

Das Unaussprechliche sprechbar gemacht

Detlef Dürr, Mathematisches Institut der LMU, München

Rezension des Buches: Sechs mögliche Welten der Quantenmechanik

Übersetzung des Buches von John Stuart Bell: *Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics* von Wolfgang Köhler

John Bells Buch gehört zu den Standards einer jeden Physikerin (aus Gründen der besseren Lesbarkeit benutze ich nur eine Genderform), die auf den Grundlagen der Quantenmechanik arbeitet. Das bedeutet nicht, dass eine jede solche dieses Buch tatsächlich gelesen oder gar dessen Inhalt verdaut hat. Meine Aussage ist deshalb eigentlich ein Imperativ. So sollte es sein! Kein Physiker der Jahre 1950-1980 hat so großartig geschrieben, so präzise in der Wortwahl und so sicher in der Aussage und so kraftvoll und klar die wirren Weltbilder der Quantenmechanik entwirrt. Das Bellsche Buch ist eine Ansammlung von veröffentlichten Arbeiten von John Bell, die unter dem Blickwinkel eines Lehrbuches zusammengefasst worden sind. Der deutsche Titel des vorliegenden Buches ist die Übersetzung einer der Arbeiten, die im Buch wiedergegeben wurden.

Es besteht die Frage, warum das Bellsche Buch, das, und ich wiederhole mich gerne, ein Standardwerk der Grundlagenforschung ist, und das nunmehr seit 2004 in der zweiten Auflage (mit der Erweiterung durch den wunderbaren Artikel *La nouvelle cuisine*) existiert nicht schon längst ins Deutsche übersetzt wurde. Ein Grund ist, dass das Werk John Bells über die Grundlagen der Quantenmechanik zugleich einfach aber auch subtil ist und damit eine Schwierigkeit zu eigen hat. Obwohl nämlich meistens Einigkeit über die große Bedeutung des Namens John Bell besteht, gibt es Uneinigkeit oder Zweifel an dem Inhalt des Werkes, d.h. darüber worauf die Bedeutung seiner Arbeit eigentlich genau fußt. Das liegt an dem Schreibstil John Bells, der prägnant, wenig Worte verlierend, tiefe Wahrheiten kurz ausspricht, aber, und das wird für viele Leser ungewohnt sein, nach langer reiflicher Überlegung. Das bedeutet, dass man genau lesen muss, dass man beim lesen nachdenken muss, dass man sehen muss, dass jedes Wort wohl gewählt ist, dass es keine Redundanzen gibt, die ein flüchtiges Lesen korrigieren könnten. So ist die statistische Bornsche Regel, der Grundpfeiler der Quantentheorie in einem einzigen Satz auf das Wesentliche reduziert worden: „...In gleicher Weise, wie für die  $\alpha$ -Teilchen Spur, folgt aus der Theorie, dass in der „typischen“ Welt näherungsweise quantenmechanische Verteilungen über solche näherungsweise unabhängigen Komponenten realisiert sind...“ (aus „Quantenmechanik für Kosmologen“ Seite 154). Man muss diesen Satz und den Kontext der ontologischen Bohmschen Mechanik natürlich genügend oft lesen, damit klar wird, dass hier das gesamte Kapitel der quantenmechanischen Wahrscheinlichkeiten in experimentellen Ausgängen auf die Typizität des Universums zurückgeführt wird, ganz im Sinne des Boltzmannschen Verständnis von Wahrscheinlichkeit in der Physik. Also muss die Übersetzung diesem einzigartigem Schreibstil John Bells Rechnung tragen und an dieser Stelle sollte die Übersetzung von Wolfgang Köhler gewürdigt werden. Er hat mit sehr gutem Sprachgefühl und Verständnis des Anliegens John Bells präzise übersetzt und keinen Gedanken verfälscht. Kurz, Bell ist schwer zu übersetzen, das ist der eine Grund warum eine Übersetzung nicht sofort gemacht wurde.

Was ist der andere womöglich wahre Grund? John Bell beschäftigt sich mit schlimmen Dingen: Das Meßproblem der Quantenmechanik, Schrödingers Katze, der Bedeutung der Quantenmechanik mit dem unsäglichen Begriff der Messung einer Observablen, der Bedeutung der Wellenfunktion, dem Heisenberg-Schnitt, also mit all dem, was man eigentlich abgehakt sehen möchte, wohl wissend, dass es nicht abgehakt ist. Aber dann, so denkt oder hofft manche, soll man es ruhen lassen, weil es womöglich nie abgehakt werden kann. Bell aber gibt keine Ruhe und lässt Theorien auferstehen, die nun so gar nicht in das Bild der Quantenorthodoxie passen. Diese Theorien sind Bohmsche Mechanik, auch bekannt unter dem Namen deBroglie-Bohm Theorie, GRW Theorie, das sind Theorien in denen die Wellenfunktion qua Gesetz (und zwar mathematischem Gesetz) in korrekter Weise (d.h. mit den richtigen Wahrscheinlichkeiten) kollabiert. Er beschäftigt sich also mit Theorien, die es nach dem Glaubensbekenntnis der orthodoxen Quantentheorie gar nicht geben dürfte. Bell ist ein Abtrünniger und jede Nähe zu den in seinen Papieren vertretenen Ansichten rücken den Sympathisanten in zweifelhaftes Licht. Ein Übersetzer oder eine Übersetzerin müssen aber Sympathien für Bells Weltansicht haben, sonst wird die Übersetzung ein Krampf.

