



**Em. O. Univ.-Prof. Dr. Herbert Pietschmann**  
Ordinarius am Inst. f. theor. Physik, Univ. Wien

Geboren 1936 in Wien, Studium der Mathematik und Physik an der Universität Wien. Hauslehrer in Syrien; Fellow am Europäischen Kernforschungszentrum CERN (Genf); 1961: Promotion (sub auspiciis praesidentis) zum Dr. phil., Universität Wien; Assistent am Institut für theoretische Physik, Universität Wien, zahlreiche Vortragsreisen in Europa, USA und Naher Osten; Research Associate, University of Virginia, USA; 1966: Verleihung des Titels „Docent“ der Chalmers Technischen Hochschule Göteborg, dort Gastdozent, dann Habilitation für theoretische Physik, Universität Wien; seit 1971: Ordentlicher Universitätsprofessor für theoretische Physik, Universität Wien; 1972-1975: Direktor des Instituts für Hochenergiephysik der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Österreichischer Delegierter zum CERN-Rat; 1973: gem. mit Prof. Jan Nilsson Gründung und Veranstaltung des „International Workshop on Weak Interactions and Neutrinos“ in Skövde, Schweden. Zahllose Auslandsaktivitäten. 1973-76, 1981-83, 1988-90 und 1994-2004: Vorstand des Instituts für Theoretische Physik der Universität Wien; 1975-1998: Kuratoriumsmitglied des Instituts für Hochenergiephysik der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. Zahlreiche Ehrungen, Funktionen.

103 wissenschaftliche Veröffentlichungen in theoretischer Physik; 36 allgemein verständliche Veröffentlichungen in Physik; 22 Veröffentlichungen aus Didaktik; 72 Philosophische Veröffentlichungen; 23 Veröffentlichungen zu Grundfragen der Medizin; 57 sonstige. Bücher (u.a.): „Das Ende des naturwissenschaftlichen Zeitalters“, (Zsolnay 1980), Überarbeitete Neuaufl., (Weitbrecht, 1995); „Die Welt die wir uns schaffen - eine Vision“ (Zsolnay 1984), „Die Wahrheit liegt nicht in der Mitte“ (Weitbrecht, 1990); „Die Spitze des Eisbergs“, (Weitbrecht, 1994); (gem. m. F. Wallner): „Gespräche über den Konstruktiven Realismus“ (WUV Wiener Univ. Verl., 1995), „Phänomenologie der Naturwissenschaft“ (Springer 1996); „Aufbruch in Neue Wirklichkeiten“ (Weitbrecht, 1997); „Gott wollte Menschen“ (Ibera 1999); „Erwin Schrödinger und die Zukunft der Naturwissenschaften“ (Picus 1999); „Eris&Eirene – Eine Anleitung zum Umgang mit Widersprüchen und Konflikten“ (Ibera 2002); „Quantenmechanik verstehen – Eine Einführung in den Welle-Teilchen-Dualismus für Lehrer und Studierende“ (Springer 2003); „Vom Spaß zur Freude – Die Herausforderung des 21. Jahrhunderts“ (Ibera 2005); „Der Mensch, die Wissenschaft und die Sehnsucht“ (Herder 2005). Videofilm: „Aufbruch in die Quantenwelt“ (Lhotsky 2002).

**Kontakt** Em. O. Univ.-Prof. Dr. Herbert Pietschmann  
Institut für Theoretische Physik der Universität Wien  
Boltzmannngasse 5, 1090 Wien, Österreich  
Tel.: +43/1/42 77 51501, Fax: + 43/1/42 77 9515  
e-Mail: herbert.pietschmann@univie.ac.at  
homepage: univie.ac.at/herbert.pietschmann/

# Die Quantenmechanik als Grundlage für Realitätskonzepte

von **Herbert Pietschmann**

Ordinarius am Inst. f. theor. Physik, Univ. Wien

## 1. Vorbemerkungen

Der Streit um die Interpretation der Quantenmechanik hat bekanntlich über die Physik hinaus weitreichende Ergebnisse für die Erkenntnistheorie und ihre Realitätsvorstellungen gebracht. Fünf der Nobelpreisträger (Max Planck, Albert Einstein, Max von Laue und Erwin Schrödinger), ohne deren Beitrag die Quantenmechanik in ihrer heutigen Form nicht zustande gekommen wäre, haben deren heute übliche Interpretation nie akzeptiert und gerade dadurch zu ihrer Entwicklung wesentlich beigetragen. So sagte etwa Niels Bohr<sup>1</sup>:

„Einsteins Bedenken und Kritik spornten uns alle in höchst wertvoller Weise dazu an, die verschiedenen Aspekte der Situation bei der Beschreibung atomarer Phänomene einer erneuten Prüfung zu unterziehen. Für mich waren sie ein willkommener Anlass, die Rolle der Messgeräte noch weiter zu klären; und um den sich wechselseitig ausschließenden Charakter der Versuchsbedingungen, unter denen die komplementären Phänomene auftreten, möglichst deutlich zu veranschaulichen, versuchte ich damals verschiedene Apparate in einem pseudorealistischen Stil zu skizzieren, ...“

Albert Einstein vertrat stets einen kritisch-realistischen Standpunkt. Bekanntlich hat Karl Popper seine Erkenntnistheorie des kritischen Realismus weitgehend auf Einsteins Anregungen gegründet. Einstein war sich jedoch der Problematik wohl bewusst; so sagte er noch Mitte der 30er Jahre:

„Hinter den unermüdlichen Bemühungen des Forschers liegt ein stärkerer, geheimnisvoller Drang versteckt. Was man begreifen will ist Existenz und Realität. Vor dem Gebrauch solcher Worte schreckt man aber zurück, denn man kommt schnell in Schwierigkeiten, wenn man erklären soll, was denn in so einer allgemeinen Darlegung mit Realität und Begreifen eigentlich gemeint sei.“

Die unterschiedlichen Standpunkte bezüglich der Voraussetzungen für Realitätskonzepte werden gleich deutlich, wenn wir diesem Zitat Einsteins eines von Wolfgang Pauli gegenüberstellen; Pauli hat nicht nur alle Konsequenzen der quantenmechanischen Interpretation akzeptiert, er hat sie geradezu hinsichtlich ihrer philosophischen Konsequenzen begrüßt! Er schrieb<sup>2</sup>:

*Fünf Nobelpreisträger akzeptierten nicht die Interpretation der Quantenmechanik*

*Niels Bohr*

*Albert Einstein, Karl Popper*

*Was bedeutet Realität?*

*Wolfgang Pauli*

---

<sup>1</sup> Niels Bohr: Diskussion mit Einstein über erkenntnistheoretische Probleme in der Atomphysik, in: Albert Einstein als Philosoph und Naturforscher (hrsg. P. A. Schilpp), Vieweg Verl., Braunschweig (1983), p.99

<sup>2</sup> W. Pauli: Phänomen und physikalische Realität, Dialectica Vol.11 (1957) No.1/2

*Rolle des  
Bewußtseins*

„Unsere Vorstellungen verlaufen nicht willkürlich, sondern erscheinen in einer gewissen Ordnung. Es ist der Zusammenhang der Bewußtseinsinhalte, der uns erlaubt, Träumen und Wachen zu unterscheiden und unwillkürlich äußere Objekte, sowie auch das Bewußtsein der Mitmenschen als existierend zu erleben. Das, was wir antreffen, was sich unserer Willkür entzieht, womit wir rechnen müssen, ist das, was man als wirklich bezeichnet. Die europäischen Sprachen haben zwei verschieden abgeleitete Worte hierfür, das eine, lateinische: Realität von res = Sache, das andere, deutsche: Wirklichkeit, von Wirken. ... Der abstraktere, von Wirken abgeleitete Begriff ist derjenige, der dem in der Wissenschaft gebrauchten nähersteht.“

*Konstruktiver  
bzw. Dialektischer  
Realismus*

Diese Unterscheidung von „Realität“ und „Wirklichkeit“ hat mich selbst veranlasst, gemeinsam mit Fritz Wallner das Konzept des „Konstruktiven Realismus“ zu entwickeln<sup>3</sup>. Ich habe meine eigene, erkenntnistheoretische Anschauung unter dem Begriff „Dialektischer Realismus“ ausgearbeitet<sup>4</sup>.

