DIE MÖGLICHKEIT EINER ONTOLOGISCHEN DEUTUNG DER QUANTENMECHANIK

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades
der Philosophie Fakultät
der Justus Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von

Jongduck Choi
aus Seoul

Gießen 1992

최종덕

DIE MÖGLICHKEIT EINER ONTOLOGISCHEN DEUTUNG DER QUANTENMECHANIK

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades
der Philosophie Fakultät
der Justus Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von

Jongduck Choi
aus Seoul

Gießen 1992

Dekan :

I. Berichterstatter : Prof. Dr. Bernulf Kanitscheider

II. Berichterstatter : Prof. Dr. Manfred Stöckler

Inhaltsverzeichnis

Einleitung 4

1. Realistische Interpretation des EPR-Argumentes 8
1.1. Fragestellung des EPR-Argumentes 8
1.2 EPR-Experiment- Unvollständigkeit der Quantenmechanik 12
1.3 Das Einsteinsche Lokalitätsprinzip 17
1.4 Die Möglichkeit der Existenz der verborgenen Variablen 19
1.5 Die Existenz der Außenwelt und Realismus 23

2. Kopenhagener Interpretation der Quantenmechanik 30
2.1 Bohrs Antwort auf das EPR-Argument 30
2.2 Kopenhagener Interpretation und Antirealismus 34
2.2.1 Komplementaritätsprinzip 34
2.2.2 Eine Wellenfunktion bei der Registration 40
2.2.3 Objektivität 42
2.2.4 Realitätsbegriffe der Kopenhagener Interpretation 47
2.3 Die Orthodoxe Interpretation 51
2.3.1 Das Problem des Meßprozesses 51
2.3.2 Von Neumanns Argument für die Unmöglichkeit, in die Quantenmechanik verborgene Variablen einzuführen 57

3. Möglichkeit der nichtlokalen Theorien 63
3.1 Bohmsche Interpretation 63
3.1.1 Bohmsche Interpretation der Wellenfunktion 64
3.1.2 Die Möglichkeit der Feststellung von verborgenen Variablen 69
3.2 Bellsches Theorem 73
3.2.1 Bellsches Theorem und Bellsche Ungleichung 74
3.2.2 Die nichtlokalen Variablen 79
3.2.3 Korrelationsexperimente 81
3.3 Die auf Nichtlokalität basierenden Erklärungsmodelle. 85
3.3.1 Gibt es Verbindungen mit Überlichtgeschwindigkeit 86
3.3.2 Die Viele-Welten-Interpretation der Quantentheorie ... 94

4. Die philosophische Möglichkeit des Holismus 100
4.1 Der holistische Zusammenhang 100
4.1.1 Der Relationalität - Beziehungsabhängige Realität ... 102
4.1.2 Bertlmanns Socken 105
4.2. Organische Realität 112
4.2.1 Die Wiederkehr der Kausalität 112
4.2.2 Der organistische Ansatz 116

5 Whiteheads organische Philosophie 123
5.1 Der Naturbegriff Whiteheads 125
5.1.1 Kritik der Abstraktion 126
5.1.2 Schlüsselwort für das Verständnis der Natur 129
5.1.3 Organisches Naturbild 132
5.2 Realitätsbegriff 136
5.2.1 Aktuelle Entität und eternales Objekt 136
5.2.2 Relationalität 139
5.3 Holismus und der Zusammenhang mit der Quantenmechanik 142

6. Ontologische Vorstellungen vom Tao-Allumfassenden ... 150
6.1 Fragestellung 150
6.2 "Chi"-Philosophie des Konfuzianismus 152
6.2.1 Entwicklung des Konfuzianismus 152
6.2.2 Die polaren Embleme "Yin und Yang" 154
6.2.3 Die Undifferenziertheit - "Chi" 156
6.3 Taoistische Ganzheit 160
6.3.1 Selbständigkeit des Tao 160
6.3.2 "Einheit aller Dinge" 163
6.4 Bedeutung der Chi-Philosophie 165
6.5 Gibt es innerlich einen Zusammenhang mit der Quantenmechanik? 168

7. Die Einheit des Universums im Buddhismus 174
7.1 Verbreitung des Buddhismus in China 174
7.2 Der holistische Charakter des Mayahana-Buddhismus ... 177
7.2.1 Eine Erkenntnis zur Einheit 177
7.2.2 Der Holismus in der Hua-yen-Philosophie 182
7.2.3 Der Holismus und die Kausalität 188

7.3 Der Zusammenhang mit der Quantentheorie 191

8. Die Möglichkeit der Synthese 196
8.1 Kann man die physikalischen Probleme der Quantenmechanik mit dem östlichen Denken lösen? 196
8.2 Sprache und Ontologie 205
8.3 Zusammenfassung 209

