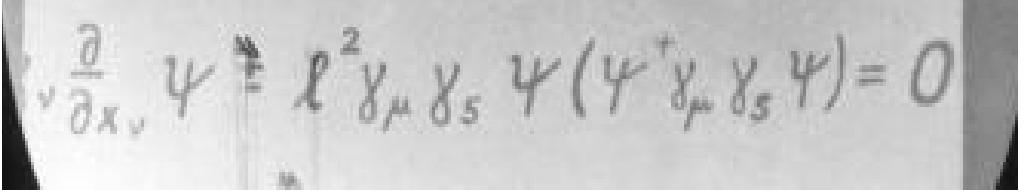


FEBRUAR 2018



## Heisenberg und die Suche nach einer endgültigen Theorie

Von Alexander Blum

1916 wies Albert Einstein zum ersten Mal auf die Notwendigkeit hin, seine kurz zuvor entworfene allgemeine Relativitätstheorie mit der sich entwickelnden Quantentheorie zu vereinigen. 100 Jahre später ist diese Aufgabe immer noch nicht gelöst, und das Bestreben, eine Theorie der „Quantengravitation“ (unter diesem Namen wurde eine solche hypothetische Verbindung bekannt) zu konstruieren, ist gleichbedeutend mit der Suche der Physik nach einer endgültigen grundlegenden Theorie geworden. 2018 hat die von Alexander Blum gegründete neue Max-Planck-Forschungsgruppe *Historical Epistemology of the Final Theory Program* (Historische Epistemologie des Projekts einer endgültigen Theorie) ihre Arbeit aufgenommen, die diese jahrhundertlange Suche mit den Methoden der historischen Epistemologie untersuchen und auswerten wird.

Am 25. April 1958 präsentierte Werner Heisenberg in der Westberliner Kongresshalle im Rahmen der Feierlichkeiten zum hundertsten Geburtstag von Max Planck seinen jüngsten Durchbruch in der von ihm so genannten nichtlinearen Spinortheorie, die bereits als seine „Weltformel“ bezeichnet wurde (siehe Abb. 1). Diese Theorie sollte – ausgehend von nur einem Grundbestandteil der Materie und nur einer zentralen Gleichung – die mannigfaltigen beobachteten mikroskopischen Teilchen und Wechselwirkungen sowie alles, was aus ihnen konstruiert werden kann, das heißt die gesamte

makroskopische physikalische Welt, erklären. Sie sollte eine „endgültige Theorie“ sein. Seine Rede war der Höhepunkt einer Reihe von Vorträgen, die vor allem in Deutschland, aber auch international große Resonanz in der Presse fanden. In amerikanischen Lokalzeitungen wurde eine lautschriftliche Version von Heisenbergs Formel abgedruckt (Abb. 2), und Heisenberg erhielt überschwängliche Briefe von Bewunderern, die erwarteten, dass diese „entscheidende Erfindung das Schicksal der Menschheit bestimmen werde“. Die Reaktion von Heisenbergs Physikerkolle-

