

Die Quantenwelt: Der Geist im Atom

(Paul Natterer)

Der deutsche Physiker Max Planck stellte 1900 fest, dass die elektromagnetische Strahlung strahlender Körper in getrennten Schüben oder Bündeln abgegeben wird, nicht stufenlos und ohne Unterbrechungen, wie man es bei den elektromagnetischen Wellen erwarten sollte. Planck nannte diese Schübe oder Bündel **Quanten**.

Fünf Jahre später suchte Albert Einstein nach einer Erklärung für den sogenannten photoelektrischen Effekt. Dieser besteht in der Tatsache, dass durch die Energie des Lichts Elektronen aus metallischen Oberflächen herausgeschlagen werden, obwohl Licht wie alle elektromagnetische Strahlung aus nichtmateriellen Wellen besteht. Wie können Lichtwellen zu mikroskopischen Presslufthammern werden? Einstein deutete dazu den Lichtstrahl als einen Strom selbstständiger „materieller“ Teilchen, die er **Photonen** nannte.

- Quanten und Photonen zeigten die Doppelnatur – als **Welle** und **Teilchen** – des Lichts bzw. der elektromagnetischen Strahlung überhaupt.
- Wenig später stellte sich heraus, dass auch umgekehrt die Materie bzw. ihre Bestandteile, die Elementarteilchen wie z.B. Elektronen, sich wie Wellen verhalten können: Alle Materie besteht aus „nichtmateriellen“ Wellen.
- 1927 entwickelten Werner Heisenberg und Erwin Schrödinger eine neue mathematische Beschreibung der physikalischen Mechanik für diese Wellen, als welche sich die elementaren Bestandteile der Materie herausgestellt hatten: die **Quantenmechanik**. Einige Dinge sind hier allerdings anders als in der klassischen physikalischen Mechanik: Alles ist zunächst mit einem grundsätzlichen **Unbestimmtheitsfaktor** behaftet. Dieser erlaubt nicht Ort und Impuls eines Teilchen/Welle zugleich absolut präzise festzulegen. Die Dinge existieren nur in bestimmter Hinsicht aktuell, in anderer Hinsicht bleiben sie unfassbare Schemen, sind sie lediglich potenziell da.
- Dramatisch ist ein weiterer Punkt: Berühmte Versuche wie das Doppelspaltexperiment zeigen, dass diese Teilchen/Wellen offensichtlich ein **apriorisches Wissen** um das Verhalten anderer Teilchen/Wellen haben. Dieses gilt selbst für die **Zukunft**: Sie wissen von vorne herein, wie sich die Dinge in ihrer Umwelt entwickeln werden. Das Allerunglaublichste ist

jedoch, dass sie **Zeitreisen** unternehmen können und über **Rückwärtsverursachung** verfügen, d. h. in der Lage sind, die Vergangenheit zu ändern. Dass sie auch in der Lage sind, augenblicklich erfolgende **Fernwirkung** – schneller als die Lichtgeschwindigkeit – über riesige Distanzen zu verursachen, klingt dagegen schon fast wieder harmlos, was es nicht ist. Seit mehreren Jahrzehnten sind dies die ganz harten Nüsse, an denen sich berühmteste Vertreter der Physik abgearbeitet haben.

- Eine Deutung der geheimnisumgebenen Quantenwelt, die nichts anderes als unsere Welt ist, ist die sog. **Kopenhagener Interpretation**. Sie stammt von Niels Bohr, dem Vater der Atonphysik. Man kann sagen, dass diese Deutung heute die offizielle Auffassung unter Physikern ist: „Nach Bohrs Interpretation der (Quanten-)Theorie genießt die Welt, da draußen... keine Unabhängigkeit aus sich selbst heraus, sondern ist unmittelbar mit unserer Wahrnehmung von ihr verbunden“ (Davies/Brown: *Der Geist im Atom. Eine Diskussion der Geheimnisse der Quantenphysik*, Basel/Boston/Berlin 1988, 7). Die aktuelle, objektive Wirklichkeit hängt also von einem beobachtenden Subjekt ab. Zu dieser **Subjektabhängigkeit der Realität** kommt die ganzheitliche, **holistische Struktur** der Natur:

„Die Quantenrealität der Mikrowelt ist untrennbar mit der Struktur der Makrowelt verbunden. Das Teil hat, mit anderen Worten, für sich allein keine Bedeutung, sondern nur in Verbindung mit dem Ganzen. Dieser ganzheitliche Charakter der Quantenphysik hat großen Anklang bei den Anhängern östlicher Mystik gefunden, der Philosophie, die in fernöstlichen Religionen wie Hinduismus, Buddhismus und Taoismus zum Ausdruck kommt. Und tatsächlich haben viele Physiker, einschließlich Schrödinger, in den ersten Tagen der Quantentheorie sehr schnell Parallelen gezogen zwischen der Quantenvorstellung vom Ganzen und seinen Teilen und der traditionellen östlichen Vorstellung der Harmonie und Einheit der Natur.“
(Davies/Brown, a.a.O. 1988, 23–24)