Literaturverzeichnis 212

Einleitung

Eine physikalische Theorie ist ein sich ständig entwickelndes Gedankensystem, dessen Grundlagen durch freie Erfindung gewonnen werden, dessen logische Folgerungen sich aber an den physikalischen Erfahrungen bewähren müssen. Sie wird von Menschen gemacht und entspringt ihrem Versuch, die Natur zu verstehen. Deshalb muß man vom Menschen ausgehen, um physikalische Theorien als Schöpfung voll begreifen zu können. Daraus folgt, daß die physikalischen Interpretationen zwischen Natur und Mensch vermitteln und die Bedingungen seines Verständnisses der Natur reflektieren müssen. Diese Bedingungen werden durch ontologische Annahmen ausgedrückt, d.h. physikalische Theorien können ihre Funktion beim Verstehen der Natur nicht vollkommen erfüllen, ohne ein ontologisches Bild der physikalischen Realität zu erzeugen. Auf Grund dieser metaphysischen Voraussetzung bezieht sich meine Arbeit auf die Bedingungen der ontologischen Interpretation physikalischer Theorien.

Leider gibt es immer noch keine allgemein akzeptierten Kriterien für die Existenz der in einer physikalischen Theorie behandelten Entitäten. Es ist möglich, daß unser menschliches abstraktes Vermögen des begrifflichen Denkens und unsere bisherigen physikalischen Experimente die Realität selbst niemals vollständig erfassen können. Diese Schwierigkeit entstammt nicht nur der Natur an sich, d.h. der Komplexität der Natur, sondern auch dem menschlichen Erkennen. Um diese Schwierigkeit zu lösen, müssen (die philosophische) Ontologie und (die naturwissenschaftliche) Epistemologie miteinander verbunden werden, und diese Verbindung können wir in neuen Ansätzen zur Interpretation der modernen Quantenphysik auf dem Hintergrund des traditionellen östlichen Denkens finden.

Die ontologische Dimension ist von jener der physikalischen Erfahrung getrennt. Daher wäre es genauso absurd, wenn man die Physik durch die Ontologie beweisen wollte, wie wenn die Ontologie umgekehrt versuchen sollte, sich durch die Physik be-

stätigen zu lassen. Alle Versuche, die Fragen der Realität zu lösen, müssen aber fehlgehen, wenn sie abstrakt, ohne Kontakt zu physikalischen Erfahrungen behandelt werden. Ontologische Probleme beziehen sich immer auf das Hintergrund-Problem der physikalischen Realität. Und die ontologischen Interpretationen der Physik dürfen sich nicht auf die Physik beschränken. Die Ontologie folgt zwar dem geistigen Produkt der Physik, könnte aber manchmal die Richtung desr physikalischen Gedankens leiten.

Das Problem der ontologischen Deutung physikalischer Theorien sollte im Zusammenhang mit den metaphysikalischen Hintergrundsüberzeugungen der beteiligten Physikers gesehen werden. Bei der Beschreibung des physikalischen Realitätsbegriffes ist es auch wichtig, seinen metaphysischen Hintergrund zu behandeln. Daher denke ich, daß es sich lohnt, nicht nur die Interpretation der modernen Quantenphysik selbst zu untersuchen, sondern auch die Interpretation der Quantenphysik aus der Perspektive der Philosophie Whiteheads und des östlichen Denkens anzuregen. Hierbei kommt es mir sowohl auf die Beziehung der verschiedenartigen Interpretationen der Quantenmechanik zur Ontologie an, als auch umgekehrt darauf, ob und wie die philosophische Ontologie sich auf die Interpretation der Quantenmechanik beziehen kann.

Die klassische Physik basierte auf der Annahme, daß im Prinzip alle Zustandsgrößen der physikalischen Gegenstände beliebig genau meßbar seien. Diese Vorstellung mußte mit der Etablierung der Quantentheorie aufgegeben werden. Bekanntlich ist die gleichzeitige Kenntnis der Observablen zweier konjugierter Operatoren durch die Unbestimmtheitsrelation beschränkt. Die Frage, ob sich diese Beschränkung allein auf unsere Kenntnis der Realität oder auf deren Existenz selbst bezieht, wurde durch die sich an den EPR-Aufsatz "Can Quantummechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?"[1] anschließende Debatte physikalisch und naturphilosophisch disku-

[1] Einstein, Podolsky und Rosen: "Can Quantummechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?" Phys.Rev. 47(1935)

tiert. Der EPR-Argument ist im Grunde einfach. Einstein stellt sich die Frage, ob die Beschreibung der Natur, die die Quantentheorie liefert, vollständig ist. Wenn man eine solche Frage stellt, muß man sich klar sei, was unter "Natur", "Theorie" und "Vollständigkeit" zu verstehen ist.

