

Fred Allen Wolf, Physik der Träume S.183ff (-189)

In der Quantenphysik wissen wir, daß die Beobachtung mehr als nur eine passive Rolle bei der Entscheidung darüber spielt, wie ein Experiment ausgeht. Aber bevor wir uns dadurch zu voreiligen Schlüssen verleiten lassen, müssen wir uns ganz genau überlegen, was das heißt. Wir müssen uns das anschauen, was heute in der Quantenphysik als »Beobachtereffekt« bezeichnet wird.

Ein quantenphysikalisches System befindet sich normalerweise in einer Überlagerung von Zuständen. Das bedeutet, daß zwischen den verschiedenen möglichen Ausgängen, die ein quantenphysikalisches Experiment haben kann, ein Zusammenhang besteht. Jeder Ausgang ist ein Zustand. Und bevor eine Beobachtung angestellt wird, werden alle Zustände, die möglich sind, als gleichzeitig vorgestellt. Bei der Wahrnehmung, Beobachtung, Einsichtnahme oder Erkenntnis — die Begriffe wechseln *je* nach Gesprächspartner - oder auch bei der Aufzeichnung auf einem Magnetband beziehungsweise in einem Computerspeicher wird plötzlich aus der Zustandsüberlagerung ein singulärer Zustand. Das wird im Jargon der Quantenphysiker als »Reduktion des Wellenbündels« bezeichnet. Was bei dieser Reduktion eigentlich passiert, ist unklar und ist auf vielerlei Weise interpretiert worden.

Das Problem ist, daß wir derzeit über keine physikalisch-mathematische Beschreibungsform für diesen Vorgang verfügen. Er spielt sich auf ganz und gar nicht-physikalische Weise ab. Damit sage ich nur noch einmal, daß wir nicht verstehen, wie es zu ihm kommen kann. Die Reduktion hat Einstein große Sorgen gemacht und ihn zu der Überzeugung geführt, daß die Quantenphysik eine unvollständige Theorie ist, weil sie für den Reduktionseffekt kein Beschreibungsmodell hat.

Damit nicht genug, ruht die Quantenphysik auch auf einem mathematischen Gerüst aus nicht-beobachtbaren Einheiten. Die grundlegende Einheit der Quantenphysik ist die quantenmechanische Wellenfunktion. Als erstes ist bei dieser »Welle« die Merkwürdigkeit hervorzuheben, daß wir sie als eine physikalische Welle betrachten. Wegen bestimmter »quantentheoretischer Gesetzmäßigkeiten« wie der Heisenbergschen Unschärferelation müssen wir die Welle mathematisch als eine komplexe Zahlenfunktion darstellen. Das bedeutet, daß sie aus zwei verschiedenen mathematischen Teilen besteht: einem sogenannten »realen« Teil und einem sogenannten »imaginären« Teil.

Der Gebrauch der Begriffe »real« und »imaginär« stammt aus Untersuchungen über komplexe Zahlen, die ebenfalls aus realen und imaginären Zahlen bestehen. Der Umstand, daß die Welle diese beiden Bestandteile hat, ist schon ein Hinweis darauf, daß sie nichts Objektives sein kann, da noch nie jemand eine imaginäre Zahl »zu Gesicht bekommen« hat.

Es wirkt wie ein vielsagendes Sinnbild für die Rolle des »Unbewußten« oder »kollektiven Unbewußten«, daß wir alle quantenmechanischen Wellen als eine Zusammensetzung aus realen und imaginären Bestandteilen begreifen müssen, das heißt als Kombination aus einem Teil, der sich als

wirkliche physikalische Welle vorstellen läßt, und einem anderen Teil, der nur in unserer Phantasie existiert. Die Welle ist, mit anderen Worten, nicht gänzlich »da draußen«. (In einem späteren Kapitel werden wir sehen, daß sich der Physiker Wolfgang Pauli ebenfalls mit diesen Gedanken herum-schlug, als er versuchte, die Kluft zwischen Physik und Psychologie zu überbrücken.)

