

Ed Dellian:

Über den Zusammenbruch der Schrödingergleichung und über die einfache Formulierung einer realistischen Quantenmechanik auf Heisenbergscher Grundlage.

Mit der Verleihung des Nobelpreises für Physik 2022 an den Wiener Experimentalphysiker Anton Zeilinger wird ein Mann geehrt, dessen Leistung darin besteht, gezeigt zu haben: Die merkwürdigen Erscheinungen, die seit bald 100 Jahren aus der Quantenmechanik hergeleitet werden und die Geister verwirren, treten experimentell nachweisbar auf, wenn man bei der Interpretation von Versuchsergebnissen das mathematische Fundament der Quantenmechanik als unangreifbar „richtig“ voraussetzt und zugrunde legt.

Freilich kann man aus beliebigen Voraussetzungen Folgerungen ziehen und experimentell scheinbar bestätigen, die mit den Voraussetzungen übereinstimmen. Bewiesen wird mit einem solchen zirkulären Verfahren nichts. Man kann nicht die Quantenmechanik einfach „annehmen“, um mit ihr die Merkwürdigkeiten zu beweisen, die sie behauptet. Anton Zeilinger hält das zwar für möglich, ja sogar für geboten. Er schreibt, manchmal werde „argumentiert, dass – da die Quantenmechanik zu ihrer eigenen Rettung hinzugezogen wird – man sich in der Argumentation sozusagen im Kreis bewege. Aber gerade so muss es ja sein. Die Quantenmechanik ist eine umfassende Theorie, deren Gültigkeitsbereich man nicht irgendwo einschränken darf. In dem Moment, wo man dies täte, beginge man einen entscheidenden Fehler“ (A. Zeilinger, Einsteins Schleier, Die neue Welt der Quantenphysik, München 2003 S. 180).

Hier ist dem Nobelpreisträger jedoch entschieden zu widersprechen. Sein Ansatz, jede Fundamentalkritik der Quantenphysik a priori kategorisch ins Abseits zu verweisen, ist zwar nicht neu, denn schon auf dem fünften Solvay-Kongress (1927) versuchten Max Born und Werner Heisenberg, die damalige Form der Quantenmechanik autoritativ als eine allumfassende Theorie zu zementieren, die keinerlei Veränderungen mehr zulasse (Max Jammer, The Philosophy of Quantum Mechanics, 1974 S. 114). Jedoch ist dieser Versuch heute so unwissenschaftlich wie damals. Der Gedanke, die Quantenmechanik mit Hilfe ihrer selbst zu „retten“, erinnert an den Baron von Münchhausen, der sich am eigenen Zopf aus dem Wasser

zog. Zeilinger fordert entgegen seiner Absicht eine kritische Überprüfung des mathematischen Fundaments dieser Theorie geradezu heraus. Eine solche Überprüfung gibt es bisher nicht, wenn ich von einigen eigenen Publikationen zur Sache absehe („Experimental Philosophy reappraised“, Spec. Sci. Techn. Vol. 9 No. 2 (1986), p. 135, und „On cause and effect in quantum physics“, Spec. Sci. Techn. Vol. 12 No. 1 (1989) p. 45). Die Sache ist aber dringlich. Es könnte sonst geschehen, dass die irrealen Quantenphysik als angeblich „umfassende Theorie“ (A. Zeilinger) jeden Bezug zur Realität, in der wir erfahrungsgemäß leben, unter sich begräbt.

Die entscheidende Frage ist und bleibt die nach dem Realitätsgehalt der Voraussetzungen, auf denen die Quantenmechanik beruht. Zeigt sich, dass er fehlt, dann fehlt er auch den Schlussfolgerungen.

Die gesteigerte öffentliche Aufmerksamkeit, die der Gegenstand aufgrund des Nobelpreises für Anton Zeilinger erlangt hat, gibt Anlass, gegen die verbreitete Begeisterung für die irrealen Quantenwelt zu zeigen: Das Fundament dieser Lehre ist brüchig. Es fällt in Stücke, sobald man daran rührt, um seine mathematische Tragfähigkeit zu überprüfen. Aber seine Erneuerung ist, sobald die Trümmer beseitigt sind, auf die einfachste Weise möglich.