Das EPR-Experiment sollte die Unvollständigkeit der Quantenmechanik zeigen, weil die Wellenfunktion eine vollständige Beschreibung eines realen Zustandes nicht geben kann. In dieser Hinsicht entstand das Realitätsproblem. In der Debatte um das Realitätsproblem spielten unterschiedliche Realitätsbegriffe von Einstein und Bohr eine Rolle. Und Bohm hatte sich bereits zwischen Einstein und Bohr eingeordnet. Später - in den 60er Jahren - bewies Bell ein bemerkenswertes Theorem im Zusammenhang mit Versuchen bezüglich des EPR-Experiments. Die von vielen Physikern wie Einstein, Bohr, Bell, Bohm usw. als Lösung des EPR-Paradoxons eingeführten Interpretationen der physikalischen Realität haben ontologischen Charakter.

Der allgemeine Ansatz meiner Arbeit zeigt sich in die Richtung eines ontologischen Holismus. Dieser Ansatz verbindet sich jedoch mit einem grunsätzlichen Realismus. Also ist mein Hauptziel eine Verbindung zwischen ontologischem Holismus und erkenntnistheoretischem Realismus. Und ich werde erörtern, ob das Paradigma der Relationalität im östlichen Holismus sich in der Tat auf die holistischen Interpretationen der Quantenmechanik beziehen läßt. Mithilfe der Verbindung von Holismus und Realismus möchte ich zeigen, daß die Kausalität mit dem holistischen Paradigma vereinbar ist. Verfolgung dieses Ziels ist die Philosophie Whiteheads und die östliche Philosophie, die in der zweiten Hälfte der Arbeit behandelt werden. Hierbei muß man achten, daß der östliche Holismus und die holistische Interpretation der Quantenmechanik zwar gleichformig sind, aber voneinander unterschiedliche logische Denkformen haben.

Die methodischen Vorbemerkungen sollen durch einen Überblick über den Inhalt der Arbeit abgeschlossen werden. Im ersten Kapitel wird das EPR-Argument als Angelpunkt der ganzen Arbeit

aus Einsteinschen Sicht behandelt. Einstein hielt die Quantenmechanik für unvollständig, weil die Wellenfunktion eine vollständige Beschreibung eines realen Zustandes nicht geben kann. Das zweite Kapitel befaßt sich mit der Kopenhagener Interpretation. Sie zeigt den Charakter des Anti-Realismus. Bohrs Kopenhagener Haltung, die auf der Beobachtung als philosophische Grundlage der Quantentheorie beharrte, geht von der Auffassung der Wechselwirkung von Objekt und Meßvorrichtung aus. Offensichtlich stehen die beiden obigen Standpunkte gegeneinander. Das dritte Kapitel zeigt, daß die Demonstration der Nichtlokalität durch das Bell Theorem wesentlich zur Klärung des Quantenrealitätsproblems beigetragen hat. Im vierten Kapitel wird der organistische und holistische Gesichtspunkt der Quantenmechanik betont. Es zeigt sich, daß alle Wahrscheinlichkeitsaussagen grundsätzlich auf das uneingeschränkte Kausalprinzip reduzierbar sind, nämlich daß man alle Informationen über das Quantensystem aus der Wellenfunktion ableiten kann. Das fünfte Kapitel befaßt sich mit Whiteheads organischer Philosophie. Ausgehend von Annahmen der organischen Ganzheit steht die Naturphilosophie Whiteheads in untrennbarem Zusammenhang mit der Korrelationsidee. Im sechsten und siebten Kapitel wird die Vorstellung der Einheit der Natur im östlichen Denken aufgezeigt: Im sechsten Kapitel wird die holistische Haltung des Konfuzianismus und Taoismus behandelt. Dabei ist das "Allumfassende" oder "Tao" eine verborgene Ordnung der Umwandlung und des Wechsels. Und im siebten Kapitel wird der organische Holismus des Hua-yen-Buddhismus dargestellt, welcher besagt, daß die Erscheinung aller gegenständlichen Ereignisse auf der gegenseitigen Abhängigkeit basiert. Im letzten Kapitel werde ich zeigen, daß es falsch ist, mit dem östlichen Denken oberflächlich Probleme wie die EPR-Korrelationen direkt lösen zu können. Dies führt mich zur Kritik an der "New-Age-Bewegung".