- Einstein und andere haben sich gegen diese Auffassung leidenschaftlich aufgebäumt. Ein zentrales Argument war dabei ein Gedankenexperiment, das unter dem Namen **Einstein-Podolsky-Rosen-Experiment (EPR)** berühmt geworden ist. Diese Deutung will das beschriebene geheimnisvolle **Hyperwissen** und die **Hyperkräfte** der Quanten auf noch unbekannte konventionelle physikalische Faktoren (**lokale verborgene Variable**) zurückführen, also auf bisher unbekannte Faktoren oder Kräfte, durch die sich dann alles ganz harmlos aufkläre. Neue logisch – mathematische Analysen wie die sog. Bell'sche Ungleichung (1965) und die experimentelle Überprüfung v.a. durch Alain Aspect (1982) zeigten inzwischen die Unhaltbarkeit der Einstein-Podolsky-Rosen-Deutung. Wer den Grundsatz der Lokalität nicht aufgeben will, hat also keine andere Möglichkeit, als die Materiewellen, aus denen alles besteht, als lediglich abstrakten Möglichkeitsraum zu deuten, als virtuelle Überlagerung vieler, unendlich vieler Quantenzustände. Erst wenn durch Deuten und Tun von Subjekten oder Beobachtern – z.B. im Experiment – diese virtuellen Wellen auf bestimmte Eigenschaften hin abgehört, konzentriert sowie fixiert werden, werden sie zu aktuellen Dingen, Partikeln, Realitäten im gewohnten Sinn. Die

Physiker haben dafür die Formel Geist über Materie (*mind over matter*) geprägt.

„Folgen wir der Logik der Quantentheorie bis in ihre letzten Konsequenzen, so verflüchtigt sich der größte Teil des physikalischen Universums in ein Schattenreich der Phantasie.“ (Davies/Brown a.a.O. 1988, 43)

- Eine weitere, in der gegenwärtigen Physik erörterte Erklärung nennt man die **Quantenpotenzialerklärung**. Sie stellt einen Versuch dar, die verborgenen Variablen Einsteins weiterzudenken, allerdings unter Preisgabe des Grundsatzes der Lokalität. Dieser Grundsatz besagt, dass die Dinge, um irgendwo mitspielen zu können, dort auch anwesend, lokalisiert sein müssen, dass sie also namentlich keine Fernwirkung mit Überlichtgeschwindigkeit ausüben können. Wenn man also – so die Quantenpotenzialerklärung – annimmt, dass das Universum oder die Natur nur ganzheitlich (holistisch) in den Griff zu bekommen ist, dann kann man das Universum auf der Quantenebene als ein ganzheitlich reagierendes Potenzial verstehen. Dieses virtuelle, potenzielle Quantenuniversum enthält dann alle Informationen über die Welt, auch:

„verschlüsselte Informationen über die Meßapparatur, entfernte Beobachter usw. Auf diese Weise ist die ganze physikalische Realität über einen weiten Raum (im Prinzip über das ganze Universum) in diesem Potential verkörpert.“ (Davies/Brown a.a.O. 1988, 53)

Bei Aufgabe des Grundsatzes der Lokalität kann so also durchaus eine Kritik und Alternative zur Kopenhagener Interpretation vertreten werden. Bekannte Befürworter einer solchen Quantenpotenzialerklärung der Quantenmechanik sind Bohm, Auyang und Smolin. Sie nehmen an: Im holistischen Quantenfeld ist die Gesamtrealität (Information) des Universums nicht nur potenziell, sondern objektiv-aktuell, aber für *unsere* Wahrnehmung und Erfahrung nicht direkt zugänglich kodiert (**globale verborgene Variable**).

- Eine noch radikalere und bisher rein spekulative Alternative zur Kopenhagener Deutung der Quantentheorie ist die **Mehrfachweltenerklärung** oder **Multiversumtheorie**. Sie postuliert, dass alle Alternativen des globalen abstrakten Möglichkeitsraumes der Quantenrealität **aktuell** existieren und jeder kognitive und operative Eingriff zu einer neuen Verzeigung führt (**Ablegeruniversum**). Dahinter steht die Idee, dass alle potenziellen Möglichkeiten und Alternativen, die auf der Quantenebene in den Dingen stecken, nicht nur potenziell oder virtuell sind, sondern **aktuell** existierend, real. Jeder Eingriff in die Welt, z.B. ein physikalischer Messvorgang, der ein virtuelles Quantensystem zu einer einzigen aktuellen Erscheinungsform herunterdestilliert, erzeugt so automatisch ein Ablegeruniversum, weil ab diesem Punkt nichts mehr so ist wie früher:

„Allgemeiner gesagt, wenn sich ein Quantensystem in Überlagerung von n Quantenzuständen befindet, so teilt sich das Universum nach einem Meßvorgang in n Kopien. Da n meistens unendlich ist, müssen wir annehmen, daß parallel zu der Welt, die wir gerade wahrnehmen, eine unendliche Zahl von «Parallelwelten» existiert.“ (Davies/Brown a.a.O. 1988, 53)

tieren. Diese Welten werden außerdem von unendlich vielen Individuen bevölkert, die mit jedem von uns mehr oder weniger identisch sind.“ (Davies/Brown a.a.O. 1988, 50)

- In einer anderen Version der Geschichte arbeitet man mit einer endlosen Zahl von Welten und ohne Verzweigungen. Gegen die Theorie der Mehrfachwelten wird natürlich eingewandt, dass sie mit diesen Billionen und Trillionen usw. von Paralleluniversen einen gigantischen, nichtphysikalischen, spekulativen Ballast in die Wissenschaft einführe, der die Dinge nur noch schlimmer mache. Schwerer wiegt noch, dass die Mehrfachweltentheorie **keine Erklärung der Ursache der Kondensierung eines virtuellen Quantensystems zu einem aktuellen konkreten Ding** ist, das wir z.B. bei einer Messung beobachten. Die Mehrfachweltentheorie ist nur eine (mögliche) **Beschreibung der Folgen**, so dass die Mehrfachwelten-„Interpolation das Problem der Messung nicht löst, sondern es einfach beiseite schiebt“ (Davies/Brown a.a.O. 1988, S. 52).
- John Wheeler, eine der gewichtigsten Stimmen unter den Quantenphysikern, betonte 1986, dass die Quantentheorie letzten Endes in die Welt der Kognitionswissenschaften und Philosophie führe und nur so weiter aufgeklärt werden kann:

„Sollten wir in der Natur jemals etwas entdecken, das Raum und Zeit erklärt, dann müsste es auf jeden Fall etwas sein, das tiefer ist als Raum und Zeit – etwas, das selbst keine Lokalisierbarkeit in Raum und Zeit hat. Und genau das ist das Erstaunliche an einem elementaren Quantenphänomen – dem großen feuerspeienden Drachen. Es stellt etwas von rein erkenntnistheoretischem Charakter dar, ein Informationsatom, das zwischen seinem Anfang und seiner Registrierung keine Lokalisierbarkeit hat. Hier liegt das Wesentliche des Experiments der verzögerten Wahlentscheidung.“ (Davies/Brown a.a.O. 1988, 84)
- Der Begründer der Physik als Wissenschaft, Aristoteles Stagirites, der bekannte Meisterschüler Platons und Lehrer Alexander des Großen, hat in seinen Physikvorlesungen hierfür das **Materie – Form bzw. Potenz – Akt** – Modell der Materie entwickelt: Diese entsteht aus dem Zusammenspiel von unbestimmter Möglichkeit, Potenz und bestimmter Form, intelligibler Struktur, durch die die potenzielle Materie erst zu einer aktuellen Realität wird. Es ist daher nicht überraschend, dass man unter Naturwissenschaftlern und Philosophen für Aristoteles heute wieder neues und lebhaftes Interesse empfindet.
- Immanuel Kant (1724 – 1804) hat denselben Sachverhalt mit der Unterscheidung von Ding an sich und Ding in der Erscheinung auf den Punkt gebracht. Viele Kantforscher wie Erich Adickes, Lorne Falkenstein und andere identifizieren mit sehr guten Gründen die kantische Konzeption des **Dinges an sich** mit platonischen Ideen oder dem aristotelischen begrifflichen, nichtmateriellen *Eidos* einer Sache, als einem vorempirischen, apriorischen, intelligiblen **Formprinzip**. Raum und Zeit werden von Kant auf der anderen Seite als transzendente, apriorische Bedingungen der **Dinge in der Erscheinung** charakterisiert. Dies erinnert wiederum sehr an die *materia prima* der aristotelisch-scholastischen Philosophie. Auch diese

ist ein vorempirisches, apriorisches **(Material-)Prinzip** der empirischen Dinge (*materiae secundae*), und zwar *qua* ultimatives, bestimmungsloses, rein potentielles Substrat. Dessen Funktion ist die eines Projektions- oder Präsentationsraums der Individuation, des Werdens, der Entwicklung und des Vergehens der intelligiblen Formen in der Zeit. Dem mit der aristotelisch-scholastischen Philosophie Vertrauten wird spätestens hier auffallen: Das kantische Lehrstück des Zusammenspiels intelligibler Formprinzipien (Ding an sich) mit den transzendentalen Anschauungsformen als transzendental-materiales Koprinzip in der vorempirischen Konstitution der empirischen, materiellen Dinge, erscheint wie eine Reformulierung des aristotelischen Hylemorphismus (Aristoteles: *Metaphysik* VII, 3, XII, 1–5; Thomas Aquinas: *De ente et essentia*).