

„Leider sind aber auch einige Unrichtigkeiten zu verzeichnen“

Zwei Briefe Albert Einsteins an Karl Popper

erläutert von

Gebhard Grübl

Institut für Theoretische Physik der Universität Innsbruck

Vortrag vom 27. September 2017 an der Alpen-Adria Universität Klagenfurt

anlässlich der Eröffnung der 11. Ausstellung aus der Reihe „Kostbarkeiten aus der Bibliothek“

Die an Karl Popper gerichteten handschriftlichen Briefe Albert Einsteins aus dem Jahr 1935, die sich in Poppers Nachlass fanden, gehören zweifellos zu den Kostbarkeiten der Bibliothek der Alpen-Adria-Universität Klagenfurt. Sie dokumentieren neben Einsteins Zustimmung zu einigen philosophischen Positionen Poppers vor allem die mühevollen Debatten um eine der großen wissenschaftlichen Umwälzungen des 20. Jahrhunderts. Es sind dies die Debatten um eine Fortentwicklung von Newtons Mechanik großer Körper in eine Mechanik von Atomen und deren Bausteinen, die sogenannte Quantenmechanik. Vor welchem wissenschaftsgeschichtlichen Hintergrund stehen Einsteins Briefe? Wie kam es, dass Umwälzungen im Bereich der theoretischen Physik die Philosophie beschäftigten?

Im Herbst 1934 war die erste Auflage von Karl Poppers ‚Logik der Forschung‘ in Wien erschienen. Einige Kapitel waren der in den Jahren 1925-26 entstandenen Quantenmechanik gewidmet, wobei sich Poppers Interesse an der Tatsache entzündet hatte, dass diese Theorie ihre Schöpfer selbst in Erklärungsnot brachte, was sie denn nun eigentlich genau bedeute. Die Quantenmechanik hatte - als aussichtsreichste Kandidatin einer Atommechanik - neben den bewusst gesuchten neuen Naturgesetzen nämlich mathematische Begleitstrukturen ins Spiel gebracht, die niemand ‚bestellt‘ hatte. Daraus erwuchs die Frage: Welche Teile der materiellen Wirklichkeit stellen diese neuen, gleichsam vom Himmel gefallenen Strukturen, wie etwa Schrödingers Wellenfunktion, dar?

Um die Suche nach Antworten auf derlei Fragen kreisen die beiden Briefe Einsteins. Sie sind geprägt von der Schwierigkeit, über die neuen Kategorien mithilfe der alten, anschaulich wohlverankerten zu denken. Albert Einstein, seit Dezember 1932 in Princeton, hatte offenbar ein Exemplar der ‚Logik der Forschung‘ in die Hände bekommen. Er brachte daraufhin in einem an Popper gerichteten Brief vom 15. Juni 1935 Zustimmung aber auch so manchen Dissens zum Ausdruck. Dem damals zweiunddreißigjährigen Popper muss es als Ritterschlag erschienen sein, dass der um gut 23 Jahre ältere weltberühmte Einstein sich an ihn, einen noch nahezu Unbekannten, wandte.

Einsteins Zustimmung bezieht sich auf einige allgemeine philosophische Positionen Poppers, wie etwa dessen Kritik an der Vorstellung, dass Erkenntnis nach einer ‚induktiven Methode‘ gleichsam automatisch und zwangsläufig mit dem sich akkumulierenden menschlichen Erfahrungsschatz anwachse. Diese Vorstellung ignoriert nämlich die Unsicherheit jedes Naturerkennens, die aus dem Spielraum für Kreativität bei der Deutung von Beobachtungen erwächst. Demgemäß stimmte Einstein mit Popper auch in der Meinung überein, dass naturwissenschaftliche Theorien nicht beweis-

bar, sondern lediglich widerlegbar seien. (Heute hält man auch die eindeutige Widerlegbarkeit für illusorisch.)

Wichtiger waren für Popper wohl jene Passagen in Einsteins Briefen, die seinen Meinungen entgegenstanden. (*„Leider sind aber auch Unrichtigkeiten zu verzeichnen“*) Popper hatte etwa ein Gedankenexperiment beschrieben, von dem er dachte, dass es Heisenbergs physikalische Interpretation der Unschärferelationen zwischen Ort und Geschwindigkeit eines Teilchens widerlegen würde. Einstein widersprach im ersten Brief mit einer knappen Andeutung, warum Poppers Gedankenexperiment undurchführbar sei. Popper konnte Einsteins zugespitzte Argumentation nicht begreifen, weshalb Einstein in einem zweiten Brief vom 11. September 1935, in Reaktion auf ein zwischenzeitliches Antwortschreiben Poppers, mit großer Geduld nochmals und weitaus umfangreicher auf das Gedankenexperiment einging. Dieser zweite Brief konnte Popper schließlich überzeugen und veranlasste ihn, die entsprechende Passage seines Buches in späteren Auflagen kritisch zu kommentieren.