**2. Zum Wesen der physikalischen Methodik**

*Frage der  
Beweisbarkeit:  
Karl Popper*

Eines der Grundprobleme naturwissenschaftlicher Erkenntnis kann durch die Tatsache beschrieben werden, dass wir uns einerseits auf die Gültigkeit der Naturgesetze ohne Vorbehalt verlassen können, dass andererseits diese Gesetze in keiner Weise positiv ausgezeichnet oder gar „bewiesen“ werden können. (Letzteres ist im Werk Karl Poppers klar herausgearbeitet worden.) Ich will hier nicht die ganze Problematik ausbreiten<sup>5</sup>, sondern lediglich zum Zwecke dieses Artikels auf einige Originalzitate von kreativen Physikern verweisen; wer selbst imstande war, neue Naturgesetze zu formulieren, kann wohl auch als Zeuge für deren Zustandekommen herangezogen werden. Es geht hier in erster Linie darum, zu zeigen, dass die physikalische Beschreibung von Phänomenen und Vorgängen in keiner Weise als irgend ein „Abbild“ oder auch „vereinfachtes Modell“ einer gegebenen Realität betrachtet werden kann!

*Kein Abbild oder  
Modell!*

Wolfgang Pauli hat dies so ausgedrückt<sup>6</sup>:

*Pauli:  
Theorien nach Plato*

„Ich hoffe, dass niemand mehr der Meinung ist, dass Theorien durch zwingende logische Schlüsse aus Protokollbüchern abgeleitet werden, eine Ansicht, die in meinen Studententagen noch sehr in Mode war. Theorien kommen zustande durch ein vom empirischen Material inspiriertes Verstehen, welches am besten im Anschluss an Plato als zur Deckung kommen von inneren Bildern mit äußeren Objekten und ihrem Verhalten zu deuten ist.“

---

3 siehe H. Pietschmann und F. Wallner: Gespräche über den Konstruktiven Realismus, WUV Wien (1995)

4 H. Pietschmann: Phänomenologie der Naturwissenschaft – wissenschaftstheoretische und philosophische Probleme der Physik, Springer Verlag Berlin (1996)

5 Interessierte seien auf das Zitat in Fußnote 3 verwiesen.

6 W. Pauli: Physik und Erkenntnistheorie, Vieweg Verlag Braunschweig (1984) p.95

Auch Albert Einstein, der ja auf dem Boden des kritischen Realismus stand, war in dieser Hinsicht gleicher Meinung<sup>7</sup>:

„Die Methode des Theoretikers bringt es mit sich, dass er als Fundament allgemeine Voraussetzungen, sogenannte Prinzipie, braucht, aus denen er Folgerungen deduzieren kann. Seine Tätigkeit zerfällt also in zwei Teile. Er hat erstens jene Prinzipie aufzusuchen, zweitens die aus den Prinzipien fließenden Folgerungen zu entwickeln. Für die Erfüllung der zweiten Aufgabe erhält er auf der Schule ein treffliches Rüstzeug. ... Die erste der genannten Aufgaben, nämlich jene, die Prinzipie aufzustellen, die der Deduktion als Basis dienen sollen, ist von ganz anderer Art. Hier gibt es keine erlernbare, systematisch anwendbare Methode, die zum Ziele führt. Der Forscher muß vielmehr der Natur jene allgemeinen Prinzipie gleichsam ablauschen, indem er an größeren Komplexen von Erfahrungstatsachen gewisse allgemeine Züge erschaut, die sich scharf formulieren lassen.“

Bei diesem Gleichklang bezüglich der Methode physikalischer Erkenntnis mag es verwundern, warum Pauli und Einstein hinsichtlich der Quantenmechanik gegensätzliche Einstellungen vertreten haben. War es doch gerade Albert Einstein, der im Jahre 1905 (neben der Arbeit über den Photo-Effekt, die die Quantenmechanik in ihrer Entwicklung weiterbrachte) mit seiner speziellen Relativitätstheorie das Konzept einer absoluten Zeit zu Fall brachte und hinsichtlich der „Wirklichkeit“ von Längen und Zeitspannen vom klassisch-mechanistischen Konzept erstmalig grundsätzlich abwich. Um dies zu verstehen und die Konsequenzen für unser Thema ziehen zu können müssen wir uns nun – wenn auch nur oberflächlich – mit einigen wesentlichen Ergebnissen der Quantenmechanik bekannt machen.

