

Lothar Kolditz

Albert Einstein in Berlin

Schlusswort

Das Motto unseres Kolloquiums „Albert Einstein in Berlin“ ließ zunächst Anektodisches und historische Erinnerungen vermuten, was auch zur Geltung kam. Der Untertitel „Wissenschaftliches Kolloquium“ weist auf den Grundinhalt hin, nämlich Erörterung von Einsteins wissenschaftlichem Werk und weiteres Nachdenken darüber, das Ganze in dem Versuch, Werk und Persönlichkeit zu behandeln.

Einsteins politisches Denken, sein Friedensengagement, auf das Herbert Hörz und Dieter B. Herrmann hingewiesen haben und auf das im letzten Teil des Kolloquiums in den Referaten von Mario Kessler, Viktor Mairanowski, Helmut Moritz und Ekkehard Sieker ausführlich eingegangen wurde, ist wohl einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich und verständlich als seine wissenschaftlichen Gedankengänge. Viktor Mairanowski hat auch die jüdische Herkunft Albert Einsteins und dessen Einstellung dazu – „meine Zugehörigkeit zu diesem Volk ist ein Geschenk des Schicksals“ – beleuchtet.

Bei der Erörterung der wissenschaftlichen Gedankengänge ist es zur Gewinnung eines umfassenderen Bildes wichtig, nicht allein die Spezielle und die Allgemeine Relativitätstheorie zu betrachten, sondern auch die Gedankentiefe anderer Überlegungen einzubeziehen, wie die Ausführungen zur Brownschen Bewegung (Werner Ebeling) oder zu Teetassen-Zyklonen und Flussmäander (Karl-Heinz Bernhardt).

Die Beziehung zu Planck, illustriert durch Hans-Jürgen Treders Ausführungen – „Gott würfelt nicht“ sowie die Mathematisierung der Theorie –, die philosophischen Gedanken Einsteins, erläutert von Herbert Hörz, der ausging von Einsteins Bekenntnis „das Schönste, was wir erleben können, ist das Geheimnisvolle“ und fortführte zu Einsteins Anregungen für Bildungsförderung und zu interdisziplinärer Arbeit, weiter Einsteins wissenschaftstheoretische Leistungen, von Rainer Schimming beleuchtet und in Verbindung zu Karl Popper gebracht, waren Gegenstand der ersten Nachmittagssitzung. Die Be-

ziehungen zu Archenhold und die Popularisierung der Naturwissenschaften hier in diesem Saal durch Einstein wurden von Dieter B. Herrmann gewürdigt.

Wir haben ein umfangreiches und beachtliches Programm behandelt. Alle Gebiete zu erfassen, war jedoch im Rahmen dieses Kolloquiums unmöglich. Um auf die große Fülle der von Albert Einstein angeschobenen und beeinflussten Felder hinzuweisen, die heute nur gestreift wurden oder nicht zur Betrachtung kommen konnten, will ich schlagwortartig an einige Punkte erinnern, ohne dabei Vollständigkeit anzustreben.

Auf die Untersuchungen zum Magnetismus musste verzichtet werden, Heinz Kautzleben hat aber auf den Kreiselkompass hingewiesen. Ich führe weiter das umfangreiche Gebiet der Photonenarbeiten an mit ihren Auswirkungen auf die gegenwärtigen Ideen zu Quantenkommunikation, Quantencomputern und Quantenkryptographie. Das Bose-Einstein-Kondensat konnte von Werner Ebeling nur kurz erwähnt werden. Es hat auf der gerade beendeten Physikertagung in Berlin eine große Rolle gespielt. Dabei handelt es sich um die von Einstein 1924 erweiterte Theorie von Bose. Die Berechnungen von Einstein ergaben, dass Bosonen, wie sie heute heißen, bei hinreichend tiefen Temperaturen ihre Identität verlieren und zu einer Art neuer Materie verschmelzen. Nach 71 Jahren wurde diese Voraussage von Cornell und Wieman verifiziert, denen es 1995 gelang, ein verdünntes Gas von Rubidiumatomen auf 20 Nanokelvin abzukühlen. Das sind $2 \cdot 10^{-8}$ Grad über dem absoluten Nullpunkt. Unter diesen Bedingungen verhielten sich etwa 2000 Rubidiumatome wie ein einziges. Ketterle führte analoge Experimente mit Natriumatomen aus. Cornell, Wieman und Ketterle wurden dafür gemeinsam im Jahr 2001 mit dem Nobelpreis für Physik¹ ausgezeichnet.

In unserem Kolloquium wurde natürlich die Kosmologie besonders betont. Karl Lanius hat den heutigen Erkenntnisstand überzeugend vorgestellt, was durch Rainer Burghardt mit der Beschreibung und weiteren Deutung des Gödelkosmos ergänzt wurde. Das Einstein-Jahr hat dazu beigetragen, die noch anhaltende Flut an wissenschaftlicher Literatur verschiedenen Schwierigkeitsgrades zur Kosmologie und Astrophysik zu verstärken, dabei auch nachzudenken über die noch nicht verstandene genaue Einstellung von Naturkonstanten wie Protonen-, Neutronen- und Elektronenmasse auf Werte, die die Sternen- und Galaxienbildung im Universum und die Selbstorganisation zur Entstehung des Lebens ermöglichen.