1. REALISTISCHE INTERPRETATION DES EPR-ARGUMENTES

1.1 Fragestellung des EPR-Argumentes

Die in der klassischen Mechanik begründete Vorstellung basiert auf der Existenz eines absoluten Raumes und einer absoluten Zeit, in der die mechanischen Vorgänge durch Differentialgleichungen exakt beschrieben werden können. Die Eigenschaften mechanischer Systeme müssen sich nach dieser Konzeption daher für alle Zukunft vorhersagen lassen, sofern nur die Anfangsbedingungen genau bekannt sind. Nach der klassischen Mechanik ist es nämlich prinzipiell möglich, genau vorauszusagen, wie ein gegebenes Ereignis sich entwickeln wird, wenn wir nur alle dazu notwendigen Informationen besitzen.[1] Sie entält die folgenden Annahmen:[2] I) Der Beobachter greift nicht störend ein, er beobachtet nur das System. II) Die physikalische Welt ist ein riesiges Uhrwerk; das man durch Analyse der Wirkungsweise der Einzelteile verstehen kann, ohne durch die Analyse seinen zukünftigen Gang zu stören. Und die Newtonschen Bewegungsgesetze prophezeiten eine eigenartige Symmetrie. Die Uhr funktioniert vorwärts ebensogut wie rückwärts. Von jedem zeitlichen Augenblick aus ist die Zukunft vollständig vorherbestimmt. Schließlich setzt die Ontologie der klassischen Physik eine "an sich vorhandene" Realität voraus. III) Und sie erlaubt die Beschreibung der Dynamik von Massenpunkten.

Würde man aber etwas derartiges auf der Ebene der Quantenmechanik versuchen, wäre die Situation völlig verschieden. In der Quantentheorie wird die Wellenfunktion der Wahr-

---

[1] Theo Mayer-Kuckuk:"Was ist in der Physik ein Gesetz" In: Philosophie,Physik und Wissenschaftsgeschichte (Scheibe Hg.) Berlin 1988 S.37

[2] Cohen,I.B.:Isaac Newton's Papers & Letters.Cambridge,1958 S.3-19

scheinlichkeit als Grundeigenschaft der mikroskopischen Prozesse erkannt. Dies ist eine sehr grundlegende Änderung in der Auffassung des Menschen von der physikalischen Realität. Die Verwunderung über die Quantenmechanik geht aus von einer Auffassung der Realität, wie sie vor allem in Verbindung mit der klassischen Mechanik aufgetreten ist, einer Ontologie der klassischen Physik.

Nach der Standardinterpretation der Quantenmechanik ist es nicht einmal im Prinzip möglich, genug über die Gegenwart zu wissen, um eine exakte Voraussage über die Zukunft zu machen. Selbst wenn wir über die Zeit und ein entschlossenes Durchhaltevermögen verfügen, ist es nicht möglich, zukünftiges Verhalten des Quantensystems vorauszusagen. Es ist keine Frage des Umfangs der Aufgabe oder unzureichender Meßgeräte. Die innere Natur der Realität ist so beschaffen, daß wir wählen müssen, welchen Aspekt von ihr wir am genauesten kennenlernen wollen, da wir jeweils nur einen der zahllosen Aspekte zur selben Zeit exakt messen können. Das Kernproblem der erkenntnistheoretischen Interpretation der Quantentheorie ist die Reduktion der Wellenfunktion beim Meßakt. Hierbei muß die Frage gestellt werden, ob die Wellenfunktion der im Konfigurationsraum liegenden Wahrscheinlichkeitswelle den Zustand des Einzelteilchens wirklich vollständig beschreiben kann oder nicht. Man müßte sich klar darüber sein, ob die mikrophysikalischen Gegenstände nur für den phänomenalen Prozeß oder für die wirklichen Realität gehalten werden sollen. Die Geschichte des Problem reicht bis zur Mach-Boltzmann-Debatte zurück.

Boltzmann nannte sich selbst einen Realisten.[3] Er betonte, daß wir daran glauben müssen, daß eine objektive Außenwelt existiert. Also muß man nach Boltzmann daran glauben, daß wirklich etwas hinter den Erscheinungen ist, die wir wahrnehmen. Er schrieb:"Wir müssen nämlich daran fest glauben, daß unabhängig von unserem Dasein, auch wenn gar kein Mensch existiert, ein bestimmter Zusammenhang der Naturvorgänge statt-