Aber gleichgültig, ob die quantenmechanischen Wellen real und objektiv sind oder nicht, alle Physiker müssen so tun, »als ob« die Wellen draußen im Raum wären und sich in der Zeit bewegten wie irgendeine normale Welle, die man beobachtet. Sie müssen so tun, damit ihre Berechnungen der korrekten mathematischen Wahrscheinlichkeit, mit der bestimmte Ereignisse in Raum und Zeit auftreten, einen Sinn bekommen.

Und es gibt hier auch noch einen anderen Faktor, den die Phantasie beisteuert. Um eine numerische Wahrscheinlichkeitsfunktion zu erhalten, die festlegt, wie wahrscheinlich das Auftreten eines bestimmten Ereignisses an einem bestimmten Ort und Zeitpunkt ist, müssen wir diese Welle mit einer anderen, ihr ähnlichen multiplizieren, die sich in einer wesentlichen Hinsicht von ihr unterscheidet: sie läuft in der Zeit rückwärts.⁵

Dieser Gedanke, zwei gegenläufige Wellen miteinander zu multiplizieren, von denen die eine aus der Gegenwart und die andere aus der Zukunft kommt, nennt man transaktionale Interpretation.⁶ Neu ist hier die Idee, daß Ereignisse, selbst solche, die noch gar nicht eingetreten sind, diese Wellen erzeugen können.

Wenn das stimmt, dann müssen wir unsere Vorstellung von Zeit in einem gewissen Maß revidieren. Ereignisse müssen dann in einem neuen Licht betrachtet werden. Die Relativitätstheorie hat uns gelehrt, daß sich Ereignisse auf ein Raumzeitgitter abbilden lassen und daß die Zeitordnung nichts Absolutes ist, sondern davon abhängt, wie ein bestimmter Beobachter zwei beliebige Ereignisse beschreibt. Wenn zum Beispiel die Ereignisse räumlich getrennt sind, dann ist nicht eindeutig klar, wie sie zeitlich getrennt sind, besonders wenn die betreffenden Ereignisse die Endpunkte von Signalen sind, die sich schneller als mit Lichtgeschwindigkeit fortbewegen. Die zeitliche Ordnung der Ereignisse ist stark abhängig von der Geschwindigkeit des Beobachters.

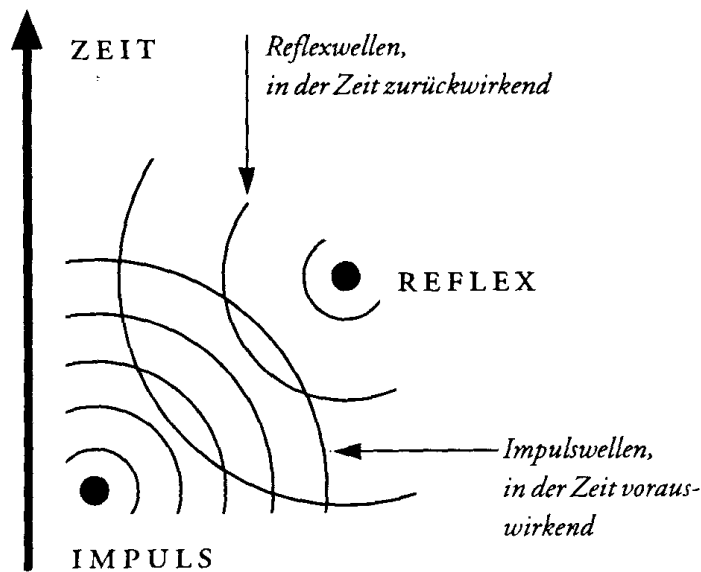


Abbildung 7

Würden wir eine Karte von dem Ereignis auf ein Blatt Papier zeichnen, dann würde sich die Welle auf dem Papier ganz ähnlich ausbreiten wie die Welle in einem Tümpel, in den man einen Kieselstein wirft. Nur würde sich hier die Welle so darbieten, daß sie sowohl vorwärts als auch rückwärts (und auch seitwärts) durch die Zeit verlief.