### 3. Komplementarität oder der „Welle-Teilchen-Dualismus“

Aus der gewöhnlichen Optik ist das Interferenz-Bild des Doppelspalt es gut bekannt; nun wissen wir aber seit der Einsteinschen Arbeit über den Photo-Effekt aus dem Jahre 1905, dass Licht nicht immer nur als Wellenphänomen betrachtet werden kann. Das Doppelspalt-Experiment scheint aber eine Teilchennatur völlig auszuschließen, denn Teilchen können nur entweder durch den einen oder durch den anderen Spalt gehen. Wird aber einer der Spalten geschlossen, dann verschwindet das Interferenzbild des Doppelspalt es sofort! Was geschieht aber, wenn wir den Lichtstrahl so sehr abschwächen, dass nach der Teilchen-Vorstellung nur einzelne Photonen unterwegs sind? Diese können ja jeweils nur an einer einzigen Stelle des Bildschirmes auftreffen! Warten wir lange genug, dann muss sich aber wieder das bekannte Bild einstellen (vorausgesetzt die einzelnen, auftreffenden Photonen werden registriert, durch Zählen oder durch chemische Reaktionen im lichtempfindlichen Material). Daraus müssen wir aber schließen, dass die auftreffenden Photonen sich anders verhalten, je nachdem ob beide Spalten offen sind oder nur einer! Da (diskrete) Teilchen nicht „durch beide Spalten laufen“ können, bleibt als Lösung nur

*Einstein:  
Prinzip und  
Folgerung*

*Erfahrung und  
Deduktion*

*Spezielle  
Relativitätstheorie*

*Das Doppelspalt-  
Experiment*

7 A. Einstein: Mein Weltbild, Querido Verlag Amsterdam (1934) p.110f

die Annahme, dass sich die Teilchennatur erst durch die Messung am Bildschirm einstellt!

*Verblüffendes  
Ergebnis*

Die Annahme, dass bis zum Zeitpunkt der Messung weder von Teilchen, noch von Wellen in eindeutiger Weise gesprochen werden kann, ist selbst experimentell überprüfbar. Wir können nämlich hinter den beiden Spalten Zähler anbringen, die durchgehende Teilchen registrieren, ohne sie dabei zu zerstören. Das Ergebnis ist verblüffend! Niemals sprechen beide Zähler gleichzeitig an, immer entweder der eine oder der andere (von sogenannten zufälligen Koinzidenzen abgesehen). Aber das Doppelspalt-Interferenzbild verschwindet dadurch! Werden die Zähler wieder entfernt, dann erscheint wieder das Interferenzbild des Doppelspalt<sup>8</sup>.

*Die Rolle  
der Messung*

Wie können wir das verstehen? Eigentlich ist es eine direkte Folge unserer obigen Annahme; denn wir fragen bei diesem Experiment nach der „Bahn“, also nach einem Teilchen-Begriff und daher wird durch die Messung schon am Ort der Spalten die Teilchennatur „erzeugt“, und zwar entweder beim oberen oder beim unteren Spalt, wodurch die Interferenz natürlich verschwindet (wir haben ja nun Teilchen, die sich entweder von einem oder vom anderen Spalt wegbewegen).

*Die Messung  
erzeugt die  
Eigenschaft*

Fassen wir zusammen: Die physikalischen Objekte des Mikrokosmos zeigen sowohl diskrete (Teilchen-)Eigenschaften, als auch kontinuierliche (Wellen-)Eigenschaften. Da diese nicht widerspruchlos vereint werden können, ist es nicht möglich, von der Natur solcher Objekte unabhängig von ihrer Messung zu sprechen. Erst bei einer Messung stellen sich entweder Teilcheneigenschaften (z.B. ein bestimmter Ort oder eine bestimmte Bahn) oder Welleneigenschaften (z.B. Interferenz) – niemals beide zugleich – ein, sie werden sozusagen erst durch die Messung „hergestellt“.