1 Eric A. Cornell, Carl E. Wieman, The Bose-Einstein condensate, *Scientific American* 278 [1998] 40/5; Wolfgang Ketterle, Experimental studies of Bose-Einstein condensation, *Physics Today* 52 [1999] 30/5; <http://www.nobel.se/physics/laureates/2001/press.html>.

Wir haben noch keine einheitliche, den Mikro- und Makrokosmos beschreibende Theorie, dafür aber für viele Teilgebiete zutreffende und durch Messung und Erfahrung bestätigte Aussagen sowie eine für den Einzelnen kaum mehr zu übersehende Anzahl an Theorien, deren Verifizierung nur ungenügend oder auch noch in keinem Punkt gelungen ist. Alle haben sie jedoch ihre Wurzeln in Einsteins Spezieller und Allgemeiner Relativitätstheorie oder ihre Verbindung dazu, selbst dann, wenn sich Einstein skeptisch zu Aussagen verhielt, wie es auf die Quantentheorie zutrifft.

Eine grundlegende Frage, die auf unserem Kolloquium in mehreren Beiträgen anklang, ist die Auffassung von Raum und Zeit. Sie wurde besonders von Horst-Heino von Borzeszkowski, Dierck-Ekkehart Liebscher und von Heinz Kautzleben behandelt.

Unser Gründervater Gottfried Wilhelm Leibniz hat mit seiner relationalen Auffassung von Raum und Zeit eine Vorahnung von Einsteins Relativitätstheorie geliefert. Im berühmten Briefwechsel mit Samuel Clarke² schreibt er: „Was mich angeht, so habe ich mehr als einmal betont, dass ich den Raum ebenso wie die Zeit für etwas rein Relatives halte, nämlich für eine Ordnung des Nebeneinanderbestehens, sowie die Zeit eine Ordnung der Aufeinanderfolge ist“. Als Argumentation zum Charakter der Zeit wie auch des Raumes geht Leibniz vom Prinzip des hinreichenden Grundes aus: „Man gibt mir den wichtigen Grundsatz zu, dass sich nichts ereignet, ohne dass es einen hinreichenden Grund dafür gibt, weshalb es sich so und nicht anders verhält“. Nach dem Prinzip vom hinreichenden Grund kann Leibniz nicht an eine absolute Zeit glauben, da es keine vernünftige Antwort auf die Frage gäbe, warum das Universum genau zu einem bestimmten Zeitpunkt geschaffen wurde und nicht früher. Eine Antwort darauf ist nicht möglich, also verlangt Leibniz einen Zeitbegriff, der eine solche Frage nicht zulässt, eben einen relationalen Zeitbegriff.

Newton dagegen fordert in scharfem Gegensatz zu Leibniz den absoluten Charakter von Raum und Zeit. In der Einleitung zu seinem Werk *Philosophia Naturalis Principia Mathematica* führt er aus: „Die absolute wirkliche und mathematische Zeit fließt in sich und in ihrer Natur gleichförmig ohne Beziehung zu irgend etwas außerhalb ihr liegenden“.

Es stellt sich also heraus, dass die Auffassung von Raum und Zeit durch Leibniz, die übrigens von Kant in seiner *Kritik der reinen Vernunft* abgelehnt

2 Der Briefwechsel mit G. W. Leibniz von 1715/16 von Samuel Clarke u. a. Felix Meiner Verlag Hamburg 2000

wurde³, mit Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie in vollem Einklang steht, und das war 200 Jahre vor Einstein.

In dem Bemühen, eine einheitliche Theorie des Kosmos zu finden, tritt in der Einbeziehung der Quantentheorie die Quantengravitation und damit die Quantelung von Raum und Zeit als Problem auf. Es gibt eine beachtliche Zahl an Teilansätzen, aber keine umfassende Lösung.

Dass bisher trotz großer Bemühung keine Vereinheitlichung von Quantentheorie und Gravitation zu einer kosmologischen Theorie gelungen ist, mag daran liegen, dass die Quantentheorie, die die klassische Newtonsche Mechanik abgelöst hat, ebenso wie diese einen Teilaspekt des Kosmos wirkungsvoll beschreibt, aber für die Gesamtbeschreibung durch eine tiefere Theorie abgelöst werden muss.

Die Frage nach einer neuen Physik taucht auf. Kann das die Formulierung der Quantengeometrie durch Netzwerke von Relationen, die auf die Twistor-Theorie von Roger Penrose zurückgeht, leisten? Schafft die Stringtheorie den Durchbruch? Gibt es eine Verbindung zwischen dem Spinnnetzwerk von Penrose und der Stringtheorie? Was ist zu halten von der Loop-Quantengravitation? Das ist eine Theorie, nach der physikalische Gesetze nicht in einer Urknall-Singularität zusammenbrechen, weil in extrem kleinen Skalen die Quantengravitation abstoßend sein kann und den Kollaps der Raumzeit in die Singularität verhindert⁴.

