

## Vorwort des Herausgebers

Der vorliegende dritte Band der Reihe „Quanten“ enthält eine Besonderheit: neben den beiden Vorträgen von Harald Lesch und Karl Jakobs bei der Mitgliederversammlung haben wir eine Rede von Werner Heisenberg aufgenommen, die er im Jahre 1974 im Einstein-Haus in Ulm gehalten hat. Sie beleuchtet die Beziehung zwischen den beiden grundlegenden physikalischen Theorien des 20. Jahrhunderts, Einsteins allgemeiner Relativitätstheorie von 1916 und Heisenbergs Quantenmechanik von 1925. Die Relativitätstheorie ist eine klassische Theorie mit deterministischem Charakter, die die Gravitation und die Entwicklung des Universums im großen Maßstab beschreibt. Die Quantenmechanik dagegen befasst sich mit den Eigenschaften der Atome und der elementaren Bausteine der Materie. Sie erfordert neue Konzepte, die über die klassische Physik hinausgehen, und kann über die elementaren Vorgänge nur Wahrscheinlichkeitsaussagen machen. Einstein akzeptierte diesen Teil der Quantenmechanik nicht, er meinte, jede The-

orie müsse deterministische Vorhersagen machen. Berühmt ist seine These „Gott würfeln nicht“. In Heisenbergs Vortrag wird deutlich, wie dieses Thema die Gespräche der beiden von Anfang an bis zur letzten Begegnung nach dem Krieg 1954 in Princeton beherrscht hat. Die Quantenmechanik und die Unbestimmtheitsrelationen Heisenbergs haben sich trotz Einsteins Skepsis bis heute durchgesetzt.

Der Vortrag von Harald Lesch widmet sich der Frage, wie sich das Verhältnis zwischen Relativitätstheorie und Quantenmechanik bei der Kosmologie auswirkt, d. h. welche Rolle die Quantenmechanik bei der Entwicklung des Universums spielt.

Im zweiten Vortrag schildert Karl Jakobs, einer der führenden Wissenschaftler beim ATLAS-Experiment am CERN, die Entdeckung des Higgs-Bosons. Er beschreibt die Bedeutung dieses neuen Teilchens für die Theorie der elementaren Bausteine der Materie.

Im Februar 2015

KONRAD KLEINKNECHT  
VORSITZENDER DER HEISENBERG-GESELLSCHAFT

## Begegnungen und Gespräche mit Albert Einstein

*Vortrag im Einstein-Haus in Ulm am 27.6.1974*

*Abgedruckt mit freundlicher Genehmigung der Familie Heisenberg*

Die Stadt Ulm, in der Albert Einstein geboren ist, und das Einstein-Haus der Ulmer Volkshochschule sind sicher geeignete Örtlichkeiten, um über Begegnungen und Gespräche mit Einstein zu berichten. Dabei soll sich das Wort „Begegnungen“ nicht nur auf das persönliche Zusammentreffen beziehen, sondern es soll sich auch um Begegnungen mit dem Werk Einsteins handeln, und solche Begegnungen haben in meinem Leben schon früh eine Rolle gespielt.

Lassen Sie mich also mit dem frühesten Ereignis dieser Art, an das ich mich erinnern kann, beginnen. Ich war damals 15 Jahre alt, war Schüler des Max-Gymnasiums in München und hatte großes Interesse für mathematische Fragen. Eines Tages geriet mir ein dünnes Bändchen einer Sammlung wissenschaftlicher Monographien in die Hand, in dem Einstein seine spezielle Relativitätstheorie in populärer Form dargestellt hatte. Den Namen Einstein hatte ich gelegentlich in der Zeitung gelesen, auch hatte ich von der Relativitätstheorie gehört und dabei er-

fahren, dass sie außerordentlich schwer zu verstehen sei. Das reizte mich natürlich besonders, und so versuchte ich, sehr gründlich in diese kleine Schrift einzudringen. Nach einiger Zeit glaubte ich, die Mathematik voll verstanden zu haben – es handelt sich ja im Grunde nur um einen besonders einfachen Fall der Lorentz-Transformation –, aber ich merkte bald, dass die eigentlichen Schwierigkeiten dieser Theorie woanders lagen. Da wurde gefordert anzuerkennen, dass der Begriff der Gleichzeitigkeit problematisch sei und dass schließlich die Frage, ob zwei Ereignisse an verschiedenen Orten gleichzeitig seien, vom Bewegungszustand des Beobachters abhingen. Es fiel mir außerordentlich schwer, mich in diese Problematik hineinzudenken, und auch die Tatsache, dass Einstein seinen Text gelegentlich mit Zwischenanreden, wie etwa „Lieber Leser“, gewürzt hatte, erleichterten das Verständnis keineswegs. Was für mich übrig blieb, war immerhin ein deutliches Gefühl dafür, wohin Einstein wollte, und die Einsicht, dass Einsteins Behauptungen offenbar keine inneren Widersprüche enthielten; schließlich natürlich der brennende Wunsch später tiefer in die Relativitätstheorie einzudringen. Ich nahm mir also für mein weiteres Universitätsstudium vor, jedenfalls Vorlesungen über Einsteins Relativitätstheorie anzuhören.

