

# Ein Quantum Energie

Elektronen, die auf stabilen Bahnen um einen positiv geladenen Kern kreisen? Als Niels Bohr im Jahr 1913 sein neues Atommodell vorstellt, schütteln viele Kollegen den Kopf. Kurz darauf gelingt ein Nachweis: **James Franck**, später Abteilungsleiter am **Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie** in Berlin-Dahlem, und sein Kollege Gustav Hertz bekommen dafür den Physik-Nobelpreis 1925. Dabei wissen die beiden anfangs nicht, was sie da eigentlich entdeckt haben.

TEXT **ELKE MAIER**

April 1940. Im Labor von Niels Bohr in Kopenhagen steht der 54-jährige Chemiker George de Hevesy, in der Hand hält er eine Nobelpreis-Medaille. Sie gehört dem jüdischen Physiker James Franck. Um sie vor den Nazis in Sicherheit zu bringen, hatte Franck sie seinem Freund und Kollegen Bohr anvertraut, und der wiederum hatte sie de Hevesy gegeben.

Nun hatten die Deutschen Dänemark besetzt und marschierten bereits durch die Straßen der Hauptstadt. Da hieß es schnell sein. De Hevesy übergießt die prestigeträchtige Münze mit Königswasser und wartet, bis das ätzende Gemisch aus konzentrierter Salz- und Salpetersäure das Metall aufgelöst hat. Als die Besatzer das Labor auf den Kopf stellen, steht das Gefäß mit dem wertvollen Inhalt unbeachtet unter vielen anderen.

Später wird das Gold der Königlich Schwedischen Akademie der Wissenschaften übergeben, die daraus eine neue Medaille prägen lässt. Am 31. Januar 1952 darf James Franck die begehrte Auszeichnung zum zweiten Mal entgegennehmen – für einen Versuch, den er und sein Kollege Gustav Hertz anfangs gar nicht richtig einordnen konnten. Aber der Reihe nach.

James Franck kommt am 26. August 1882 in Hamburg zur Welt. Er ist das zweite Kind des Bankiers Jacob Franck und dessen Frau Rebecca. Am Wilhelm-Gymnasium soll James eine klassische Bildung erhalten. Der allerdings hat mit alten Sprachen wenig im Sinn, und so gilt der Schüler als „wenig vielversprechend“. Was ihn viel mehr interessiert sind Zusammenhänge: Noch im Alter erinnert sich James Franck an ein Aha-Erlebnis während der Griechischstunde, als er auf einmal erkennt, warum ein Fettfleck in seinem Heft „das opake Papier lichtdurchlässig macht“.

Nach dem Gymnasium – inklusive einer Ehrenrunde – schreibt er sich seinem Vater zuliebe in Heidelberg für Wirtschaft und Jura ein. Erst später setzt er sich durch und wechselt zur Chemie und schließlich zur Physik. Sein neuer Studienort Berlin ist dafür erste Wahl und Anziehungspunkt für die einflussreichsten Physiker ihrer Zeit, darunter Heinrich Rubens, Emil Warburg und Max Planck, spä-



Teilchen auf Kollisionskurs: James Franck (links) und Gustav Hertz untersuchten Zusammenstöße zwischen Elektronen und Atomen.

ter auch Paul Drude und Albert Einstein. Franck promoviert 1906 am Physikalischen Institut der Berliner Universität über die Beweglichkeit von Ionen bei Gasentladungen und wird dort wissenschaftlicher Assistent.

Am selben Institut arbeitet auch der fünf Jahre jüngere Gustav Hertz, dessen Onkel Heinrich die elektromagnetischen Wellen entdeckt hatte – entscheidend für die Nachrichtentechnik; die Frequenzeinheit Hertz ist nach ihm benannt. James Franck und Gustav Hertz freunden sich an und starten ein gemeinsames Projekt, um die Wechselwirkung zwi-

schen Atomen und Elektronen zu studieren.

Die Apparatur besteht – vereinfacht dargestellt – aus einem Glaskolben, der mit Quecksilbergas gefüllt ist. Im Innern befinden sich eine negativ geladene Glühkathode und eine positive Anode, zwischen denen eine Spannung anliegt. Sie bewirkt, dass an der Kathode ständig Elektronen ausgesandt und in Richtung der Anode beschleunigt werden. Unterwegs kollidieren sie dabei mit den Quecksilberatomen. Sobald die Elektronen an der Anode ankommen, messen die Forscher ihre Geschwindigkeit. So wollen sie feststellen, wie viel Bewegungsenergie die Elektronen durch die Zusammenstöße mit den Gasatomen verloren haben.