Um der Bellschen Denk- und Argumentationsweise nahe zu kommen, die niemals defensiv auftritt sondern immer subtil den Missstand aufzeigt, noch folgendes berühmte Zitat über Bohms Theorie, in der die Bewegung von Teilchen von der Wellenfunktion bestimmt wird, und deren Existenz von der orthodoxen Quantentheorie gerne als unmöglich deklariert wurde:

„Aber im Jahr 1952 sah ich, wie das Unmögliche getan wurde. Es geschah in Artikeln von David Bohm...Aber warum hat Born mir nichts über diese „Führungswelle“ gesagt? Wenn auch nur, um zu zeigen, was daran falsch ist? Warum hatte von Neumann es nicht betrachtet? Noch erstaunlicher: Warum fuhren Leute damit fort, nach 1952 „Unmöglichkeitsbeweise“ zu produzieren... Warum wird die Führungswelle in den Lehrbüchern ignoriert? Sollte sie nicht gelehrt werden – wenn auch nicht als einziger Weg aber als Gegenmittel zur vorherrschenden Selbstzufriedenheit?“ („Über die unmögliche Führungswelle“ Seite 180)

In Bells Buch spielt der Begriff der beables eine zentrale Rolle. Das sind Größen, die die Dinge vertreten, die die Welt ausmachen, d.h. die Dinge, die Materie oder Substanz darstellen. Und es sind gerade diese Dinge, die in orthodoxer Quantentheorie nicht beschrieben werden sollen. Oft wird dieser Versuch, solche Größen, also beables einzuführen mit dem Hinweis auf die Unmöglichkeitsbeweise von verborgenen Parametern als fehlgeleitet deklariert. Liest man jedoch Bells Ausführungen versteht man sehr gut, wie fehlgeleitet diese Kritik ist. Die Einführung von beables steht in keinem Gegensatz zu den Negativresultaten über verborgene Variable, aber das wird nur selten zur Kenntnis genommen.

Wie kommt es dann, dass Bell einen solch respektablen Namen bekommen hat? Berühmter als alles was er sonst erarbeitet hat sind die Bellschen Ungleichungen, die zu viel beachteten Experimenten geführt haben. Eines der ersten war das Aspect Experiment und Alain Aspect führt mit einem Vorwort in das Buch ein.

Was bedeuten nun die Bellschen Ungleichungen? Auch die basieren auf einer recht unverstandenen Arbeit, nämlich der berühmten EPR Arbeit (Einstein, Podolski und Rosen). Die wollten zeigen, dass die quantenmechanische Beschreibung unvollständig

ist, d.h. dass zur Wellenfunktion in der Quantentheorie es noch andere Größen geben muss, nämlich Größen, die den faktischen Zustand eines physikalischen Systems angeben. Das EPR-Argument basiert auf der Annahme der Lokalität, d.h. darauf, dass jegliche gegenseitige Beeinflussung weit voneinander entfernter Systeme bestenfalls mit Lichtgeschwindigkeit passieren kann. Aus der Lokalitätsannahme folgt dann die Existenz von realen Größen, die die Quantentheorie vervollständigen würden.

Bell hingegen geht es nicht um das Problem der Vollständigkeit, das ist ja durch das Meßproblem vollkommen klar vor Augen. Bell geht es um die Lokalitätsannahme, auf der das EPR Argument beruht. Bell zeigt, dass der Schluß von EPR fehl geleitet ist, Unvollständigkeit ja, aber nicht wegen EPR, sondern wegen des Meßproblems. Aber es gilt etwas anderes zu schließen, etwas Revolutionäres! Denn, so Bell, die vorhergesagten realen Größen und die damit verbundenen Korrelationen widersprechen den tatsächlich messbaren Werten! Also muss die einzige Annahme, die eingeflossen ist, falsch sein - die Lokalität. Daher: Natur ist nichtlokal. Es gibt nichtlokale Wechselwirkungen, also, wenn man so will, Wechselwirkungen mit Überlichtgeschwindigkeit. Jede Theorie, die die Natur beschreiben möchte, muß diese Nichtlokalität in irgendeiner Form beinhalten. Bohmsche Mechanik macht das, GRW Theorie macht das, Viele Welten Theorie macht das, ja selbst die Quantenmechanik des Lehrbuches macht das.

Das Bellsche Buch hat zwei Hauptthemen. Das eine ist: Was sollen die Observablen, was ist ein Beobachter, was bedeutet es, eine Observable (ein abstrakter Operator auf einem Hilbertraum) zu messen? All dies lässt sich nur im Rahmen einer ontologischen Theorie erklären und Bell geht durch alle möglichen Ansätze, er erklärt die Bedeutung der Unmöglichkeitbeweise, er erklärt was Sache ist. Das zweite Thema ist die Nichtlokalität. Bell erklärt auf alle möglichen Weisen, warum seine Ungleichungen die Nichtlokalität der Natur betreffen und nicht irgendwas, was mit Wissen oder Unwissen zu tun haben könnte.

Diese Themen werden in überaus lesenswerten Kapiteln bearbeitet und die geeigneten Leserinnen lernen, dass die Debatte um die Deutungen der Quantentheorien beendet sind, dass es nicht um Interpretationen sondern um Theorien schlechthin geht, und dass es um grundlegende Physik geht. Man lernt, wenn man denn lernen möchte, relativistische Physik und deren Bedeutung, man begegnet den verschiedenen Weltbildern, die mit verschiedenen Quantentheorien einhergehen, man lernt scharf zu denken und wenn man in einer passenden Position ist, auch klar zu lehren.

Deswegen gehört dieses Buch nicht nur in jede Privatbibliothek, es gehört insbesondere gelesen. Die deutsche sehr gelungene Übersetzung ist nun allen zugänglich, Studierenden und allen naturwissenschaftlich Interessierten, die sich im Englischen unsicher fühlen, denn um Bell zu verstehen, muss man zuerst in der Sprache sicher sein, um zu verstehen, dass sich hier ein ganz großer Physiker Gedanken gemacht hat.