



Laura Chalk

Die kanadische Physikerin lieferte einen frühen experimentellen Nachweis der jungen Quantenmechanik, der vollkommen in Vergessenheit geriet.

Daniela Monaldi

Die erste neue Vorhersage der Quantenmechanik wurde von Laura Chalk, einer Doktorandin an der McGill University in Montreal, Kanada, zwischen 1926 und 1928 unter der Leitung von J. Stuart Foster experimentell überprüft. Warum ist aber das Foster-Chalk-Experiment aus der Geschichte der Quantenmechanik verschwunden? [1]

Laura Mary Chalk wurde 1904 in Montreal in eine Pädagogenfamilie hineingeboren und zeigte schon früh hervorragende akademische Leistungen, insbesondere in Mathematik. Der Leiter der Physikabteilung der McGill University, Arthur S. Eve, ermutigte sie, Physik zu studieren, und 1925 schloss sie ihr Studium in Mathematik und Physik mit Auszeichnung ab. Nachdem sie als beste Studentin des Jahres in Physik und Mathematik ausgezeichnet worden war und ein einjähriges Stipendium des National Research

Council erhalten hatte, beschloss sie, in McGill zu bleiben, und wurde die erste Doktorandin von J. Stuart Foster, dem jüngsten Mitglied der Fakultät und einem aufstrebenden Experten für experimentelle Beobachtungen des Stark-Effekts. Fosters zweiter Doktorand war William Rowles, der später Physikprofessor am McGill College of Agriculture und Ehemann von Chalk werden sollte [2].

Alle Porträts zum Herunterladen und Ausdrucken finden sich unter: dpg-physik.de/veroeffentlichungen/publikationen/arbeitsset-quantenphysikerinnen
Dieser Beitrag ist im Original erschienen im Physik Journal, April 2025, S. 32, <https://pro-physik.de/zeitschriften/download/22635>



Gruppenfoto des Physik-Departments der McGill University um 1927/28 mit Laura Chalk (farbig hervorgehoben), J. Stuart Foster (1. Reihe, ganz links) und Arthur S. Eve (1. Reihe, 5. von links) sowie weiteren weiblichen Mitgliedern der Fakultät.

Zwar war Laura Chalk die erste Frau, die in McGill ein vollständiges Promotionsstudium erfolgreich abschloss, aber sie war nicht das einzige weibliche Mitglied der Fakultät. Eves Unterstützung für Frauen in der Physik hing wohl auch damit zusammen, dass er der Schwager von Harriet Brooks war, Rutherfords Schülerin in Montreal und eine Pionierin auf dem Gebiet der Radioaktivität [3].

Die Intensitäten beim Stark-Effekt

Zwischen Rutherfords Weggang 1907 und Fosters Ankunft 1924 stagnierte die moderne Physik in McGill. Foster war maßgeblich daran beteiligt, die Forschung wiederzubeleben. Er wurde später vor allem durch den Bau des ersten kanadischen Zyklotrons und die Ausbildung der ersten Generation kanadischer Kernphysiker bekannt [4]. Mitte der 1920er-Jahre zeichnete er sich durch sein Fachwissen über die Lo-Surdo-Röhre aus, ein Gerät, das für detaillierte Beobachtungen des Stark-Effekts entscheidend war.

Unter dem Stark-Effekt versteht man die Aufspaltung und Verschiebung der Spektrallinien von Atomen in einem äußeren elektrischen Feld. Er wurde 1913 unabhängig voneinander von Johannes Stark und dem Italiener Antonino Lo Surdo entdeckt. Der Effekt diente als Prüfinstanz für die sich entwickelnde Quantentheorie, insbesondere für das Bohr-Sommerfeld-Modell des Atoms. Obwohl die Berechnungen der Spektralfrequenzen weithin als durchschlagender Erfolg der frühen Quantentheorie galten, boten immer detailliertere Beobachtungen die Möglichkeit, die Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment zu verbessern, und dienten somit auch als früher Test für die Quantenmechanik.

In ihrer Doktorarbeit untersuchte Laura Chalk den Stark-Effekt in Wasserstoff erneut und konzentrierte sich dabei auf die relativen Intensitäten der Spektrallinien. Ihre Forschung war eine anspruchsvolle Erweiterung von Fosters Arbeit und zielte darauf ab, kleine Diskrepanzen zwischen theoretischen Vorhersagen und experimentellen Daten zu untersuchen. Noch war unklar, ob die Ursache der Abweichungen in den Berechnungen oder den Messungen lag.