Wenn nun eine solche Welle auf ein anderes Ereignis trifft, dann regt sie es dazu an, sich genauso zu verhalten. Die Stärke der Stimulation hängt von der stimulierenden Welle ab; das zweite Ereignis schickt nun ebenfalls eine quantenmechanische Welle aus, die vorwärts und rückwärts durch die Zeit läuft. Falls das zweite Ereignis in irgendeiner Hinsicht dem ersten Ereignis sehr unähnlich ist - falls beide sozusagen nicht »die gleiche Wellenlänge« haben -, wird die Antwort auf den Reiz schwach ausfallen, und das reagierende Ereignis wird wenig Stärke aufbringen. Aber auf jeden Fall wird das reagierende Ereignis die Reaktion auf das Zubringerereignis sein, ein rückwärts durch die Zeit verlaufendes Echo, eine Art Händedruck quer durch die Zeit⁷.

Würden wir alle Ereignisse im Bewußtsein auf diese Weise betrachten, dann sähen wir auf einen Tümpel hinab, der von vielen solchen Kieselsteinen bombardiert würde, die unzählig viele Wellen ausschickten. Schauen wir uns nun zwei beliebige dieser Kieseleinschlagsstellen, das heißt Ereignisse, an, dann sehen wir etwas Wundersames vor sich gehen. Die Wellen tendieren dazu, sich im Raum zwischen den Ereignissen wie auch in den dazwischen liegenden Zeitintervallen zu verstärken. Im Raum außerhalb dieser Ereignisse und vor dem Anfangs- oder Zubringerereignis beziehungsweise nach dem Schluß- oder Echoereignis löschen sie sich dann gegenseitig aus. Wie weit sie sich auslöschen, hängt davon ab, wie ähnlich sich die Zubringer- und die Echowellen sind. Je besser sie zusammenpassen, um so mehr verstärken sie sich zwischen den Ereignissen und um so stärker löschen sie sich außerhalb der Ereignisse aus. Das ist die Magie, die diese Wellen praktizieren. Und es ist tatsächlich genau das, was wir brauchen, um den Wahrscheinlichkeiten der vorfallenden Ereignisse einen Sinn abzugewinnen.

Das Echoereignis läßt sich einfach als eine modulierende Welle betrachten, die von der Zubringerwelle transportiert wird, ganz ähnlich wie die Welle einer Sendestation durch die Informationen moduliert wird, mit der sie vom Sendestudio belegt wird. Dadurch entsteht das Wahrscheinlichkeitsfeld der Quantenphysik. Nun war zwar allen Physikern bekannt, daß man diese zwei Wellen auf die geschilderte Weise miteinander multiplizieren und modulförmig zusammenfügen muß, aber ein Modell, das zeigte, warum das erforderlich war, gab es vor John Cramers transaktionaler Interpretation nicht.

Nehmen wir nun an, daß dieser Prozeß überall im Universum abläuft und daß auch unser Erkennen von ihm abhängt. Abgesehen von seiner Absonderlichkeit ist das Bezeichnendste an ihm der Umstand, daß zwei Ereignisse nötig sind, damit tatsächlich eines stattfindet. Das wirkt nun allerdings ein bißchen zirkelschlüssig. Kurz vorher habe ich erklärt, ein Ereignis rufe ein anderes hervor, und jetzt behaupte ich, daß es bereits zwei Ereignisse geben müsse, ehe eines stattfinden könne.

Was meine ich damit? Also, zum Teil handelt es sich hier um ein begriffliches Problem. Wörter wie »davor« und »danach« nehmen eine leicht veränderte Bedeutung an, wenn es um Ereignisse geht, die von jenseits der Zeit in Augenschein genommen werden. Was ich in Wirklichkeit vertrete, ist die These, daß gar nichts geschehen würde, wenn das Universum aus einem einzigen Ereignis bestünde. Kein einziges Ereignis könnte stattfinden. Und das bedeutet, daß von zwei oder mehr Ereignissen eines eintritt, weil das andere »vorhanden« ist. Jedes bestimmt das andere und ohne dies wechselseitige Bestimmen gäbe es keinen Bezugsrahmen und gäbe es keine Materie und gäbe es kein Bewußtsein von Ereignissen; das aber heißt soviel wie: es gäbe keine Ereignisse. Es muß »zwei« geben, ehe man von »einem« wissen kann. Wie man sieht, hat die Beschreibung dieses Sachverhalts ein entschieden paradoxes Aussehen.