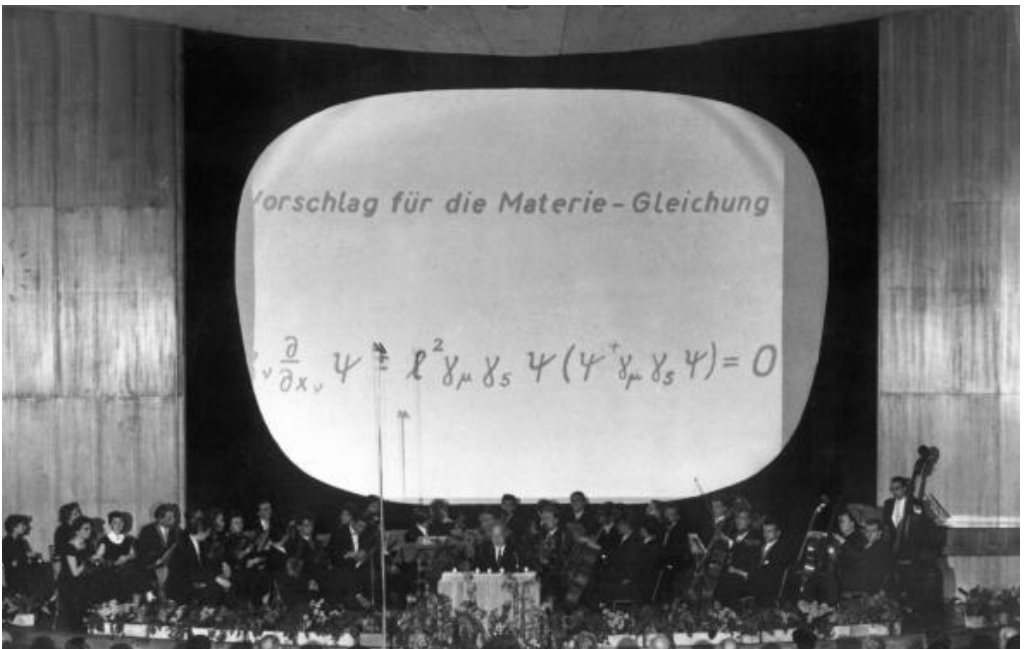


Abb. 1: Werner Heisenberg präsentiert seine „Weltformel“ auf der Hundertjahrfeier zu Ehren Max Plancks in Westberlin, 1958. Quelle: DPA.

gen war weniger enthusiastisch. Man hielt seine Theorie nicht für geeignet, um gesicherte mikroskopische Phänomene zu reproduzieren, und noch nicht einmal für mathematisch konsistent. Trotz größter Anstrengung gelang es Heisenberg nicht, die Zweifler vom Gegenteil zu überzeugen. Er widerrief seine Aussagen nie und ruderte auch nicht zurück, sondern verfolgte mit einer Handvoll Mitarbeiter weiter seine Theorie. Doch präsentierte er sie nicht mehr als die große neue Entdeckung vor einem größeren Publikum, und die Öffentlichkeit hörte in der Folge kaum mehr etwas über die weitere Entwicklung seiner Theorie.

Die Geschichte des Heisenberg'schen Fiascos wurde bereits erzählt. Manche spotten über den Sturz des großen Entdeckers der Quantenmechanik, der zuerst am Bau einer Atombombe für die Nazis scheiterte und dann ebenso an

seinem Versuch eines großartigen faustischen Comebacks. Andere versuchen ihn zu verteidigen und machen geltend, dass Heisenberg die Reaktion der Medien nicht vorhergesehen habe und einfach ungeschickt in seiner Wortwahl gewesen sei, als er eine Idee präsentierte, die von ihrer Vollendung weit entfernt war. Wieder andere bedauern das, was der Physiker Freeman Dyson mit dem „Tod eines erhabenen Tieres“ verglich.

Allen diesen Lesarten gemeinsam ist, dass sie die Gründe für Heisenbergs Scheitern in persönlichen Unzulänglichkeiten suchen – seiner Hybris, seiner Naivität oder seinem Alter. Eine der wichtigsten Aufgaben der Wissenschaftsgeschichte ist es, über solche biografischen Lesarten hinauszugehen und zu fragen: Wie war das möglich? Wie konnte einer der wichtigsten

Wissenschaftler des zwanzigsten Jahrhunderts sich selbst in dem Glauben an eine Theorie täuschen, die nach allem, was man (von fachkundiger Seite) hörte, falsche Ergebnisse lieferte – wenn sie überhaupt zu Ergebnissen führte.

Dies wäre auch dann eine interessante Frage, wenn Heisenberg der Einzige wäre, der sich an einer endgültigen Theorie versucht hätte. Doch die Suche nach einer solchen Theorie wurde in der modernen Physik zu einem wiederkehrenden Motiv, von Albert Einsteins Ablehnung der Quantenmechanik zugunsten der Suche nach einer einheitlichen Feldtheorie bis hin zu heutigen Versuchen, eine endgültige physikalische Theorie zu konstruieren, etwa mit der Stringtheorie, dem bekanntesten Beispiel. In jedem Fall gab und gibt es starke Widerstände von anderen Teilen der Physiker-Gemeinschaft, die die Tragfähigkeit der verfolgten An-

sätze infrage stellen oder sogar die grundsätzliche Möglichkeit einer solchen endgültigen Theorie bestreiten.

Im Februar 2018 hat die neue Forschungsgruppe *Historical Epistemology of the Final Theory Program* ihre Arbeit am MPIWG begonnen. Sie wird die Geschichte dieser Suche erforschen, von Heisenbergs Scheitern bis zur zeitgenössischen Forschung. In den letzten Jahrzehnten ist die Suche nach einer endgültigen Theorie gleichbedeutend mit dem Versuch geworden, eine Theorie zu konstruieren, die die beiden revolutionären Theorien des frühen zwanzigsten Jahrhunderts, die allgemeine Relativitätstheorie und die Quantentheorie, in einem einheitlichen Rahmen vereinigt, der unter dem Arbeitstitel Quantengravitation diskutiert wird. Es gibt Gründe für die Annahme, dass ein solcher einheitlicher Rahmen tatsächlich in der Lage wäre, zumindest prinzipiell alle bekannten physikalischen Phänomene einzuschließen. Quantengravitation ist ein aktives Forschungsfeld des Max-Planck-Instituts für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut), und die neue Forschungsgruppe wird daher in engem Kontakt mit den Physikerinnen und Physikern dieses Instituts arbeiten.