---

[3] Broda,Engelbert:Ludwig Boltzmann.Wien 1986 S.107-109

findet".[4] Während Boltzmann ein traditioneller Atomist war, akzeptierte Mach die reale Existenz der Atome nicht. Mach betonte weiterhin, daß eine statistische Interpretation des zweiten Hauptsatzes zu einer Einschränkung der absoluten Gültigkeit im Sinne eines mechanischen Gesetzes führt und daß dieses Konzept und die damit in enger Beziehung stehende Atomistik unzureichend bzw. falsch sein müssen. Im Verlaufe der ersten Jahre des 20. Jahrhunderts wurden die Atome durch Experimente und theoretische Arbeiten, wie die Beschreibung der Brownschen Bewegung durch Einstein, definitiv als real existierende physikalische Aggregate nachgewiesen. Es schien also, als hätten die Machschen Einwände gegen die Atomistik ihre Argumentationskraft verloren.[5] Aber nach dem Auftreten der Wellentheorie wurde die Situation noch schwieriger. Die Mach-Boltzmann-Debatte, die sich darauf bezogen hatte, ob man das Atom als physikalische Realität betrachten kann oder nur als eine Ausdrucksweise, um sich die thermodynamischen Resultate vorzustellen, konnte schließlich im 19. Jahrhundert nicht endgültig entschieden werden. Im Sinne der Suche nach der Beziehung zwischen Phänomen und Wirklichkeit wurde diese Debatte später in der Debatte um die Quantenrealität zwischen Einstein und Bohr fortgesetzt.

Zwischen Einstein und Bohr ging es um die Interpretation der Quantenmechanik und die Frage nach der physikalischen Realität. Sie fragten nach der Existenz eines Quantenbereichs in der Natur. Genauer gesagt, war das Problem der Einstein-Bohr-Debatte, ob eine vollständige Beschreibung der physikalischen Realität möglich sei. Bei der Diskussion über die Interpretation der Quantenmechanik wurde, nach der Einsteinschen Auffassung, die realistische These von der Existenz einer objektiven Realität auoh im mikrophysikalischen Bereich fast immer gleichgesetzt mit der wenigstens grundsätzlichen Möglichkeit einer adäquaten physikalischen Beschreibung der objektiven Realität. Kurz gesagt, soll die Theorie als Beschreibung einer objektiven Realität verstanden werden können.

---

[4] Boltzmann:Populäre Schriften.Braunschweig 1979 S.107
[5] Abriss,E.:Geschichte der Physik S.261

Diese Diskussion um die Interpretation der Quantentheorie, einschließlich der Debatte zwischen Einstein und Bohr um Realität, ging nicht um die experimentelle Bestätigung des mathematischen Formalismus, sondern um seine erkenntnistheoretische Interpretation. "Die Quantenmechanik ist als die erste Theorie in der Geschichte der Physik anzusehen, in der eine völlige Disparität zwischen mathematischen Formalismus und erkenntnistheoretischer Interpretation auftritt".[6] Hierbei muß man beachten,[7] daß aus der Syntax des mathematischen Formalismus auch in der Quantenmechanik noch nicht die Semantik folgt.

In der Alltagssprache verständigt man sich leicht darüber, was mit Realität gemeint ist. Die Eigenschaften der in der Realität gegebenen und aus Beobachtungen konstituierten Objekte legen eine bestimmte Konzeption des Realismus nahe, zu der die Separierbarkeit und die klassischen Kausalität gehören. Diese Konzeption läßt sich auf die Beschreibung klassisch-physikalischer Sachverhalte anwenden, führt aber im Bereich der Quantenphysik zu schwerwiegenden Problemen.[8] In dieser Hinsicht rief das EPR-Gedankenexperiment die Debatte um Realität hervor und zeigte die Unterschiede zwischen den erkenntnistheoretischen Interpretationen der Realität.

In der Quantentheorie bezieht diese Semantik sich eng auf die Interpretationen des Meßprozesses, da das Meßproblem eine Kernpunkt in der Quantentheorie ist. Deshalb brauchen wir noch die erkenntnistheoretischen Interpretation bei der Annährung der Quantentheorie. Die verschiedenen Interpretation der Quantenmechanik können als unterschiedliche Versuche angesehen werden, die Antwort auf die Rätsel des Meßprozesses zu geben. In der Debatte um mögliche physikalische Interpretationen der

---

[6] Kutschmann:"Zur Interpretation der Quantenmechanik" Phil Nat.19(1982) S.547

[7] vgl. Ballentine,L.E.,etc.:"Quantum-mechanics debate" Physics Today Apr.1971 S.36-38

[8] vgl. Mittelstaedt,P.:"Objektivität und Realität in der Quantenphysik. In: Audretsch,J./K.Mainzer(Hg.):Wieviele Leben hat Schrädingers Katze?. Mannheim 1990 S.129-133

Quantenmechanik wurden unterschiedliche philosophische Positionen bezogen, die aus der Philosophiegeschichte wohlbekannt sind. Man muß bei dem Verständnis der Quantenwelt daran denken, daß die erkenntnistheoretische Interpretation nur innerhalb eines ontologischen Kontextes verstanden werden kann. Nun werde ich die Begriffe, die in meiner Arbeit häufig auftreten, nach der Definition von Cushing kurz beschreiben.[9] Natürlich müssen solche Begriffe später im Detail erklärt werden.

Physikalische Realität - Die Existenz einer objektiven, vom Beobachter unabhängigen Welt.