Ein einziges Ereignis, mag es eintreten, wo es will, im Gehirn oder anderswo im Universum, stellt fürs Bewußtsein kein Ereignis da. Man braucht zwei Ereignisse. Bewußtsein als solches ist die Beziehung zwischen zwei Ereignissen mittels dieses quantenphysikalischen Zubringer/Echo-Mechanismus. Je höher die Wahrscheinlichkeit, um so stärker ist das Bewußtsein des Anfangsereignisses. Je größer die Wahrscheinlichkeit, um so bewußter ist das Ereignis. Ich schlage demnach vor, das Bewußtseinsfeld als das Produkt dieser zwei Quantenwellen ($W*W$) anzusehen; dieses Produkt erscheint als ein Wahrscheinlichkeitsfeld, das überall existiert, nicht nur im Gehirn, sondern überall.

Je vielfältiger die vorhandenen neuralen Ereignisse, und das führt nun in die neuralen Systemmodelle hinein, um so bedeutungsvoller wird das Anfangsereignis. Um einen äußeren Reiz baut sich also ein dichtes Wahrscheinlichkeitsfeld auf, und diese Dichte des Wahrscheinlichkeitsfeldes meinen wir mit Bewußtsein, wobei vorausgesetzt ist, daß es zu einem zweiten Ereignis kommt, das mit dem Primäreignis in Wechselwirkung treten kann. Ist diese Voraussetzung erfüllt, findet ein Bewußtseinsakt statt.

Ich vermute allerdings, daß die derzeitigen neuralen Systemmodelle dies nicht werden nachvollziehen können, einfach deshalb, weil sie jene Aktion von der Zukunft in die Gegenwart, die durch die Quantenphysik nahegelegt wird, nicht in Rechnung stellen. Kein binäres Systemmodell

wird das in Rechnung stellen und schon gar kein Modell, das versäumt, die Mitwirkung der Zukunft an der Gegenwart in Betracht zu ziehen.

Einen weiteren Schlüssel bildet in diesem Zusammenhang die Vorstellung von einer quantenmechanischen Wellenüberlagerung. Der Traumzustand ist ein Ausdruck von Überlagerungen quantenmechanischer Wellen oder Zustände, die im Gehirn erzeugt werden. Diese Zustände sind zwar im Wachzustand vorhanden, aber da werden sie durch die Eingabe von Wachdaten überdeckt, geradeso, wie am Tage das Sonnenlicht das Sternenlicht überdeckt. Bei der Betrachtung neuraler Systeme müssen wir demnach eher von Quantenzuständen als von Booleschen Binärzuständen ausgehen.

Man kann fragen, ob diese quantenmechanische Idee auf das Gehirn im Wachzustand ebenso zutrifft wie auf das träumende Gehirn. Sie trifft durchaus auch auf das Gehirn im Wachzustand zu; nur wird hier der Prozeß durch die Eingabe äußerer Reize übertönt. Erst wenn die Außenwelt abgeschaltet ist, lassen sich die quantenmechanischen Überlagerungen unmittelbar erfahren. Schließlich ist die Außenwelt gefährlich und nimmt alle verfügbaren neuralen Kapazitäten in Anspruch, um mit ihr fertig zu werden. Wenn die Zahl der den Außenreizen korrespondierenden neuralen Vorgänge groß ist, dann werden dadurch die feinen Wirkungen der hirnantsprungenen Überlagerungen ausgelöscht. Der Wolf an der Pforte des Wachbewußtseins ist keine Überlagerung von Rotkäppchen und der Großmutter, wie das im Traumzustand der Fall sein mag.

(Anmerkungen siehe weiter unten)

Anmerkungen:

3 Es mag nützlich sein, das ein bißchen genauer auszuführen. Nach der allgemein anerkannten Kopenhagener Interpretation der Quanten-mechanik sind atomare Ereignisse nicht eindeutig determiniert, weil sich die objektiven Eigenschaften dieser Ereignisse nicht genau teilen lassen. Das einzige, was man tun kann, ist, die Zeit eines Ereignisses zu bestimmen. Mathematisch kann man um jeden beliebigen Punkt im Raum ein Wahrscheinlichkeitsfeld beschreiben. Dieses Feld oder diese Wolke mag im wirklichen Raum existieren oder ein Kunstprodukt - eine mathematische Konstruktion des menschlichen Geistes - sein. Aber **gleichgültig**, wie sich das verhält, wenn es zu einer Beobachtung kommt, schrumpft das Feld oder die Wolke plötzlich auf einen Punkt zusammen - den Punkt, an dem das atomare Ereignis stattfindet.

