomtheorie:  
der Physiker Erwin Schrödinger.  
Bild: Nobel Foundation