Ich zeige im Folgenden in äußerster Kürze, wie das mathematische Fundament der Schrödingerschen Quantenmechanik sich unter einer kritischen Analyse sofort auflöst, und wie die Quantenmechanik - auf Heisenbergscher Grundlage - widerspruchsfrei und ohne Absurditäten oder „Unbestimmtheiten“ als realistische Bewegungstheorie entsteht.

Zusammenfassend führt die kritische Analyse zu folgenden Ergebnissen:

1. Es gibt sie nicht, „die“ einheitliche theoretische Quantenphysik.

Historisch unbestreitbar gibt es seit den 1920er Jahren zwei Quantentheorien, die Heisenbergsche (1925) und die Schrödingersche (1926). Die Rede von „der“ einer Quanten-Physik beruht ausschließlich auf der Behauptung, die beiden Theorien seien „mathematisch äquivalent“. Die Analyse ergibt aber: Die Behauptung von der mathematischen Äquivalenz der beiden Theorien ist nachweisbar falsch.

Beweis: Die beiden Theorien arbeiten mit zwei verschiedenen, nicht kommensurablen Energiethermen:

(1) Schrödingers Gleichung basiert auf der Verwendung des Konzepts „kinetische Energie“ ( $E = mv^2/2 = p^2/2m$ ) der klassischen Mechanik. Dagegen Heisenberg: Er verwendet den Energieterm, der von Faraday, Maxwell und Poynting herkommt:  $E/p = c = \text{konstant}$ , d. h.  $E = pc$ . Siehe dazu W. Heisenberg, Physikalische Prinzipien der Quantentheorie, Stuttgart 1958, S. 93 (Partikelbild der Strahlung).

(2) Der Energieterm  $E = pc$  ist kommensurabel mit dem Planckschen  $E = hf$ : Beide Terme sind proportional zum Impuls  $p$ , mit der Proportionalitätskonstante  $c$ . Dagegen ist das „klassische“ Konzept  $E = mv^2/2$  nicht impulsproportional, denn  $mv^2/2$  zu  $p$  ergibt keine Konstante, sondern die Variable  $v/2$ .

(3) Die Konstante  $c$ , die in Heisenbergs Formalismus auftritt, ist in der Schrödingerschen Theorie nicht existent.

(4) Schrödingers Energieterm ist ein *Skalar* und steht in *quadratischer* Beziehung zum Impuls. Heisenbergs Energieterm ist ein *Vektor* und steht in *linearer* Beziehung zum Impuls.

Die (bisher nirgends erkannte und diskutierte) Inkommensurabilität beider Theorien ist offensichtlich. Sie zieht nach sich, dass von einer „Äquivalenz“ keine Rede sein kann.

2. Schon diese Existenz zweier erwiesenermaßen unterschiedlicher Quantentheorien widerlegt das Mantra von „der einen“ angeblich so schlüssigen und erfolgreichen Quantenphysik. Vielmehr sind zwei verschiedene Theorien unabhängig voneinander mathematisch zu überprüfen. Da sie elementar verschieden sind, kann nur eine von ihnen mathematisch richtig sein. Mindestens eine der beiden zur Diskussion gestellten Theorien ist zweifelsfrei falsch.

3. Die falsche Behauptung der mathematischen „Äquivalenz“ beider Theorien hat zur Folge, dass allgemein die Schrödingersche Version – die „Schrödinger-Gleichung“ –, weil sie formal einfacher und leichter zu handhaben ist, für „die ganze Quantenphysik“ genommen wird und steht. Heisenbergs anderer Ansatz wird dagegen allgemein als „schwerfällig“ diskreditiert und hinter den Schrödingerschen zurückgesetzt. Ich überprüfe deshalb zunächst die Schrödingersche Theorie auf ihre mathematische Schlüssigkeit.

Das Ergebnis lautet: Die Schrödingersche Theorie der QM ist mathematisch fehlerhaft und falsch.