Determinismus - genügende Informationen zu einem Zeitpunkt t_0 lassen die Voraussagen einer bestimmten Folge zu einer späteren Zeit t zu.

Kausalität - Jede Wirkung hat ein(e) bestimmtes vorausgehendes Ereignis (od. Ursache).

Lokalität - keine Superluminalität[10]

Separabilität - Die räumlich getrennten Systeme haben immer voneinander unabhängige Eigenschaften und Existenz.

1.2 EPR-Experiment - Unvollständigkeit der Quantenmechanik

Wissenschaftshistorisch nimmt das Jahr 1935 eine Schlüsselstellung für die naturphilosophische Debatte der Quantenmechanik ein. Im Jahre 1935 veröffentlichte Einstein zusammen mit Podolsky und Rosen einen Aufsatz mit einem Beweis für die Unvollständigkeit der Quantentheorie, in dem eine charakteristische Merkwürdigkeit der Quantenwelt zum Ausdruck kam. Einstein, Podolsky und Rosen behaupteten, daß die Quantentheorie keine vollständige Theorie sei, da sie bestimmte wichtige Aspekte der physikalischen Realität nicht beschreibe, die existiere, selbst wenn sie nicht beobachtet werde. Ihre

---

[9] Cushing,James T. / McMullin,Ernan (Hg.): Philosophical Consequences of Quantum Theory. Notre Dame, 1989 S.10

[10] Eine Wechselwirkung heißt lokal, wenn sie
1)mit Unterlichtgeschwindigkeit stattfindet und
2)jeder Raumpunkt unabhängig von allen anderen Punkten ist.
(vgl. Kanitscheider,Bernulf: Wissenschaftstheorie der Naturwissenschaft. Berlin/New York 1981. S.246)

Stellungnahme über die physikalischen Realität unterscheidet sich grundsätzlich von der angeblichen Standardinterpretation der Quantentheorie, worin die Voraussagbarkeit und eine eindeutige Korrespondenz zwischen Zustandsbeschreibung und Realität keineswegs möglich sind. Einstein hat diese erkenntnistheoretische Interpretation der Quantentheorie abgelehnt. Er hat die Vollständigkeit der Theorie gefordert und die folgenden Kriterien der Realität vorgeschlagen[11]:

Kriterium 1: Eine notwendige Bedingung der vollständigen Beschreibung ist; "every element of the physical reality must have a counterpart in the physical theory"

Kriterium 2: Ein hinreichendes Kriterium für die Identifizierung des Elementes der Realität ist; "If, without in any way disturbing a system, we can predict with certainty the value of a physical quantity, then there exist an element of physical reality corresponding to this physical quantity."[12]

Einstein, Podolsky und Rosen betrachteten ihr Kriterium als anwendwar sowohl in klassischen, als auch in quantenmechanischen Situationen der Realität.[13] EPR vertreten die Auffassung, daß eine von unseren Kenntnissen unabhängige physikalische Realität existiert und daß eine physikalische Theorie nur dann vollständig ist, wenn jedem Element der physikalischen Realität ein 'Gegenstück' in der Theorie entspricht. Da zwei kanonisch konjugierte Operatoren einerseits das erwähnte Realitätskriterium erfüllen können, andererseits aber als durch nichtkommutative Operatoren repräsentiert werden, und beides nicht gleichzeitig in der Theorie gegeben sein kann, ist die Unvollständigkeit der Quantenmechanik erwiesen.

---

[11] Einstein,Podolsky und Rosen, "Can Quantum Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?" in Physical Review 47(1935) S.777-78

[12] Redhead modifiziert dies EPR-Kriterium ein bißchen: Sufficient Condition for Element of Reality:
"If we can predict with certainty, or at any rate with probability one, the result of measuring a physical quantity at time t, then at the time t there exists an element of reality corresponding to the physical quantity and having a value equal to the predicted measurement result." (Redhead,Michael: Incompleteness, Nonlocality, and Realism. Oxford 1987, S.72)

[13] vgl. Selleri:Die Debatte um die Quantentheorie.S.83

EPR[14] betrachteten zwei Systeme, S_1 und S_2, die früher miteinander in Wechselwirkung standen und nun getrennt sind. Nun versuchen wir, das Kriterium von EPR nach der Stern-Gerlach-Experiment-Anordnung in einem konkreten Fall anzuwenden, im Falle des bereits oben beschriebenen Zerfalls eines Moleküls ohne Spin in zwei Teil mit dem Spin 1/2, wobei vorausgesetzt wird, daß der Gesamtspin erhalten bleibt. Nach dem ursprünglichen Zerfall wurden die Systeme S_1 und S_2 durch den Zerfall erzeugt, aber vor dem Zeitpunkt t_1, in dem die erste Messung erfolgte, hatte die z-Komponente des Spins von V bereits einen wohldefinierten Eigenwert. Wenn der Eigenwert der z-Komponent des Spins von V vor t_1 bekannt und gleich +1/2 wäre, so hätte das System zweifellos einen Zustandsvektor