Erwin Schrödinger veröffentlichte im Sommer 1926 die ersten wellenmechanischen Berechnungen der Intensitäten der Stark-Linien in Wasserstoff. Diese unterschieden sich von den aus der alten Quantentheorie abgeleiteten Schätzungen in den relativen Intensitäten der Komponenten der Balmer-Reihe und stellten somit die erste neue Vorhersage der Quantentheorie dar. Genau zu dieser Zeit stellte Chalk ihre ersten Spektralaufnahmen her. Foster verließ derweil Montreal, um als Stipendiat des International Education Board sechs Monate am Institut von Niels Bohr in Kopenhagen zu verbringen. Als Foster dort ankam, geriet er sofort in die Aufregung um die jüngsten Entwicklungen der

neuen Quantenmechanik. Durch Bohr wurde ihm die Bedeutung der Daten von Chalk klar und Bohr bat ihn, einen vorläufigen Bericht zu veröffentlichen. Daraufhin schrieb Foster an Eve und wies Chalk an, ihre Beobachtungen zu vervollständigen, um Schrödingers Vorhersagen gründlich zu überprüfen. Daher erweiterte Chalk ihre Dissertation zu einem systematischen Vergleich von experimentellen Daten und theoretischen Vorhersagen, welche die klare Überlegenheit von Schrödingers Werten zeigte (Abb. 1). Schrödinger, der im Oktober auch Kopenhagen besuchte, war über diese Ergebnisse sehr erfreut und äußerte den Wunsch, Kanada zu besuchen, nicht zuletzt, weil er an Chalks Arbeit interessiert war [5].

Wie man in Vergessenheit gerät

Foster und Chalk veröffentlichten 1926 und 1928 zwei Notizen in Nature sowie 1929 einen vollständigen Bericht über das Experiment in den Proceedings of the Royal Society of London [6]. Doch trotz der anfänglichen Begeisterung seitens Bohr und Schrödinger wurde das Foster-Chalk-

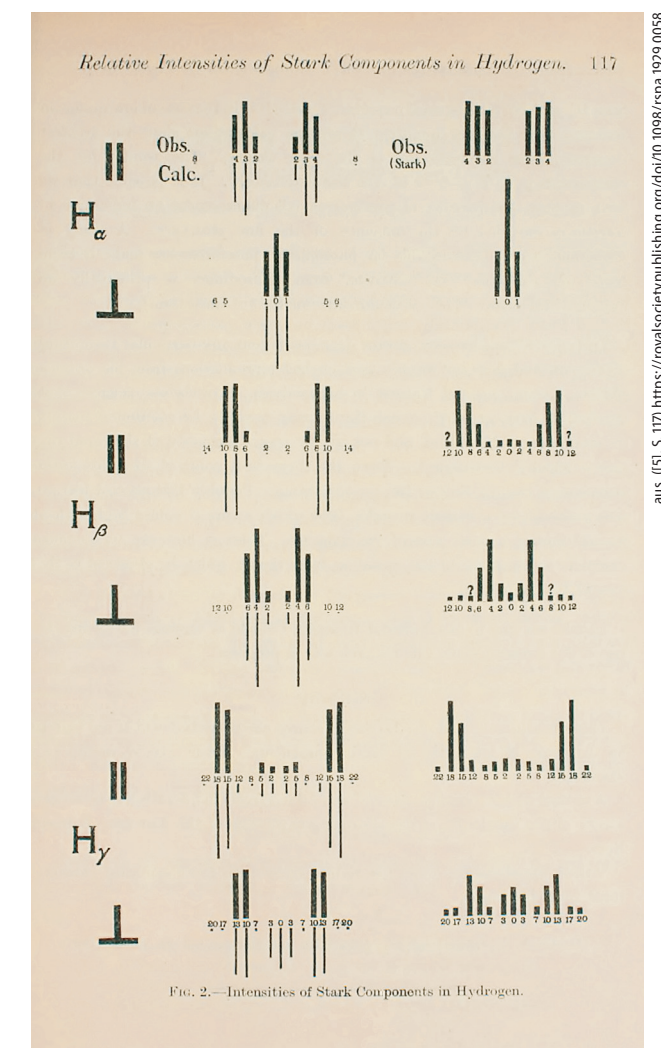


Abb. 1 Vergleich der Intensitäten von Stark-Komponenten im Wasserstoff aus dem Foster-Chalk-Experiment mit den von Erwin Schrödinger berechneten Intensitäten. Die Linien auf der rechten Seite zeigen die früheren Beobachtungen von Johannes Stark.