4 Vgl. meinen Aufsatz >The Quantum Physics of Consciousness Towards a New Psychology / *Integrative Psychology*. Bd. 3, S. 236-247, 1985. Meine Überlegung geht von der Hypothese aus, daß die in die Nervenzellwand eingebetteten Proteinmoleküle mit Schließfunktion dem Heisenbergschen Unschärfeprinzip (HUP) unterliegen. Dementsprechend können sie in der Nervenzellwand entweder als Energie- oder als Positionsstrukturen existieren; das heißt, sie haben zwei komplementär beobachtbare Erscheinungsmöglichkeiten. Beobachtet man die Energie dieser Moleküle, so ruft man wellenförmige Muster hervor, die an die »emotionalen Stimmungen« oder Vibrationsmuster denken lassen, von denen Gefühle beim Menschen begleitet sind. Beobachtet man die Lage dieser Moleküle, so ruft man sie als physikalische Gebilde an bestimmten Standorten innerhalb der Zellwand hervor. Das mag dann der Bildung logischer Gedächtniseinheiten in einem Computer vergleichbar sein und insofern an Denkprozesse erinnern. Diese Überlegungen sind natürlich äußerst spekulativ. Eccles postuliert für den Vesikelausstoß eine erforderliche Vesikulargeschwindigkeit. Die Berechnung des Unsicherheitsfaktors in der Geschwindigkeit eines Vesikels führt ihn zu dem Ergebnis, daß sich die Ausstoßgeschwindigkeit in den vom HUP vorgesehenen Grenzen bewegt und daß deshalb der Ausstoß unter dem Einfluß quanten-physikalischer Wahrscheinlichkeitsfelder plötzlichen beobachtungs-bedingten Veränderungen unterworfen ist.

5) Hier sind einige klärende Bemerkungen nötig. Angestrebt wird ein Feld, das als in Raum und Zeit existierend vorgestellt wird. Es trägt den Namen Wahrscheinlichkeitsfeld. Wahrscheinlichkeiten drücken sich nun aber in wirklichen positiven Zahlen aus. Sie können weder negativ noch imaginär sein, insofern sie Wahrscheinlichkeiten sind. An jeder Stelle im Raum und zu jedem Zeitpunkt hat dieses Wahrscheinlichkeitsfeld einen bestimmten, positiven, realen Wert, wir könnten sagen, eine Wahrscheinlichkeitsproportion. Je höher der Wert, um so höher die Wahrscheinlichkeit, daß an dem betreffenden Ort und Zeitpunkt das Ereignis eintreten wird. Die Befriedigung, genau zu wissen, wo und wann ein bestimmtes Ereignis stattfinden wird, kann uns die Quantenphysik nicht verschaffen. Sie kann uns nur eine Karte der Wahrscheinlichkeiten liefern. Um nun ein Wahrscheinlichkeitsfeld zu berechnen, muß man diese komplexe Quantenwelle mit einer »rückwärts in der Zeit« verlaufenden Welle multiplizieren, die sich als das Konjugiert-Komplexe der ursprünglichen Welle erweist. Zur Klärung: die ursprüngliche Welle setzt sich, wie erwähnt, aus zwei Bestandteilen zusammen - einem realen und einem imaginären Teil. Normalerweise sind die Teile ihrerseits mathematische Funktionen von Raum und Zeit. Folglich lassen sie sich getrennt betrachten. Gewöhnlich bestehen sie aus periodisch wechselnden Amplituden. Eine Sinuswelle ist ein typisches Beispiel dafür. Nun stellen solche Wellen Schwingungen dar. Die Amplituden können deshalb an einem bestimmten Punkt in Raum und Zeit positiv oder negativ im Wert sein, bezogen auf den Nullpunkt- oder Ruhepunkt der Welle. Aber wenn die Welle an einem bestimmten Punkt im Raum negativ und sogar imaginär sein kann, wie ist es dann möglich, daß sie ein Wahrscheinlichkeitsfeld darstellt, da: doch stets positiv und real sein muß?