$|u-\rangle\ |v+\rangle$

Wenn der Eigenwert bekannt und gleich -1/2 wäre, so hätte das System ebenfalls einen definierten Zustandsvektor, nämlich $|u+\rangle\ |v-\rangle$. Da der Wert zwar nicht bekannt, aber wohldefiniert ist und da er nur +1/2 oder -1/2 sein kann, so ist aus der Sicht von EPR die physikalische Realität des Systems zwangsläufig mit einer der beiden physikalischen Realitäten identisch, die durch diese Vektoren in korrekter Weise beschrieben werden. Mit anderen Worten, bei Betrachtung einer großen Zahl N von derartigen Systemen U + V wird man finden, daß ein Teil davon durch $|u-\rangle\ |v+\rangle$ korrekt beschrieben wird und der andere Teil durch $|u+\rangle\ |v-\rangle$. Kein System wird jedoch in korrekter Weise durch

$$|\Psi\rangle = 1/\sqrt{2}\ \{\ |u+\rangle\ |v-\rangle - |u-\rangle\ |v+\rangle\ \} \qquad \text{[nach einer Messung]}$$

beschrieben.[15] Die Eigenwerte der beiden Observablen müssen nach dem Kriterium 2 als Elemente der Realität angesehen wer-

---

[14] Einstein,Podolsky und Rosen, "Can Quantum Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?" in Physical Review 47(1935) S.777-79 ; vgl.Jammer(1974) S.182-183

[15] vgl. D'Espagnat,B:Grundprobleme der gegenwärtigen Physik. Vieweg, Braunschweig. S24-25

den[16]. Schließlich existieren Werte der beiden Operatoren gleichzeitig gemäß der von EPR vorgeschlagenen Voraussetzung, folglich kann die Beschreibung der Realität durch die Quantenmechanik nicht vollständig sein.[17]

Wir kommen hier also unweigerlich zu dem Schluß, daß ab dem Zeitpunkt t_1 , was den Spin betrifft, die Menge der Systeme U + V nicht einen reinen Fall, sondern ein echtes Gemenge darstellt. Nach der Quantenmechanik wird die Wellenfunktion, die ein in dem Zustand V befindliches freies Teilchen darstellt, durch eine Manipulation der Meßvorrichtung für den Zustand U verändert, aber nach Einstein kann dies nicht den reale Zustand des Systems 2, unabhängig davon, was mit dem System 1 vorgenommen wird, verändern. Daher hat ein und derselbe Zustand des Systems 2 zwei Wellenfunktionen, eine für jede Stellung der Meßvorrichtung des Systems 1. Das ist ein Paradox für Einstein, denn es wäre in diesem Falle unmöglich, daß demselben Zustand des System 2 zwei verschiedene Wellenfunktionen zugeordnet werden könnten.[18] Man kann die gleiche Situation noch auf eine andere Weise sehen : Da der reale Zustand des S_2 unabhängig von S_1 ist, muß man sagen, daß in dem System 2 gleichzeitig ein eindeutiger Spinup oder Spindown und ein eindeutiger Spinrecht oder Spinlinks existieren, um alle Resultate zu erklären, die wir durch vertikale oder horizontale Einstellung der Stern-Gerlach-Vorrichtung in dem System 1 erzielen können. Die Quantentheorie ist nicht in der Lage, einen solchen Zustand des Systems 2 darzustellen. Dies ist der Inhalt des angekündigten Paradoxon.

EPR schrieben, "man könnte Einwände gegen diesen Schluß erheben unter Berufung darauf, daß unser Realitätskriterium nicht hinreichend restriktiv ist. Tatsächlich würde man nicht zu un-

---

[16] vgl. Mückenheim,W.:"Das EPR-Paradoxon und die Unbestimmtheit der Realität" in Phys.Bl.39(1983) Nr.10 S.332

[17] vgl. Einstein,Podolsky und Rosen, "Can Quantum Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?" in Physical Review 47(1935) S.780

[18] Einstein,A.:"Autobiographical Notes", in Paul Schilpp(ed): Albert Einstein,Philosopher-Scientist,H&R,NY 1949 S.87 "impossible that two different types of wave functions could be coordinated with the identical factual situation of S2."

serer Schlußfolgerung gelangen, bestünde man darauf, zwei oder mehr physikalische Größen nur dann zugleich als Elemente der Realität zu betrachten, wenn sie gleichzeitig gemessen oder vorhersagt werden können"[19], denn mit Hilfe von System 1 läßt sich immer nur eine Observable des System 2 bestimmen. In diesem Falle würde aber die Realität von den Observablen von der Messung an System 1 abhängen, das per definitionem von System 2 isoliert ist. "Man darf nicht erwarten, daß dies irgendeine vernünftige Definition der Realität zuläßt."[20] Um Kriterien zu finden, die den Erfolg einer physikalischen Theorie zu beurteilen gestatten, stellte Einstein sich zwei Fragen: Die erste Frage befaßt sich mit der Korrektheit der Theorie und zweite Frage mit der Beschreibungsvollständigkeit der Theorie. Im EPR-Aufsatz sich beschäftigte Einstein zwar auf die zweite Frage, doch nicht befriedigend auf die erste Frage.

