



Maria Goeppert Mayer

Die spätere Nobelpreisträgerin leistete einen wichtigen Beitrag zur Theorie der Zwei-Photonen-Absorption.

Johannes-Geert Hagmann

Die deutsch-amerikanische theoretische Physikerin Maria Goeppert Mayer ist vor allem für ihre Mitentwicklung des Schalenmodells des Atomkerns bekannt, die ihr den Nobelpreis einbrachte. Bisher weniger beachtet ist jedoch ihre frühe grundlegende Arbeit in der Quantenphysik zur Theorie der Zwei-Photonen-Absorption.

Der große Moment ist gekommen: In den festlich erleuchteten Sälen des Stockholmer Konzerthauses, inmitten einer erlesenen, in Fracks und Abendroben gekleideten Gesellschaft, erhebt sich Maria Goeppert Mayer¹⁾ und wechselt ein kurzes Lächeln mit ihrem Nachbarn. „Im Namen der Akademie gratuliere ich Ihnen herzlich und bitte Sie, den Nobelpreis für Physik für das Jahr 1963 aus den Händen seiner Majestät des Königs entgegenzunehmen.“ Als erst zweite Frau in der

Geschichte wird sie Physik-Nobelpreisträgerin, zusammen mit Eugene Wigner und J. Hans D. Jensen (Abb. 1). Als der großgewachsene König Gustaf VI. Adolf sich vorbeugt, um ihr die Urkunde und die Medaille zu überreichen, bewegt sich Mayers rechter Arm nach vorne, gefolgt – etwas langsamer – vom linken. Dieser ist teilweise gelähmt aufgrund eines Schlaganfalls, den sie drei Jahre zuvor erlitten hatte und der ihre Gesundheit dauerhaft beeinträchtigte. Der feierliche Moment der Anerkennung ihrer herausragenden wissenschaftlichen Leistungen ist daher auch von Zerbrech-

Quantenphysikerinnen

Alle Beiträge dieser Serie finden sich online in einem Dossier unter folgendem Link: <https://pro-physik.de/dossiers/quantenphysikerinnen>.



1) Maria Goeppert Mayer schrieb sich selbst für den überwiegenden Teil ihres Lebens, ohne den Umlaut und den Bindestrich zu verwenden.

◀ Maria Goeppert Mayer unterhält sich bei der University of Michigan Summer School im Jahr 1930 mit ihrem Mann Joseph Mayer, rechts neben ihr steht der Physiker und Astronom Robert Atkinson.

lichkeit geprägt. Goeppert Mayers Karriere lässt sich aus unterschiedlichen, miteinander verwobenen Perspektiven lesen: durch höchste wissenschaftliche Errungenschaften zum einen, aber auch durch persönliche Herausforderungen, Schicksalsschläge und Widerstände, die sie als Wissenschaftlerin in ihrer Zeit erlebte.

Maria Goeppert wurde am 28. Juni 1906 in Kattowitz im heutigen Polen als Einzelkind geboren. Ihr frühes Interesse an den Naturwissenschaften wurde durch ihren Vater gefördert – einen Kinderarzt, der von 1910 als Universitätsprofessor in Göttingen wirkte. Nach dem erfolgreichen Abschluss einer privaten, von Frauenrechtlerinnen betriebenen Schule, die Mädchen den Zugang zum Abitur ermöglichte, begann sie ein Studium der Mathematik an der Universität Göttingen und der University of Cambridge. Schon bald entwickelte sie jedoch ein großes Interesse an der Physik und beschloss, im Anschluss an ihr Studium eine Promotion unter der Betreuung von Max Born aufzunehmen. Wissenschaftlich hatte Born, neben seinen wichtigen Beiträgen zu den Grundlagen der Quantenphysik, die just in dieser Zeit entstanden, auch ein großes Interesse an Fragestellungen der theoretischen Optik.

Doppelt absorbiert oder emittiert

Das optische Problem, das Goeppert in ihrer Dissertation untersuchte, befasste sich mit der Absorption und Emission von Lichtquanten in Atomen und Molekülen [1]. Bereits 1928 hatte der indische Physiker C. V. Raman experimentell den zuvor theoretisch vorhergesagten Effekt der inelastischen Streuung von Licht an Molekülen nachgewiesen. In ihrer Doktorarbeit untersuchte Goeppert, unter welchen Bedingungen Atome und Moleküle zwei Photonen – oder Lichtquanten, wie sie in der damaligen deutschen Fachliteratur meist genannt wurden – gleichzeitig absorbieren oder emittieren könnten. Dies geschah im theoretischen Rahmen der damals neu entstandenen Quantenmechanik (**Abb. 2a**).