*Reaktionen in ihrer  
Wahrscheinlichkeit*

Wenn wir die „Bahn“, also den Durchgang durch einen der beiden Spalte, nicht beobachten, wenn wir also Interferenz am Bildschirm beobachten können, dann werden die einzelnen Photon-Reaktionen (entweder im Zähler oder als chemische Schwärzung) dort zu beobachten sein, wo das Interferenzmuster Maxima aufweist. Wir dürfen nicht davon sprechen, dass die Photonen nur dorthin gelangen, weil sie ja erst durch die Messung als Teilchen kreierte werden; aber wir können feststellen, dass die Wahrscheinlichkeit solcher Reaktionen durch das Interferenzmuster bestimmt wird!

*Heisenbergs  
Unschärfe-  
Relation*

Dabei ist besonders wichtig, dass sich „Messen“ und „Experiment“ nicht auf menschliche Handlungen einschränken lassen! Heisenberg hat etwa die Unschärfe-Relation zwar aus einem Gedanken-Experiment plausibel gemacht, ist dabei aber auf eine grundsätzliche Grenze gestoßen, die – unabhängig vom konkreten Experiment – niemals unterschritten werden kann.

Da die Begriffe „Teilchen“ und „Welle“ (oder diskret und kontinuierlich) nicht widerspruchsfrei vereint werden können, müssen

---

<sup>8</sup> Siehe dazu A. Zeilinger: Einsteins Schleier – Die neue Welt der Quantenphysik. Verlag C.H. Beck, München (2003).

wir den mathematischen Formalismus, der ja per definitionem widerspruchsfrei ist, durch eine Interpretation des Messprozesses ergänzen, die die beiden widersprüchlichen Seiten des Ganzen (diskret und kontinuierlich) enthält; der Messprozess selbst ist daher im mathematischen Formalismus nicht enthalten<sup>9</sup>, er bildet die notwendige Ergänzung zur Beschreibung quantenmechanischer Phänomene. Als Quantensprung (oder „Reduktion des Wellenpakets“ oder „Kollaps der Wellenfunktion“) stellt er gewissermaßen den Übergang (und daher die Verbindung) zwischen diskreten und kontinuierlichen Aspekten her.

*„Quantensprung“  
zwischen diskret  
und kontinuierlich*

Aus historischen Gründen werden die beiden komplementären Aspekte (kontinuierlich und diskret) mit den Begriffen „Welle“ und „Teilchen“ verbunden; wegen ihrer „widersprüchlichen Vereinigung“ spricht man daher vom „Welle-Teilchen-Dualismus“. Damit ist gemeint, dass wir in konkreten Beispielen die mathematischen Ergebnisse entweder statistisch (Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Elektrons als „Teilchen“) oder als Verteilung (Ladungsdichte des „verschmierten“ Elektrons) interpretieren können. Wichtig ist aber, dass auf keine der beiden Interpretationen verzichtet werden kann, weil sich sonst Fehler einstellen<sup>10</sup>.

*Der Welle-Teilchen-  
Dualismus*

Wir haben davon gesprochen, dass sich beim Doppelspalt-Experiment die Teilchennatur erst durch die Messung am Bildschirm einstellt und dass vorher weder von Teilchen, noch von Wellen in eindeutiger Weise gesprochen werden kann. Das hat immer wieder zur irrigen Meinung geführt, die Quantenmechanik könne subjektive Aspekte der Beobachtung miteinbeziehen. Wir wollen noch einmal Wolfgang Pauli dazu hören, der dem besonders deutlich entgegen hat<sup>11</sup>:

*Subjektive  
Beobachtung?*

„Die Phänomene haben somit in der Atomphysik eine neue Eigenschaft der Ganzheit, indem sie sich nicht in Teilphänomene zerlegen lassen, ohne das ganze Phänomen dabei jedes Mal wesentlich zu ändern.

*Pauli: Eigenschaft  
der Ganzheit*

Hat der physikalische Beobachter einmal seine Versuchsanordnung gewählt, so hat er keinen Einfluß mehr auf das Resultat der Messung, das objektiv registriert allgemein zugänglich vorliegt. Subjektive Eigenschaften des Beobachters oder sein psychischer Zustand gehen in die Naturgesetze der Quantenmechanik ebenso wenig ein wie in die der klassischen Physik.“

*Unbefriedigende  
neue Begriffswelt*

Und Wolfgang Pauli fand die neue Begriffswelt der Quantenmechanik nicht als unbefriedigend, er schrieb<sup>12</sup>:

„Der Verfasser gehört zu den Physikern, welche glauben, dass die neue, der Quantenmechanik zugrunde liegende erkenntnistheore-

<sup>9</sup> In diesem Sinne haben jene Kritiker recht, die bemängeln, die Quantenmechanik sei nicht vollständig!