Beweis: Die Schrödinger-Gleichung setzt das Konzept der „kinetischen Energie“ ungeprüft voraus. Dieses Konzept  $E = p^2/2m$  entsteht bekanntlich mathematisch als „Wegintegral“ der „Kraft“. Die kinetische Energie entsteht deshalb „raumartig“. *Die Zeit* spielt bei der *Integration über den Weg* keine Rolle. Infolgedessen „entsteht“ die kinetische Energie an verschiedenen Orten im Raum *scheinbar* „gleichzeitig“, d. h. „zeitlos“ oder „instantan“. Erst mit einer Messung wird sie an einem bestimmten Ort lokalisiert. Bis dahin ist sie *scheinbar* über den gesamten Raum verteilt überall gleichzeitig existent bzw. – wie man auch sagt – „verschmiert“. Dieses scheinbare Phänomen resultiert ausschließlich aus dem mathematischen Ansatz, die Veränderung einer Variablen „raumartig“ zu bestimmen. Schon Galileo Galilei hat aber 1638 gezeigt, dass die Annahme raumartiger (raumproportionaler) Zunahme der Fallgeschwindigkeit eines Körpers diesen aufgrund der geometrischen Struktur von Raum und Zeit zwangsläufig „gleichzeitig“ bzw. *zeitlos* an verschiedenen Orten im Raum erscheinen lässt bzw. lokalisiert. Galilei erkannte diese Konsequenz richtig als absurd und als „Irrtum“ (Galilei, Discorsi 1638, Dritter Tag; siehe Discorsi, ins Deutsche übersetzt und herausgegeben von Ed Dellian, Hamburg 2015, S. 197-199). Er beweist, dass die Fallgeschwindigkeit in Wirklichkeit nicht „raumartig“ anwachsen kann. Sie wächst vielmehr „zeitartig“ (zeitproportional). Darauf gründet sich dann das richtige bzw. realistische *Galileische Fallgesetz*.

Folgerung: Die Schrödingersche Quantentheorie ist, weil sie fälschlich, nämlich unter Nichtbeachtung der Zeit der Veränderung, die Möglichkeit ausschließlich „raumartiger“ Veränderung variabler Größen annimmt und voraussetzt, *unvollständig*. Sie ist aber nicht nur unvollständig, wie bekanntlich Einstein es „gefühlsmäßig“ zurückhaltend formulierte, sondern sie ist, eben weil sie die Zeit der Veränderung ignoriert (was Einstein nicht bemerkte), *mangelhaft und falsch*.

Weiteres Ergebnis: Die seit Jahrzehnten kontrovers diskutierten Merkwürdigkeiten „der Quantenphysik“ setzen sämtlich die „Richtigkeit“ bzw. „Vollständigkeit“ der Schrödingerschen Theorie voraus. Deshalb ignorieren sie deren Mangelhaftigkeit hinsichtlich des Faktors „Zeit“. Mit dem Nachweis, dass diese Theorie deshalb unvollständig bzw. falsch ist, erübrigt sich eine Diskussion der diversen „Interpretationen“ der Schrödinger-Gleichung.

Anmerkung: Die Schrödingergleichung ist ersichtlich keine „Bewegungsgleichung“. Sie gibt keine Auskunft über Bahnen in Raum und Zeit, denen bewegte Materieteilchen folgen würden. Sie beschränkt sich vielmehr darauf, lokale räumliche „Zustände“ der Teilchen zu messen. Nur wer sie *irrtümlich* für eine Bewegungsgleichung hält, kann zu dem Schluss kommen, sie beschreibe tatsächlich „zeitlose“ Bewegungen im Raum und Ortsveränderungen von A nach B ohne Beschreibung einer entsprechenden „Bahn“. Zu ergänzen ist: Auch insoweit diese Gleichung die *zeitliche Veränderung* räumlicher Zustände beschreibt, handelt es sich weiterhin *nicht* um *Bewegungsänderungen bewegter Objekte*, sondern eben nur um „zeitliche Zustandsänderungen“. Das ist in der Quantenmechanik durchaus bekannt. Und nochmals: Der Versuch, die Richtigkeit der Schrödingergleichung einfach *vorauszusetzen*, um dann behaupten zu können, diese Gleichung ziehe nun einmal die Zeitlosigkeit von Veränderungen im Raum nach sich (A. Zeilinger, wie oben zitiert: „Aber gerade so muss es ja sein“), ist als unzulässiger Zirkelschluss (*petitio principii*) zurückzuweisen.