Beim Prozess der Zwei-Photonen-Absorption nimmt ein Atom oder ein Molekül gleichzeitig zwei Lichtquanten gleicher oder unterschiedlicher Frequenzen auf, um einen Übergang zwischen zwei Energieniveaus zu ermöglichen. Da die Energie eines einzelnen Photons nicht für den Übergang ausreicht, muss die Absorption der beiden Photonen nahezu gleichzeitig erfolgen. Maria Goeppert Mayers Berechnungen basieren auf Diracs Theorie der Emission, Absorption und Dispersion sowie der Störungstheorie. Daraus leitete sie ab, dass Zwei-Photonen-Prozesse mit einer nicht verschwindenden Wahrscheinlichkeit auftreten können, die für solche Übergänge allerdings sehr klein ausfällt. [2].

Der experimentelle Nachweis gelang 1961 den Physikern Wolfgang Kaiser und Charles Garrett aus Deutschland bzw. Großbritannien an den Bell Labs in Murray Hill (**Abb. 2b**)

[3]. Beide Wissenschaftler nutzten den im Jahr 1960 neu entwickelten Rubinlaser, um ein mit Europium dotiertes CaF_2 spektroskopisch anzuregen. Die Zwei-Photonen- oder Mehrphotonen-Absorption ist heute ein wichtiges Werkzeug, etwa für die Mikroskopie lebender Gewebe, und ermöglicht eine tiefenauflösende Darstellung von Strukturen, die mit anderen mikroskopischen Techniken nicht erreichbar ist.

Neues und nicht einfaches Wirken in den USA

In der Veröffentlichung der Dissertation in den Annalen der Physik hebt Goeppert in den Danksagungen zwei Personen hervor: ihren Doktorvater und Mentor Max Born, zu dessen Familie sie eine enge Beziehung pflegte, sowie ihren Studienkollegen und Freund Victor Weisskopf, der ebenfalls bei Born promovierte [4]. In Göttingen hatte Goeppert einen engen akademischen Freundeskreis, zu dem unter anderem Hertha Sponer und James Franck gehörten. 1929 kam der amerikanische Physiko-Chemiker Joe Edward Mayer als Postdoc nach Göttingen, um mit Franck und Born zu arbeiten. Da Mayer sein erstes Zimmer in Göttingen in der Wohnung der Familie Goeppert zur Untermiete bezog, lernte er dort Borns Doktorandin Maria Goeppert kennen, die er 1930 heiratete.



Abb. 1 Maria Goeppert Mayer wird von König Gustaf VI. Adolf von Schweden zum Gala-Bankett nach der Nobelpreisverleihung begleitet.

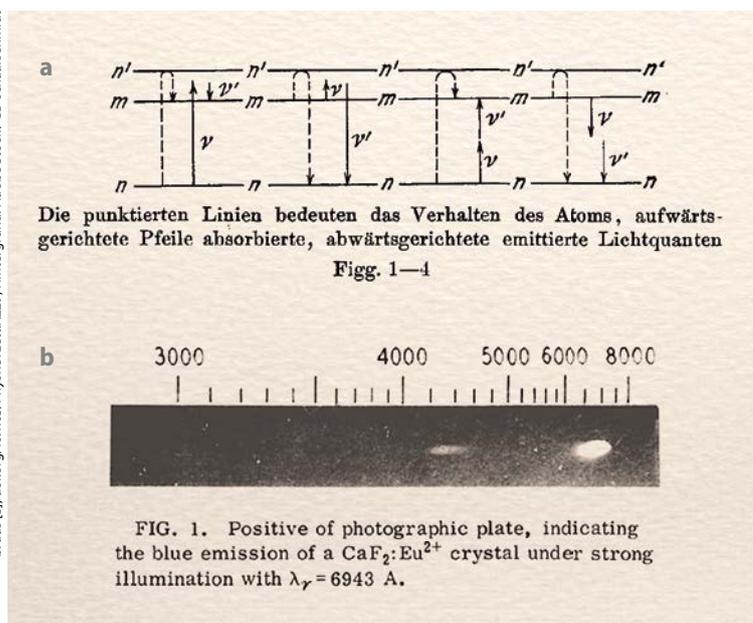


Abb. 2 Maria Goeppert Mayers Übergangsschema bei Zwei-Photonen-Prozessen (a). Der linke schwache Punkt zeigt die von Wolfgang Kaiser und Charles Garrett im Jahr 1961 beobachtete Fluoreszenz bei 425 nm, induziert durch einen Zwei-Photonen-Absorptionsprozess (b).