<sup>10</sup> Siehe dazu H. Pietschmann: Quantenmechanik verstehen. Eine Einführung in den Welle-Teilchen-Dualismus. Springer Verlag, Berlin (2003) oder das Video „Aufbruch in die Quantenwelt“ (Lhotsky-film@netway.at)

<sup>11</sup> W. Pauli: Physik und Erkenntnistheorie, loc.cit., p.115

<sup>12</sup> W. Pauli: Physik und Erkenntnistheorie, loc.cit., p.61



tische Situation befriedigend ist, und zwar sowohl vom Standpunkt der Physik, als auch von dem weiteren Standpunkt der menschlichen Erkenntnis im allgemeinen.“

#### 4. Die Einwände gegen die Quantenmechanik

Keiner der genannten Physiker, die die Quantenmechanik ablehnten, hatte Probleme, sie zu verstehen, sie konnten sie nur nicht akzeptieren! Der Grund dafür war ein Festhalten am klassischen Konzept einer Realität, die in irgendeiner Form durch physikalische Gesetze „abgebildet“ oder wenigstens „dargestellt“ wird.

*Schrödinger*

Albert Einstein machte dies ganz deutlich. Er schrieb noch 1950 an Schrödinger<sup>13</sup>:

*Einstein: ein gewagtes Spiel mit der Wirklichkeit*

„Du bist (neben Laue) unter den zeitgenössischen Physikern der einzige, der sieht, dass man um die Setzung der Wirklichkeit nicht herumkommen kann – wenn man nur ehrlich ist. Die meisten sehen gar nicht, was sie für ein gewagtes Spiel mit der Wirklichkeit treiben.“

Und Wolfgang Pauli schildert Einsteins Haltung<sup>14</sup>:

„Mit lauter ‚vielleicht‘ kann man doch keine Theorie machen, sagte er oft, und ‚in der Tiefe ist es falsch, wenn auch empirisch und logisch richtig.‘ Ein Denken in Gegensatzpaaren, anschauliche Bilder, die von der Wahl der Versuchsanordnung abhängen, primäre Wahrscheinlichkeiten, das konnte Einstein nicht akzeptieren. ... ‚Physik ist doch die Beschreibung des Wirklichen‘, sagte er zu mir und fuhr mit einem sarkastischen Blick auf mich fort: ‚oder soll ich vielleicht sagen, Physik ist die Beschreibung dessen, was man sich bloß einbildet?‘ Diese Frage zeigt deutlich Einsteins Besorgnis, dass durch eine Theorie vom Typus der Quantenmechanik der objektive Charakter der Physik verlorengehen könnte, indem durch deren weitere Fassung der Objektivität einer Naturerklärung der Unterschied der physikalischen Wirklichkeit von Traum oder Halluzination verschwommen werden könnte.“

*Einsteins Ängste*

Einsteins Haltung scheint mir ganz deutlich die Urängste auszudrücken, die sich einstellen, wenn der Realismus – also die Konstruktion der Wirklichkeit als Abbild einer gegebenen Realität – in Frage gestellt wird. Es sind geradezu Ichauflösungs-Ängste, Ängste des Identitäts-Verlusts, die dabei durchscheinen.

*Die Erfolge der klassischen Physik*

Die Haltung des kritischen Realismus gründet unter anderem auf den Erfolgen der klassischen Physik; sowohl in diesem Bereich, als auch im Bereich der Alltagsphänomene ist sie auch heute noch die zweckmäßigste (oder vielleicht denk-ökonomischste) Voraussetzung zur Konstruktion der Wirklichkeit. Dem entspricht die notwendige Zusatz-Forderung der Quantenmechanik, dass Messinstrumente klassisch beschrieben werden müssen (siehe den vorigen Abschnitt). Daraus resultiert aber ein Bruch zwischen den Objekten der Quantenmechanik und den Messgeräten (gewisser-