Unerlässlich zur Bestätigung der aufgestellten Theorien sind Voraussagen, die experimentell überprüfbar sind. Weitere Untersuchungen zur kosmischen Hintergrundstrahlung durch einen Satelliten der Europäischen Raumfahrtbehörde, geplant für 2007, oder Messungen mit der Raumantenne des Laserinterferometers der NASA nach 2011 könnten Rückschlüsse auf Quantengravitationseffekte aus den Anfängen des Universums zulassen⁵.

Für die Stringtheorie könnten Beweise nach Inbetriebnahme des LHC (Large Hadron Collider) im Jahre 2008 im CERN zu erzielen sein⁶.

Eine Erklärung, warum die Massen der Elementarteilchen, besonders die von Protonen, Neutronen und Elektronen genau die von uns beobachteten Eigenschaften haben, versucht die Evolutionstheorie des Kosmos von Lee Smolin zu geben. Die Evolution des Kosmos erfolgt danach analog zur

3 Immanuel Kant, Kritik der reinen Vernunft, Ausgabe B. Riga 1787, S. 331

4 M. Bojowald, Phys. Rev. Lett. 86 [2001] 5227/30

5 Quirin Schiermeier, Nature 433 [2005] 12

6 N. Arkani-Hamed, S. Dimopoulos u. G. Dvali, Phys. Lett. B 429 [1998] 263/72; Geoff Brumfiel, Nature 433 [2005] 10

biologischen Evolution. Die Ausbildung der Eigenschaften für die Elementarteilchen wird im Urknall als zufällig in der Nähe der heute feststellbaren Werte angenommen. Die genaue Einstellung auf die zur Sternentstehung, Galaxienbildung und schließlich zum Ursprung des Lebens führenden Werte erfolgte nach dieser Theorie in der Evolution des Kosmos im Einklang mit dem Bestreben, eine maximal mögliche Zahl an Schwarzen Löchern zu bilden⁷.

Inzwischen wurde zur Erläuterung des Verhaltens von Elektronen in besonderen Festkörpermaterien, wie z. B. Hochtemperatursupraleitern, die Theorie der Aufspaltung der Elektronen entwickelt (Senthil und Mitarbeiter), die besagt, dass Elektronen in solchen Materialien unter gewissen Umständen aufspalten und ein Teil ihrer Ladung einen anderen Weg nimmt als ein Teil des Spins⁸. Erste Versuche zum Nachweis dieses Verhaltens schlugen fehl (Bonn. u. a.)⁹. Neuere Beschreibungen von Quantenfluktuationen der Elektronen bei Phasenübergängen am absoluten Nullpunkt benutzen ebenfalls die Aufspaltungstheorie der Elektronen¹⁰.

So gibt es zahlreiche Überlegungen, deren Zusammenführung zu einer einheitlichen Theorie noch nicht in Sicht ist. Die Entwicklung geht weiter, vielleicht ist mehr Klarheit vorhanden im Jahre 2013, dem hundertjährigen Jubiläum der Akademiemitgliedschaft Einsteins oder im Jahre 2015, 100 Jahre Veröffentlichung Einsteins in den Sitzungsberichten der Akademie zu den Gravitationsfeldgleichungen¹¹, im gleichen Jahr die Erinnerung an Einsteins ersten öffentlichen Vortrag in Berlin in der Archenhold-Sternwarte über die Relativitätstheorie oder die Erinnerung an seine vier Vorlagen über Allgemeine Relativitätstheorie in der Preußischen Akademie. Auch 2017 ist zu nennen, wenn 100 Jahre vergangen sind seit dem zweiten „annus mirabilis“ Albert Einsteins und gemäß der Voraussage von Karl Lanus ein wichtiger Erkenntnisfortschritt in der Kosmologie vorliegen sollte. Schließlich wäre auch 2019 geeignet, 100 Jahre Nachweis der von Einstein vorausgesagten Ablenkung von Lichtstrahlen durch Gravitation. Die Entwicklung der Erkenntnis wird weiter mit Interesse zu verfolgen sein.

-
- 7 Lee Smolin, Warum gibt es die Welt? Die Evolution des Kosmos. Verlag C. H. Beck, München 1999
- 8 T. Senthil u. M. P. A. Fisher, Phys. Rev. Lett. 86 [2001] 292/5
- 9 D. A. Bonn, Janice C. Wynn, Brian W. Gardner, Yu-Ju Lin, Ruixing Liang, W.N. Hardy, J. R. Kirtley u. K.A. Moler, Nature 414 [2001] 887/9
- 10 T. Senthil, A. Vishwanath, L. Satchdev Balents u. M. P. A. Fisher, Science 303 [2004] 1490/4; Geoff Brumfiel, Nature 433 [2005] 11
- 11 A. Einstein, Sitz. Ber. Preuß. Akad. Wiss. [1915] 844/7.

Den Mitarbeitern der Archenhold-Sternwarte danken wir für ihren großen Einsatz bei der Durchführung des Einstein-Kolloquiums, unser besonderer Dank geht dabei an Frau Sigrid Repnow.

Ich danke allen Vortragenden und schließe das Kolloquium.