Die Ehe brachte für Goeppert Mayer weitreichende Veränderungen mit sich: Sie folgte fortan zunächst der akademischen Laufbahn ihres Mannes, von 1930 an nach Maryland, wo Joe Mayer eine Position an der Johns Hopkins University angenommen hatte. Die Universität bot seiner Frau keine reguläre Anstellung an, da Nepotismus-Regeln an amerikanischen Universitäten oft die Anstellung verheirateter Paare untersagten. Somit musste sich Maria Goeppert Mayer in gleich mehrfacher Hinsicht an ihr neues Leben anpassen – nicht nur kulturell an das Leben in Amerika, sondern auch wissenschaftlich an ihr Umfeld: An der Johns Hopkins fand sie keine wissenschaftlichen Kooperationspartner, die im Bereich der Quantenmechanik aktiv waren. Gemeinsam mit ihrem Mann und dem österreichisch-amerikanischen Physiker Karl Herzfeld arbeitete sie daher an Problemen der Physikalischen Chemie. Auch kehrte sie in den Sommern vor der nationalsozialistischen „Machtübernahme“ [5] im Jahr 1933 nach Deutschland zurück, um mit Born weiterzuarbeiten.

Forschung, Familie und Nobelpreis

Maria Goeppert Mayers Kinder, eine Tochter und ein Sohn, wurden in den 1930er-Jahren in Baltimore geboren. Als die Familie nach New York zog, wo Joe Mayer eine neue Stelle an der Columbia University antrat, erhielt Maria Goeppert Mayer 1941 ihre erste bezahlte Teilzeitanstellung: Sie unterrichtete Mathematik am Sarah Lawrence College, einer privaten Hochschule für Frauen etwa 15 Meilen nördlich von Manhattan. Während des Zweiten Weltkriegs bat das Substitute Alloys Material Laboratory an der Columbia University darum, Goeppert Mayer von ihrer Tätigkeit als Dozentin freizustellen, um mit photochemischen Untersuchungen das Manhattan-Projekt zu unterstützen [6]. Die

persönlichen Herausforderungen, denen sich Goeppert Mayer bei der Verfolgung ihrer akademischen Ziele und dem Balanceakt ihres Familienlebens stellen musste, sind in einem Brief an die Präsidentin des Colleges von 1944 erkennbar: „Meine eigenen Wünsche sind mir schon seit einiger Zeit sehr klar geworden. [...] Zum einen ist es ziemlich anstrengend, mindestens 40 Stunden pro Woche im Labor zu verbringen und dabei zwei Kinder zu haben.“

Goeppert Mayers eigene akademische Laufbahn entwickelte sich weiter, als sie 1946 eine Stelle als „freiwillige“ Professorin an der Universität Chicago und eine Teilzeitstelle als Forscherin am National Argonne Laboratory erhielt. Mit diesem Schritt folgte sie erneut dem Weg ihres Mannes und erarbeitete sich ein neues wissenschaftliches Feld, die Physik der Atomkerne. Im Jahr 1948 begann sie mit ihren Forschungen zur Theorie der magischen Zahlen und des Schalenmodells, die ausschlaggebend für die Verleihung des Nobelpreises für Physik im Jahr 1963 waren.

Kurz nach ihrer Berufung zur ordentlichen Professorin an der Universität San Diego im Jahr 1960 – im Alter von 54 Jahren – erlitt sie einen Schlaganfall, der ihre Gesundheit fortan stark beeinträchtigte. Ungeachtet der körperlichen Einschränkungen setzte sie ihre Forschungs- und Lehrtätigkeiten bis zu ihrem Tod im Jahr 1972 fort. Maria Goeppert Mayer, eine Pionierin der Physik auf vielen Gebieten, darunter auch in der frühen Quantenmechanik, blieb nach Marie Skłodowska Curie über ein halbes Jahrhundert lang die einzige Physik-Nobelpreisträgerin, bis 2018 Donna Strickland den Preis erhielt.

Literatur

- [1] M. Goeppert-Mayer, *Annalen der Physik* **401**, 273 (1931)
- [2] B. Masters, *The Origins of Maria Göppert's Dissertation on Two-Photon Quantum Transitions at Göttingen's Institutes of Physics 1920 – 1933*, in: *Traditions and Transformations in the History of Quantum Physics*, MPG, Berlin 2013, <https://tinyurl.com/2hyzeu7u>
- [3] W. Kaiser und C. Garrett, *Phys. Rev. Lett.* **7**, 229 (1961)
- [4] J. Dash, *A Life of One's Own: Three Gifted Women and the Men They Married*, Harper & Row, New York 1973
- [5] Zur kritischen Diskussion des Begriffs: N. Frey, *Vierteljahrshefte f. Zeitgesch.* **31** (1), 136 (1983)
- [6] Maria Goeppert Mayer: Revisiting Science at Sarah Lawrence College: www.sarahlawrence.edu/archives/exhibits/maria-goepert-mayer-exhibit/

Der Autor

Johannes-Geert Hagmann

(FV Geschichte der Physik, FV Didaktik der Physik) leitet seit 2016 die Hauptabteilung Technik im Deutschen Museum München. Er hat die aktuelle Sonderausstellung „Licht und Materie“ zur Quantenoptik mitkonzipiert und kuratiert. Derzeit ist er kommissarischer Bereichsleiter für Forschung-Archiv-Bibliothek.



Dr. Johannes-Geert Hagmann, Deutsches Museum, Museumsinsel 1, 80538 München