Einen weiteren Widerspruch Einsteins löste die folgende Behauptung Poppers aus: *„Häufigkeitsaussagen können nie aus Präzisionsaussagen abgeleitet werden“*. Einstein hielt die klassische statistische Mechanik für die wandelnde Widerlegung dieser These. Zu Recht aber beharrte Popper auf seiner These, weil er sie so verstanden wissen wollte, dass eine deterministische Theorie ohne jegliche Wahrscheinlichkeitshypothesen keine Wahrscheinlichkeitsaussagen nach sich ziehen könne. Die klassische statistische Mechanik ist nämlich eine deterministische Theorie, die um Wahrscheinlichkeitshypothesen erweitert ist. Und diese Hypothesen bleiben Hypothesen, wenn sie auch noch so naheliegend und plausibel erscheinen mögen, und sie folgen jedenfalls nicht aus dem Regelwerk der Mechanik. Poppers Argument ist also ein rein logisches und Einstein hatte vielleicht die Wahrscheinlichkeitshypothesen der statistischen Physik nicht als solche erkannt, weil die moderne mathematische Theorie der Wahrscheinlichkeit in ihrer bewusstseinsweiternden Allgemeinheit gerade erst im Entstehen war.

Einen guten Teil von Einsteins Brief 2 nimmt eine Zusammenfassung einer im Mai 1935 publizierten Arbeit ein, die Einstein zusammen mit Boris Podolsky und Nathan Rosen eben erst verfasst hatte. In ihr wurde dargelegt, warum die quantenmechanische Beschreibung eines Atoms oder Elektrons durch eine Wellenfunktion nicht vollständig sein könne. Einstein drückt in Brief 2 auch seine Überzeugung aus, dass eine Wellenfunktion nicht den Zustand eines einzelnen Atoms, sondern lediglich den einer großen Anzahl gleichartiger Atome, einer sogenannten ‚Gesamtheit‘ wiedergebe. Mit dieser Ansicht befand sich Einstein im eklatanten Widerspruch zur Kopenhagener Schule von Niels Bohr, welche die Deutungshoheit über die neue Mechanik erlangt hatte.

Dies führt uns zur Frage, wie es überhaupt möglich war, dass eine Atommechanik entwickelt werden konnte, ohne eine klare Vorstellung davon zu haben, welche Strukturen der materiellen Wirklichkeit durch die grundlegenden gedanklichen Konstrukte der Theorie repräsentiert werden. Meines Erachtens erscheint dies auch heute noch als unglaublicher Glücksfall.

Eine der Schwierigkeiten, welche die klassische Physik mit Atomen hatte, war die Tatsache, dass nach klassisch physikalischer Theorie gar keine Atome, wie wir sie zu kennen glauben, existieren können. Vielmehr müsste alle Materie unter Aussendung von Röntgenstrahlung in energieärmere, weitaus dichtere Materie kollabieren. Die aber tatsächlich vorliegende Stabilität der unverstänglich großen Atome erklärte sich erstmals aus Schrödingers Behandlung eines Wasserstoffatoms mit einer Gleichung, die so etwas wie eine schwingungsfähige elastische Kugel zu beschreiben scheint. Die Gleichung wurde von Schrödinger um 1925-6 letztlich erraten. Bemerkenswerterweise liefert sie genau

die Frequenzen jener elektromagnetischen Strahlung, welche von heißem (atomarem) Wasserstoffgas ausgeht. Damit war zweifellos eine erstaunliche, wenn auch nur teilweise Anbindung völlig neuer Mathematik an die Wirklichkeit hergestellt. Was aber repräsentiert die ‚unbestellte‘ Wellenfunktion, von der Schrödingers Gleichung spricht?