4. Zu prüfen bleibt die mathematische Schlüssigkeit der *Heisenbergschen* Quantenmechanik.

Ergebnis: Die Heisenbergsche Quantenmechanik ist richtig. „Richtig“ heißt hier, dass aus ihr keine der Merkwürdigkeiten herzuleiten ist, die angeblich die Quantenmechanik charakterisieren und zu einer Änderung der realistischen Weltanschauung nötigen. Vielmehr stimmt Heisenbergs Ansatz vollständig mit den Grundlagen der Mechanik überein, die im 19. Jahrhundert von Michael Faraday, James Clerk Maxwell und John Henry Poynting in England von der natürlichen und experimentellen Erfahrung her erarbeitet worden sind.

Beweis: Heisenbergs Maxwell-Poyntingscher Energieterm  $E = p \times c = \text{konstant}$  enträtselt die sogenannten „Unschärferelationen“, die als besonderes Kennzeichen der Quantenmechanik gelten. Stellt man nämlich die Konstante  $c$  als Verhältnis eines Elements des Raumes  $\Delta s$  und eines Elements der Zeit  $\Delta t$  dar,  $c = \Delta s / \Delta t$ , so erhält man mit  $\Delta E$  für „Energie“ und  $\Delta p$  für „Impuls“ die viergliedrige Produktengleichung  $\Delta E \times \Delta t = \Delta p \times \Delta s$ . Beide Produkte ergeben  $h$ . Man kann also schreiben  $\Delta E \times \Delta t = h = \Delta p \times \Delta s$ . Offensichtlich ist  $h$  eine „logische Konstante“ zwischen den beiden Produkten. Liest man diese separiert als „inverse Proportionen“, so erscheinen die einzelnen Glieder  $\Delta E$  und  $\Delta p$  umso „unschärfer“, je genauer oder „schärfer“ die

Glieder  $\Delta t$  und  $\Delta s$  bestimmt werden. Fasst man sie aber zusammen, wie oben gezeigt, so entfällt sowohl die Konstante  $h$ , als auch die Fehldeutung der Produkte als „inverse“ Proportionen. Vielmehr ergibt sich dann aus der viergliedrigen Produktengleichung  $\Delta E \times \Delta t = \Delta p \times \Delta s$  durch Umstellung die Verhältnisgleichung  $\Delta E : \Delta p = \Delta s : \Delta t$ , d. h. (ganz allgemein)  $E : p = c = \text{konstant}$  als elementares Bewegungsgesetz: Das ist die einfache Proportionalität von „Energie“ (Ursache) und „Bewegung  $p$ “ (Wirkung), verbunden durch die Proportionalitätskonstante  $c$ . Irgendeine „Unschärfe“ oder „Unbestimmtheit“ tritt ersichtlich nicht auf. Die Heisenbergsche Quantenmechanik (Matrizenmechanik) enthält also nichts anders als das kausale Bewegungsgesetz, welches seit Maxwell und Poynting in der Form  $E/p = c$  bekannt und unbestritten ist. Q. e. d.

Allgemeine Anmerkung: (1) Als „mathematisch unrichtig“ bezeichne ich, was der mathematischen Logik widerspricht, aber auch, was zu Resultaten führt, die, gemessen an der erfahrbaren natürlichen Ordnung von Raum und Zeit, von Materie und Bewegung als fehlerhaft und folglich „absurd“ zu erkennen sind. (2) Das kausale Bewegungsgesetz in der Form  $E/p = c = \text{konstant}$  liegt schon der authentischen Bewegungslehre Galileis und Newtons zugrunde. Ich habe das erstmals 1985 gezeigt („Die Newtonische Konstante“, *Philos. Nat.* 22 Nr. 3 (1985), S. 400).

21.10.2022/24.02.2023. Ed Dellian.