Experiment bis vor kurzem in historischen Darstellungen zur Entwicklung der Quantenphysik zumeist übersehen. Für diese Vernachlässigung gibt es drei Gründe:

- Erstens benötigte die Quantenmechanik kein *experimentum crucis*, um akzeptiert zu werden, worauf zuerst der amerikanische Wissenschaftshistoriker Stephen Brush hingewiesen hatte. Denn die Akzeptanz der Quantenmechanik beruhte darauf, bekannte experimentelle Ergebnisse innerhalb eines in sich kohärenten theoretischen Rahmens zu reproduzieren [7].

■ Zweitens maß Foster den Daten von Chalk zu wenig Bedeutung bei, weil sie relativ einfach und klar waren. Stattdessen gab er seinen eigenen Beobachtungen des Stark-Effekts in Helium und den matrixmechanischen Berechnungen den Vorrang, die er mit Werner Heisenbergs Unterstützung durchführte. Beide wohnten in der gleichen Pension in Kopenhagen, sie wurden Freunde und arbeiteten im Rahmen der Quantenmechanik gemeinsam am Helium-Spektrum. So trug Heisenberg schließlich auch zur Abwertung der Bedeutung des Foster-Chalk-Experiments bei, etwa wenn er sich nach dem Krieg zwar gern an seine Zusammenarbeit mit Foster erinnerte, aber nicht mehr erwähnte, dass es Laura Chalk gewesen war, die zuvor Schrödingers wellenmechanische Berechnungen überprüft hatte [8].

- Drittens verließ Chalk 1931 die physikalische Forschung und entschied sich den damaligen Geschlechterrollen entsprechend für den Lehrerberuf und die Ehe. In ihren späteren Memoiren äußerte sie sich zufrieden mit ihren Lebensentscheidungen und versicherte, dass sie sich im Großen und Ganzen nicht diskriminiert gefühlt habe. Aber in ihrer Zeit nach der Promotion gab es durchaus Fälle von geschlechtsspezifischer Diskriminierung, als ihr etwa zunächst ein Postdoc-Stipendium verweigert wurde

aufgrund des Gerüchts, dass sie verlobt sei, was nicht der Fall war. 1936 verlor sie schließlich ihren Lehrauftrag in McGill aufgrund von Anti-Nepotismus-Regeln, welche die Anstellung von Eheleuten am gleichen Universitätsdepartment verboten.

Dozentin auf Abruf

Nach Verlust ihres Lehrauftrags unterrichtete Laura Chalk nur noch gelegentlich „nach Bedarf“, zum Beispiel einen Crashkurs in Elektrizitätstheorie für fünfhundert Angehörige der kanadischen Luftwaffe, die während des Zweiten Weltkriegs zu Radaroffizieren ausgebildet wurden, oder große Einführungskurse für Studenten der Ingenieurwissenschaften, die nach dem Krieg vom Department of Veterans Affairs finanziert wurden. Ihr ganzes Leben lang sah sie die Physik jedoch als mathematisch und abstrakt an und daher als unattraktiv für die meisten Frauen, die sich ihrer Meinung nach „mehr für die sozialen Probleme der Welt“ als für die reine Wissenschaft interessierten [1]. Laura Chalk starb 1996 im Alter von 92 Jahren.

Literatur

- [1] Eine ausführlichere Darstellung erscheint in Kürze unter dem Titel „Laura Chalk and the Stark Effect“ in *P. Charbonneau et al.* (Hrsg.), *Women in the History of Quantum Physics*, Cambridge University Press, Cambridge 2025, <https://bit.ly/411Sz1d>
- [2] *L. Chalk*, Long Experience and a Happy Existence *M. Gillett* in: *A. Beer* (Hrsg.), *Our Own Agendas. Autobiographical Essays by Women Associated with McGill University*, McGill-Queen's University Press, Montreal 1995
- [3] *M. Rayner-Canham* und *G. Rayner-Cahnam*, *Harriet Brooks, Pioneer Nuclear Scientist*, McGill-Queen's University Press, Montreal 1992
- [4] *Y. Gingras*, *Physics and the Rise of Scientific Research in Canada*, McGill-Queen's University Press, Montreal 1991
- [5] *Foster-Eve Correspondence in Arthur S. Eve Fonds*, McGill University Archives
- [6] *J. S. Foster* und *L. Chalk*, *Proc. Roy. Soc. London A* **123**, 108 (1929)
- [7] *S. Brush*, *Making 20th Century Science*, New York 2015
- [8] *S. Rozental* (Hrsg.), *Niels Bohr. His Life and Work as Seen by his Friends and Colleagues*, North Holland, New York 1967

Die Autorin

Daniela Monaldi ist Assistant Professor am Department of Science, Technology and Society an der York University in Toronto. Ihre jüngsten Arbeiten befassen sich einerseits mit der Geschichte der Bose-Einstein-Statistik und andererseits mit Frauen in der Geschichte der Quantenphysik.