Hier trug ein gewisses Eigenleben physikalischer Theorien Früchte. Die mathematische Logik der Gleichungen schränkte die Freiheit bei der Anbindung der Theorie an die Realität erheblich ein, und bei der Suche nach einer Rolle für die Wellenfunktion bestätigte sich, was Heinrich Hertz schon im Zusammenhang mit Maxwells Gleichungen im Bereich der Elektrizitätslehre notiert hatte: *One cannot escape the feeling that these mathematical formulae have an independent existence and an intelligence of their own, that they are wiser than we are, wiser even than their discoverers, that we get more out of them than was originally put into them.* (Capri, p 108.)

Die Wellenfunktion wurde schon bald nach ihrer Entstehung als eine Art situationsabhängiges Universalregister zur Berechnung vieler möglicher Arten von Wahrscheinlichkeiten erkannt. Diese wurden als Wahrscheinlichkeiten von Ereignissen gedeutet, welche ein Mikrosystem in einem makroskopischen Verstärker auslösen kann, der dieses für unser grobes menschliches Sensorium wahrnehmbar macht. Damit aber war es aufgegeben worden, den Mikrosystemen selbst Eigenschaften zuzuordnen. Zweifel an einer unabhängigen Realität von Eigenschaften mikroskopischer Systeme wurden ernst genommen und geradezu kultiviert. Real seien nur makroskopische Manifestationen von Mikrosystemen. Mit solchem Minimalismus aber konnten sich weder Einstein und Schrödinger noch Popper anfreunden. Sie empfanden es als logischen Bruch, nur Makrosystemen Eigenschaften zuzuweisen, dabei aber nicht sagen zu können, wo genau der makroskopische Bereich aufhöre und der mikroskopische beginne.

In einer kurzen Passage von Brief 2 bekundet Einstein sein Missfallen an der Kopenhagener Doktrin, dass nur ein beobachtetes Mikrosystem ‚real‘ sei. Hier sieht Einstein sich im Einklang mit Popper und formuliert: *Mir gefällt das ganze modische „positivistische“ Kleben am Beobachtbaren überhaupt nicht.* Die Ironie daran ist, dass die damals jüngere Generation von Quantenphysikern, wie etwa Heisenberg, sich in ihrer positivistischen Attitüde auf Einstein berief: Einstein habe ja den unbeobachtbaren Äther aus dem Formelwerk der Elektrodynamik erfolgreich vertrieben und gerade dadurch zur Relativitätstheorie gefunden. Einstein konterte sarkastisch: *I may have used such a principle once upon a time, but it is wrong. It is like a joke which may be good once, but it is usually not good the second time.* (Capri, p 137.)

Wellenfunktionen eröffneten jedenfalls zweifellos die Möglichkeit, Vorgänge quantitativ und in feinstem Detail zu verstehen, welche sowohl Licht als auch Atome und deren Bausteine in manchen Situationen als körnige Teilchen und in anderen als wellenartiges Etwas erscheinen lassen. Kurz vor der Entstehung der neuen Quantenmechanik hatte einer der Protagonisten, W L Bragg, noch verzweifelt gewitzelt: *God runs electromagnetics on Monday, Wednesday and Friday by the wave theory, and the devil runs it by quantum theory on Tuesday, Thursday, and Saturday.* (Capri, p 113.) Von ihm stammt auch die Einschätzung: *The important thing in science is not so much to obtain new facts as to discover new ways of thinking about them.* (Capri, p 113.) Genau dies hatte die Quantenmechanik begonnen, und genau darin dürfte ihre Ausstrahlung auf die Philosophie begründet sein.

Heute herrscht jedoch keineswegs einhellige Erwartung dahingehend vor, dass das neue Denken der Quantenmechanik, so wie jenes der Mechanik, Jahrhunderte überdauern können. Und es ist gerade die Arbeit von Einstein, Podolsky und Rosen, in Brief 2 in fantastischer Prägnanz zusammengefasst, welche für zunehmende Irritation und Kontroverse sorgt, indem sie Zweifel an der logischen Vereinbarkeit von Quanten- und Relativitätstheorie nährt. John Bell, der die EPR-Arbeit um 1964 zu einem Nonlocality Theorem zugespitzt hatte, räsionierte um 1990: *Quantum Theory carries the seeds of its own destruction*. Dennoch wird wohl sie es sein, aus der eines Tages eine neue, bessere Theorie hervorgehen wird.

Literatur: A Z Capri: *Quips, Quotes and Quanta – an Anecdotal History of Physics*, 2nd Edition, World Scientific, New Jersey, 2011