Verglichen mit der modernen Stringtheorie, die über mehrere Jahrzehnte von vielen Physikern weltweit verfolgt wurde, erscheinen Heisenbergs frühe Versuche ziemlich lächerlich. Doch Heisenbergs Weltformel ist insofern eine wertvolle Fallstudie, als sie einige der zentralen Herausforderungen deutlich macht, denen sich das Projekt einer endgültigen Theorie in der zweiten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts gegenüber sah.

Wenn man sich zum Beispiel fragt, wie Heisenberg an eine Theorie glauben konnte, die nicht



Abb. 2: Artikel im Long Beach Independent über Heisenbergs Theorie. Quelle: Long Beach Independent, Californien, USA 1958.

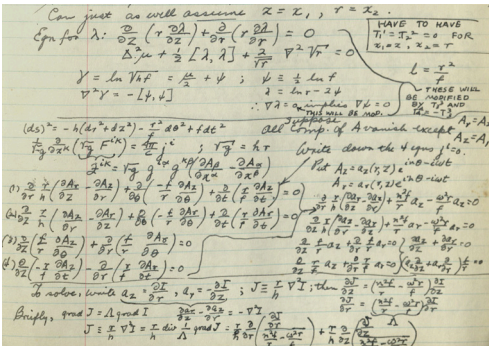


Abb. 3: Beispielrechnungen. John Archibald Wheeler Papers, Series V. Notes and Notebooks, Volume 40 (Relativity Notebook #2, 1953-1954). American Philosophical Society, Philadelphia.

in der Lage war, allgemein bekannte Erscheinungen zu reproduzieren, muss man sehen, dass es durchaus nicht trivial ist, aus modernen mikroskopischen physikalischen Theorien (Quantenfeldtheorien) Ergebnisse zu extrahieren, und allgemein nur möglich, indem man mehr oder weniger zuverlässige Näherungsmethoden verwendet. Sobald man sich außerhalb des Gültigkeitsbereichs dieser Näherungsmethoden bewegt, beginnt das Reich der Vermutungen, und Physiker können tatsächlich verschiedener Ansicht darüber sein, was eine bestimmte Theorie über die Welt aussagt – wie es auch bei Heisenbergs Weltformel der Fall war.

Doch wie konnte Heisenberg überhaupt eine Theorie konstruieren, wenn der Zusammenhang mit empirischen Daten so dürftig war, dass diese kaum Hinweise auf die Struktur der Theorie liefern konnten? Weil die Theoriebil-

dung zu dieser Zeit so stark durch den zugrunde liegenden mathematischen Formalismus von Quantentheorie und Einsteins Relativitätstheorie (in diesem Fall der speziellen Relativitätstheorie) beschränkt war, dass nur zwei oder drei weitere Annahmen nötig waren, um einen eindeutigen Satz grundlegender Gleichungen zu erhalten. In Heisenbergs Fall war die zentrale zusätzliche Annahme, dass es nur einen einzigen grundlegenden Bestandteil von Materie gibt, aus dem sich alle bekannten Teilchen konstruieren lassen.

Dieser Komplex von Theorien, die ohne empirische Daten konstruiert werden können, dann aber umgekehrt Schwierigkeiten haben, empirische Ergebnisse zu liefern, ist eine neue, eher historische Sichtweise auf das, was Wissenschaftsphilosophen als Postempirizismus bezeichnet haben. Eines der zentralen Ziele der neuen Forschungsgruppe ist es, seine historische Genese und seine tatsächliche Rolle in der Entwicklung des Projekts einer endgültigen Theorie zu verstehen. Dies wird uns nicht nur helfen zu begreifen, wie sich Heisenberg dermaßen irren konnte, sondern auch neue Denkansätze für die Herausforderungen liefern, vor denen Physiker heute auf der Suche nach der endgültigen Theorie stehen.

Alexander Blum (ablum@mpiwg-berlin.mpg.de) ist Leiter der Max-Planck-Forschungsgruppe *Historical Epistemology of the Final Theory Program*.

Eine zusätzliche Version ist mit weiteren Forschungsthemen auf der Institutswebsite zugänglich ([/de/forschungsthemen](http://de/forschungsthemen)).