<sup>13</sup> E. Schrödinger, M. Planck, A. Einstein, H. A. Lorentz: Briefe zur Wellenmechanik (hrsg. K. Przibram), Springer Verlag Wien (1976)

<sup>14</sup> W. Pauli: Physik und Erkenntnistheorie, loc.cit. p.89

maßen als „objektive Subjekte“ des Messprozesses). In der Fachliteratur wird dieser Bruch auch als „Heisenberg’scher Schnitt“ bezeichnet. Wird dies nicht beachtet, dann ergeben sich freilich unsinnige Widersprüche; Schrödinger hat dies durch seine berühmt gewordene „Katze“ deutlich gemacht<sup>15</sup>:

„Man kann auch ganz burleske Fälle konstruieren. Eine Katze wird in eine Stahlkammer gesperrt, zusammen mit folgender Höllemaschine (die man gegen den direkten Zugriff der Katze sichern muß): in einem Geigerschen Zählrohr befindet sich eine winzige Menge radioaktiver Substanz, so wenig, dass im Lauf einer Stunde vielleicht eines von den Atomen zerfällt, ebenso wahrscheinlich aber auch keines; geschieht es, so spricht das Zählrohr an und betätigt über ein Relais ein Hämmerchen, das ein Kölbchen mit Blausäure zertrümmert. Hat man dieses ganze System eine Stunde lang sich selbst überlassen, so wird man sich sagen, dass die Katze noch lebt, wenn inzwischen kein Atom zerfallen ist. Der erste Atomzerfall würde sie vergiftet haben. Die y-Funktion des ganzen Systems würde das so zum Ausdruck bringen, dass in ihr die lebende und die tote Katze zu gleichen Teilen gemischt oder verschmiert sind.“

Die Dialektik von Realismus versus Konstruktivismus hat ja allezeit ihre Blüten erzeugt, wobei die Einwände jeder Seite die jeweils andere Seite als bar jeder Vernunft darzustellen versuchen. Auch in der Diskussion um die Quantenmechanik finden wir ähnliche Versuche, wie die obigen Beispiele zeigen. Allerdings kann die Quantenmechanik als physikalische Theorie für sich beanspruchen, derartige Argumente experimentellen Überprüfungen zugänglich zu machen<sup>16</sup> und damit allzu einseitigen Haltungen (wie der des [kritischen] Realismus) durch experimentelle Ergebnisse den Boden zu entziehen. Daher spricht einer der führenden Vertreter für die Interpretation der Quantenmechanik, Abner Shimony, manchmal – vielleicht etwas überpointiert – von „experimenteller Metaphysik“ und meint<sup>17</sup> „perhaps an unheard tree falling in the forest makes no sound after all“.

Abschließend sei noch gesagt, dass uns die Quantenmechanik nicht nur faszinierende Aspekte der Physik (samt möglichen Anwendungen) beschert hat, dass sie vielmehr auch dazu beigetragen hat, die allzu naive Abbildungs-Vorstellung des Realismus als solche zu entlarven. Ich habe daher schon 1983 versucht<sup>18</sup>, die Grundidee der Quantenmechanik mittels eines Formalismus für andere wissenschaftlichen Gebiete fruchtbar zu machen.

15 E. Schrödinger: Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik, Die Naturwissenschaften 23 (1935) 807, 823, 844; §5

16 siehe dazu etwa D. Home und R. Chattopadhyaya: DNA Molecular Cousin of Schrödinger’s Cat: A Curious Example of Quantum Measurement, Phys. Rev. Lett. 76 (1996) p.2836

17 J. F. Clauser und A. Shimony: Bell’s theorem: experimental tests and implications, Rep. Prog. Phys. 41 (1978) p.1921

18 H. Pietschmann: Science Beyond Science, in „Old and New Questions in Physics, Cosmology, Philosophy and Theor. Biology“, ed. Alwyn van der Merwe, Plenum Press, N.Y. (1983) p.753 & H. Pietschmann: Versuch zur Entwicklung des Denkansatzes der Quantenphysik. Intellectus universalis. Hrsg: W. Gabriel u. H. Hashi., Ed. 1

*Heisenberg'scher  
Schnitt,  
Schrödingers Katze*

*Dialektik  
Realismus versus  
Konstruktivismus*

*Allzu naive  
Abbildungs-  
Vorstellungen  
des Realismus*