Dabei beobachten die Wissenschaftler Folgendes: Liegt nur eine geringe Spannung an, flitzen die Elektronen mit unveränderter Geschwindigkeit ins Ziel. Erreicht der Wert 4,9 Elektronenvolt (eV), so geht die Geschwindigkeit der ankommenden Elektronen gegen null, und in einem verdunkelten Raum zeigt sich kurz vor der Anode eine dünne Leuchtschicht. Wird die Spannung weiter hochgedreht, werden die Elektronen wieder schneller, und die leuchtende Schicht wandert in Richtung Kathode. Beim Doppelten des kritischen Werts ist die Geschwindigkeit plötzlich bei null, und eine zweite Leuchtschicht entsteht, beim Dreifachen eine dritte – und so weiter und so fort.

Was ging hier vor? In ihrer Veröffentlichung von 1914 schreiben James Franck und Gustav Hertz, die Energiemenge von 4,9 eV ionisiere das Quecksilberatom, katapultiere also ein Elektron aus des-

Schicht für Schicht: Die Gasatome geben die Energie, die sie von den Elektronen übernommen haben, in Form von Licht wieder ab. Im hier gezeigten Versuch wurde Neon- statt Quecksilbergas verwendet, was ein orangefarbenes Leuchten erzeugt.

sen Hülle heraus – ein Irrtum, wie sich herausstellen sollte. Was den beiden in ihrem Arbeitseifer entgangen war: Wenige Monate zuvor hatte Niels Bohr ein theoretisches Modell zum Aufbau des Atoms vorgelegt, das perfekt zu ihrer Beobachtung passte.

Bohr beschreibt darin eine Art Miniatur-Planetensystem, in dem Elektronen auf stabilen Bahnen um einen positiv geladenen Kern kreisen. Diese Bahnen – sogenannte Schalen – haben feste Abstände voneinander. Will man nun ein Elektron von einer Schale auf die nächste (weiter außen gelegene) bugsieren, so ist dazu eine ganz bestimmte, je nach Atomsorte unterschiedliche Energiemenge erforderlich. Niels Bohr, der über „das wunderbare Experiment von Franck und Hertz“ im Bilde war, vermutete, dass diese Menge im Fall von Quecksilber genau 4,9 eV beträgt. Damit sollte er recht behalten.

Ohne es zu wissen, hatten Franck und Hertz nachgewiesen, dass Elektronen nur vom richtigen Quantum Energie angeregt werden können – eine der Kernaussagen von Bohrs Theorie. Ist die Energiemenge zu gering, stoßen Elektron und Atom zusammen,

#### DER SPIEGEL 19/1957



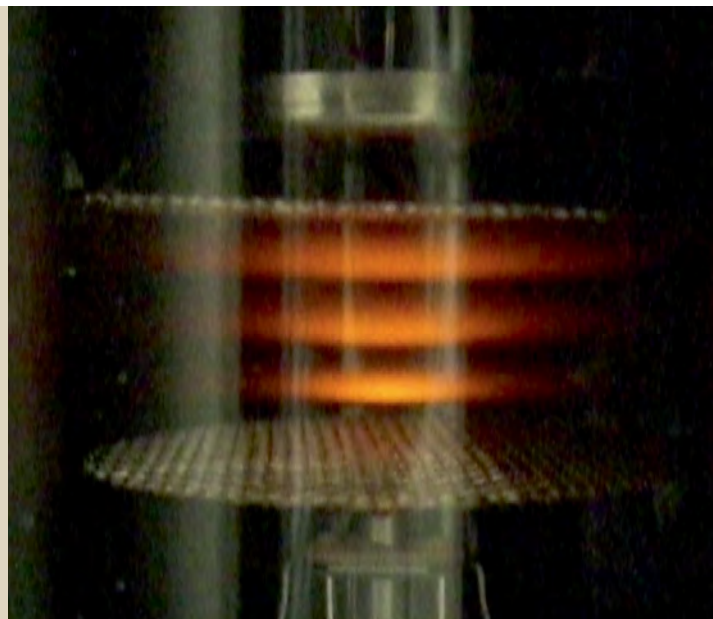
**An den Nobelpreisträger James Franck, einen der nobelsten Geister unter den nicht immer noblen Kernphysikern, wagten sich die Nazis noch nicht recht heran, weil er zu bekannt war. Der aufrechte Mann trat im April 1933 demonstrativ und aus Solidarität zurück [...]**

ohne dass es zum Energietransfer kommt. Erst wenn die kritische Schwelle von 4,9 Elektronenvolt erreicht ist, gibt das Elektron seine Energie an das Atom ab. Nach einer solchen Kollision steht das Elektron zunächst still, bevor es durch die Spannung wieder beschleunigt – und die dadurch angesammelte Energie erneut abgibt, sobald 4,9 eV erreicht sind. Das Leuchten kommt dadurch zustande, dass das Atom die aufgenommene Energie in Form von Licht wieder aussendet.