So wurde mein ursprünglicher Wunsch, Mathematik zu studieren, unmerklich umgelenkt in Richtung auf die theoretische Physik, von der ich damals noch kaum wusste, wovon sie eigentlich handelt. Aber ich hatte das große Glück, bei Beginn des Studiums an einen ausgezeichneten Lehrer zu geraten, Arnold Sommerfeld in München, und die Tatsache, dass Sommerfeld die Relativitätstheorie mit Begeisterung vertrat und außerdem mit Einstein in engem persönlichen Kontakt stand, schuf die besten Voraussetzungen dafür, dass ich in diesem neuen Wissenschaftsgebiet in alle Einzelheiten eingeweiht wurde. Es geschah nicht selten, dass Sommerfeld im Seminar Briefe vorlas, die er kurz vorher von Einstein bekommen hatte, und dass nun das ganze Seminar aufgefordert war, Einsteins Text zu verste-

hen und zu interpretieren. An solche Diskussionen erinnere ich mich auch heute noch mit großer Freude, und ich hatte schließlich das Gefühl, aus Sommerfelds Äußerungen Einstein auch beinahe persönlich schon ein wenig zu kennen, obwohl ich ihn ja nie gesehen hatte. Bevor ich nun von meinem ersten, allerdings missglückten Versuch berichte, Einstein persönlich kennenzulernen, muss noch von einem anderen Wissensgebiet berichtet werden, das mich damals in seinen Bann zog und in dem der Name Einstein auch eine wichtige Rolle spielt.

Das zentrale Interesse meines Lehrers Sommerfeld galt, auch in seiner eigenen Forschungsarbeit, der Atomtheorie; genauer gesagt jener Verwendung von Quantentheorie und Atomvorstellung, mit der Niels Bohr 1913 den entscheidenden Schritt in die moderne Atomphysik getan hatte. Sommerfelds Vorlesungen und Seminare über diesen Gegenstand habe ich vom ersten Tage meines Studiums an besucht, obwohl ich die Voraussetzungen dafür sicher noch nicht mitbrachte. Aber die Faszination, die von Sommerfelds leidenschaftlichem Interesse für diese Fragen ausging, entschädigte für manche Enttäuschung, die entstand, wenn das Bemühen um Verständnis noch ergebnislos blieb. In diesem Zusammenhang war viel von Einsteins Lichtquantenhypothese die Rede, und ich muss erklären, worum es sich dabei handelt. Wir lernten in Sommerfelds Kursusvorlesung zunächst die traditionelle Auffassung, die seit Maxwell allgemein anerkannt wurde, dass Licht als eine elektromagnetische Wellenbewegung gedeutet werden könne, dass es sich von den Radiowellen auf der einen, von den Röntgenstrahlen auf der anderen Seite nur durch seine Wellenlänge unterscheidet. Demgegenüber hatte Einstein im Zusammenhang mit der Planckschen Quantentheorie und aufgrund bestimmter Experimente über den fotoelektrischen Effekt die Hypothese aufgestellt, dass Licht aus sehr kleinen Energiequanten, den Lichtquanten, bestünde, dass also ein Lichtstrahl mit einem Hagel von vielen kleinen Geschossen verglichen werden könne. Diese beiden Auffassungen waren so radikal verschieden, dass ich mir auf

Sommerfelds Versicherung, die beiden Vorstellungen schienen einen gewissen Wahrheitsgehalt zu besitzen, überhaupt keinen Vers machen konnte. Wieder war Einstein mit einer Behauptung aufgetreten, die ganz grundlegende Aussagen der früheren Physik infrage stellte; aber diesmal fehlte auch der Nachweis, dass die neue Auffassung nicht zu inneren Widersprüchen führte. Im Gegenteil: die so oft beobachteten und studierten Interferenzerscheinungen schienen in unüberbrückbarem Gegensatz zur Lichtquantenhypothese zu stehen. Aber es gab ja in der Atomphysik noch mehr solche unauflösbaren Widersprüche. Nach Bohr bestand das Atom aus einem relativ schweren Atomkern, der von Elektronen umlaufen wird, so wie die Sonne von Planeten umkreist wird. Auf dieses Planetensystem wurden die gleichen mechanischen Gesetze angewendet wie in der Astronomie, nämlich die Gesetze der Newtonschen Mechanik. Gleichzeitig aber wurde behauptet, dass es nur ganz bestimmte Bahnen der Elektronen geben könne, die durch Quantenbedingungen ausgezeichnet seien. Diese Aussage stand im Widerspruch zur Newtonschen Mechanik, da ja nach dieser eine äußere Störung eine Quantenbahn leicht in eine quantentheoretisch nicht zulässige Bahn überführen konnte. In Wirklichkeit aber wurde, so schien es, z. B. durch eine äußere Lichtstrahlung, das Elektron un stetig von einer Quantenbahn in eine andere gehoben. Auch an dieser Stelle griff Einstein mit seiner Lichtquantenhypothese ein; er hielt den Prozess der Aussendung oder der Absorption von Licht für einen statistischen Vorgang, bei dem mit einer gewissen Häufigkeit Lichtquanten vom Atom ausgestoßen oder von ihm eingefangen werden. Die Häufigkeiten für diese Vorgänge wurden durch sogenannte Übergangswahrscheinlichkeiten bestimmt, und es war Einstein in einer berühmten Arbeit aus dem Jahr 1918 gelungen, aus dieser Vorstellung das Plancksche Gesetz der Wärmestrahlung herzuleiten.

So stieß ich also in den ersten Jahren meines Studiums, in denen ich versuchte, tiefer in die damals moderne Physik einzudringen, immer wieder auf Einsteins Namen und Werk,