Nach dem Bornschen Verständnis der Quantenmechanik lautet die Antwort, daß die Welle mit sich selbst multipliziert werden muß! Da wäre nun völlig in Ordnung, wenn die Welle real wäre. Jede reale Zahl wird positiv, wenn man sie mit sich selbst multipliziert. Zum Beispiel ergibt $-6 \text{ mal } -6$ die positive Zahl 36. Aber wie steht es um den imaginären Teil?

Nun, die ursprüngliche Welle ist die Lösung zu einer bestimmten Gleichung, die als Schrödingersche Wellengleichung (SWG) bekannt ist. Wie bei allen Differentialgleichungen der Mathematik hängt auch die Lösung der SWG von sogenannten »Randbedingungen« ab. Daß die Gleichung zeitabhängig ist, daß mit anderen Worten ihre Lösung von der Zeit abhängt, bedeutet, daß diese Lösung davon abhängt, wie sie an einem bestimmten anfänglichen Zeitpunkt beschaffen war. Man spricht von der initialen Randbedin-

gung. Aus der Gleichung ergibt sich dann, wie die Lösung sich von dieser Anfangsbedingung aus entwickelt. Wie sich zeigt, genügt die konjugiert-komplexe Welle auch den Anforderungen der Schrödingerschen Wellengleichung. In einem Punkt allerdings differiert die Gleichung. Die »Anfangsbedingung« ist ein Zeitpunkt, der in die Zukunft verlegt werden muß. Die Gleichung beschreibt dann, wie die Lösung sich mit *rückläufiger Zeit* ver-ändert. Mit anderen Worten, wenn man die Zeit in der Gleichung von der Zukunft zur Gegenwart rückwärts laufen läßt, beschreibt die konjugiert-komplexe Welle die Lösung als eine Welle, die von der Zukunft zur Gegenwart zurückläuft, oder, schlicht gesagt, rückwärts in der Zeit verläuft.

Diese »Sichtweise« von der konjugiert-komplexen Welle wurde erstmals in den vierziger Jahren von den Physikern John Wheeler und Richard Feynman vorgeschlagen. In die Form, in der ich sie wiedergegeben habe, wurde sie in den achtziger Jahren von dem Physiker John G. Gramer von der University of Washington gebracht. Er bezeichnet diese Art, die Wellenmultiplikation zu betrachten, als »transaktionale Interpretation« (TI).

Gegenwärtig existieren zahlreiche Interpretationen der Quantenmechanik - die bekannteste ist die Kopenhagencsche oder Bohrsche Interpretation, benannt nach ihrem Urheber Niels Bohr. In der TI schickt ein Ereignis - ein Augenblick der Erkenntnis oder der Einsichtnahme oder der Aufzeichnung eines physikalischen Faktums durch eine Apparatur beziehungsweise eine Messung (es gibt in der Quantenphysik viele verschiedene Formen, in denen dieses, wie übrigens jedes, Ereignis sich beschreiben läßt) - eine quantenmechanische Welle gleichzeitig rückwärts und vorwärts in der Zeit. An diesem Vorgang ist eigentlich nichts Merkwürdiges, auch wenn es dem Laien so vorkommen mag; die Welle bewegt sich nämlich mit Geschwindigkeiten, die über der Lichtgeschwindigkeit liegen! Wd-len, die über die Geschwindigkeitsgrenze Einsteins hinausgehen (ihm zufolge kann kein *Gegenstand schneller* als das Licht sein; aber eine Vorstellung, wer weiß, wie es damit steht?) unterliegen aber nicht den Trägheitsgesetzen und dürfen folglich überhaupt nicht als Materiewellen betrachtet werden. In einem gewissen Sinn handelt es sich bei diesen Wellen um Erzeugnisse unserer Phantasie, und doch verhalten sie sich (oder können das normale Verhalten von Materie erklären). als ob sie sich tatsächlich durch Raum und Zeit bewegten. Siehe die Verweise auf John G. Gramer in der Bibliographie. Der Leser wird sich erinnern, daß bei Erörterung des übersehen Modells der subjektiven Rückverlegung davon bereits kurz die Rede war.

8 Sigmund Freud, *Das Ich und das Es*, Ges. W, Bd. XIII, Imago, London 1955, S.246f.

9 Ebd., 5.247.