Welche Tragweite ihr Versuch hat, wird den beiden Wissenschaftlern erst später klar: „Es war so, als wenn ein Forscher ein unbekanntes Land erforschen wollte und bemerkte, dass er, ohne es zu wissen, bereits eine vollständige Karte dieses Landes in den Händen hatte“, schreibt Franck rückblickend. Für ihr Experiment bekommen James Franck und Gustav Hertz den Physik-Nobelpreis 1925.

Im April 1914 präsentiert Gustav Hertz die Ergebnisse auf einer Sitzung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft in Berlin. Gut drei Monate später beginnt der Erste Weltkrieg. James Franck meldet sich freiwillig. Wie auch Gustav Hertz wird er an der Front unter der Leitung von Fritz Haber im Gaskrieg eingesetzt. Später werden beide auch ans Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie in Berlin-Dahlem abkommandiert. Dort müssen sie unter anderem im Selbstversuch die Tauglichkeit von Gasmasken testen.

Zwischen 1917 und 1921 arbeitet James Franck als Abteilungsleiter am Berliner Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie unter dem Direktor Fritz Haber. Danach



geht er als Professor für Experimentalphysik an die Universität Göttingen. Im Jahr 1933 sollte er Direktor des Physikinstituts der Berliner Universität werden. Doch dazu kam es nicht mehr.

Am 30. Januar 1933 wird Adolf Hitler Reichskanzler, einige Wochen später tritt das „Gesetz zur Wiederherstellung des Berufsbeamtentums“ in Kraft. Beamte nichtarischer Abstammung sind demnach in den Ruhestand zu versetzen. Obwohl James Franck als ehemaliger Frontkämpfer davon ausgenommen ist, kann er den Affront nicht hinnehmen. Aus Protest tritt er freiwillig zurück, doch möchte sich kaum einer seiner Kollegen mit ihm solidarisieren.

Noch im selben Jahr verlassen er und seine Familie Deutschland. Franck verbringt mehr als ein Jahr als Gastwissenschaftler bei Niels Bohr in Kopenhagen, übernimmt eine Professorenstelle an der Johns Hopkins University in Baltimore und wechselt im Jahr 1938 an die University of Chicago. Während des Zweiten Weltkriegs ist er dort am „Manhattan-Projekt“ zur Entwicklung der Atombombe beteiligt. Als er erfährt, dass die Bombe auch nach der Kapitulation Nazideutschlands gegen Japan eingesetzt werden soll, ergreift er das Wort. Gemeinsam mit sechs anderen Wissenschaftlern verfasst er ein Memorandum, das als Franck-Report in die Geschichte eingehen wird und sich gegen einen Einsatz der Atombombe in Japan ausspricht.

Die Forscher weisen darin auf die Gefahr eines atomaren Wettrennens hin und setzen sich dafür ein, die Zerstörungskraft der neuen Waffe auf unbewohntem Gebiet zu demonstrieren, anstatt Japan anzugreifen. Der Appell bleibt erfolglos. Am 6. August 1945 explodiert die Bombe über Hiroshima, drei Tage später trifft es Nagasaki. Japan kapituliert.

Nach dem Krieg forscht James Franck vor allem auf dem Gebiet der Photosynthese. Dabei wird Sonnenenergie absorbiert und in die Form einer chemischen Bindung überführt. Der Wissenschaftler bleibt damit seinem Lieblingsthema treu: dem Energietransfer zwischen Atomen und Molekülen. Gustav Hertz wird nach Kriegsende als Spezialist für das sowjetische Atombombenprojekt verpflichtet; nach seiner Rückkehr im Jahr 1955 übernimmt er die Leitung des Physikalischen Instituts der Universität Leipzig. Er ist der einzige Nobelpreisträger, der in der DDR lebt und arbeitet. Franck stirbt 81-jährig bei einem Besuch in Göttingen, Hertz mit 88 Jahren in Ostberlin.

Der Franck-Hertz-Versuch zählt heute zu den Klassikern der Experimentalphysik. Als wichtige Stütze des Bohrschen Atommodells und Beleg für die Quantentheorie wird er auch im Physikunterricht immer wieder gern gezeigt.