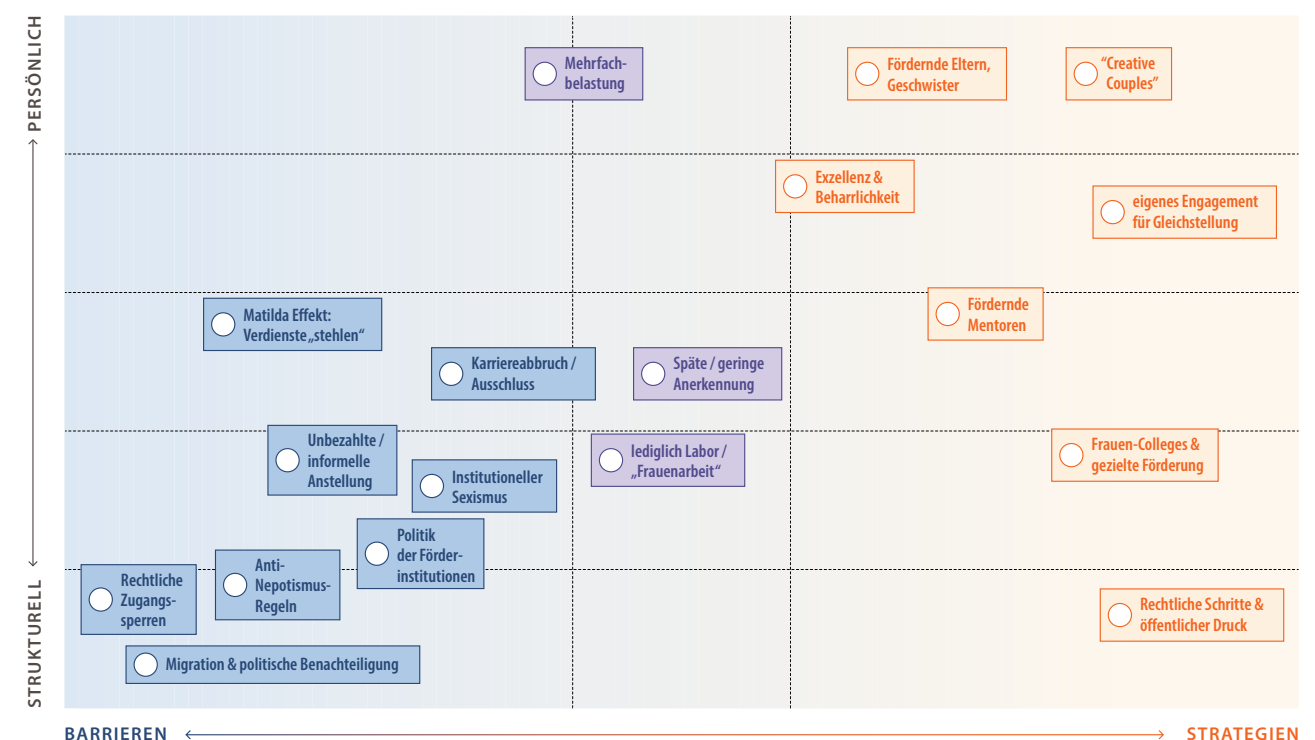
Dr. Daniela Mondaldi, Department of Science, Technology and Society,
York University, Norman Bethune College, 170 Campus Walk, Toronto,
Ontario, Canada

Anregungen zur Diskussion

Jeder Lebensweg einer Quantenphysikerin war individuell – aber jeder ist es wert, genauer betrachtet zu werden. Zu verschiedenen Zeiten und an unterschiedlichen Orten waren die Barrieren und die Chancen für eine Karriere in der Quantenphysik andere. Auch spielten private und individuelle Vorbehalte und Ermutigungen eine Rolle. Frauen fanden schließlich unterschiedliche Strategien, zur Quantenphysik beizutragen. Vielfach stießen sie an Grenzen, manchmal konnten sie diese überwinden, häufig gelang dies erst mit Verzögerung.

Machen Sie sich selbst ein Bild! Lesen Sie den Text und halten Sie Ausschau nach wichtigen Gründen, welche die Karriere beeinflusst haben. Die folgende Grafik kann helfen, die Ergebnisse zu sammeln. Nicht alle Faktoren haben jeweils eine Rolle gespielt und vielleicht finden Sie auch weitere Faktoren, die noch nicht in der Grafik aufgeführt sind.

1 Chalk	6 Monroe
2 Goeppert	7 Wu
3 Hermann	8 Mensing
4 van Leeuwen	9 Sponer
5 Friedman	10 Dewey



Notizen