Die Vorstellung einer objektiven, exakt definierten Realität impliziert allerdings die Unvollständigkeit der Quantentheorie, die ja eine solche Realität nicht beschreiben kann. Da die Quantentheorie als erprobte Basis für unsere Erkenntnis der Mikrostruktur der Welt dient, ist die Frage nach ihrer Vollständigkeit natürlich von essentiellem Interesse.[21] Der Schwerpunkt der Einsteinschen Kritik an dieser Quantentheorie lag in seiner Erkenntnis, daß diese nicht in der Lage ist, eine Real-Beschreibung eines individuellen Systems zu liefern. "Ein Realzustand läßt sich in der gegenwärtigen Quantentheorie überhaupt nicht beschreiben, sondern nur ein unvollständiges Wissen in bezug auf einen Realzustand. Die angebliche orthodoxen Quantentheoretiker verbieten überhaupt den Begriff des Realzustandes. Man gerät so in eine Situation, die ziemlich genau der des guten Bischofs Berkeley entspricht".[22] Vom Standpunkt der klassischen Physik erscheint die Quanten-

---

[19] Einstein,Podolsky und Rosen, "Can Quantum Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?" in Physical Review 47(1935) S.780

[20] vgl. Einstein,Podolsky und Rosen, "Can Quantum Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?" in Physical Review 47(1935) S.780

[21] Mückenheim,W.:"Das EPR-Paradoxon und die Unbestimmtheit der Realität" in Phys.Bl.39(1983) Nr.10 S.331

[22] Einstein u. Michele Besso:Correspondance. Paris 1972 S.48

mechanik unanschaulich und voller merkwürdiger Eigenschaften. Einstein hat auch die Quantenmechanik für einen zwar erfolgreichen, aber vorläufigen und unvollständigen Formalismus gehalten.[23]

1.3 Das Einsteinsche Lokalitätsprinzip

Der Vorwurf der Unvollständigkeit entsteht, wenn man entgegen der Standardinterpretation am Lokalitätsprinzip festhält.[24] Das Lokalitätsprinzip besagt,[25] daß das, was in einem Bereich geschieht, nicht von Variablen abhängt, die der Kontrolle durch einen Experimentator in einem räumlich getrennten Bereich unterliegen. Mit 'lokal' sollte ausgedrückt werden, daß jedes Einzelteilchen in sich selbst die Festlegung sowohl für eine etwaige Orts- wie für eine etwaige Impulsmessung trage. Da Ereignisse in der Natur nach der Hypothese Einsteins lokal sind, so folgerte er, daß die Quantenmechanik einen schwerwiegenden Fehler enthält.

Einstein resumiert die Verletzung des Lokalitätsprinzips von der speziellen Relativitätstheorie[26] durch die Quantenmechanik

---

[23] vgl. Mainzer,Klaus:Naturphilosophie und Quantenmechanik. In: Audretsch,J./K.Mainzer(Hg.):Wieviele Leben hat Schrädingers Katze?. Mannheim 1990 S.247

[24] vgl. Kanitscheider,B.:Philosophie und moderne Physik,1979 S.281-282

[25] Nordins Definition der Lokalität hinsichtlich der Standardinterpretation (Nordin:Determinism and Locality in Quantum Mechanics. Synthese 42(1979) S.72) Lokalitätsprinzip: "S1 und S2 seien zwei Mikrosysteme. Das Ergebnis einer Messung an S1 ist unabhängig von der Art der Messung, die an S2 durchgeführt wird, und umgekehrt. (vorausgesetzt, die Systeme S1 und S2 sind weit genug voneinander getrennt)

[26] Die fundamentale Idee der speziellen Relativitätstheorie ist, daß Raum und Zeit keine absoluten Grundbegriffe sind. Raum und Zeit stellen vielmehr abgeleitete Bedingungen dar. Daß zwei Systeme S1 und S2 in Raum und Zeit eingebettet, den Bedingungen von Raum und Zeit unterstellt sind, heißt, daß S1 und S2 nicht schneller als durch ein Lichtsignal miteinander in Kontakt treten können und daß, wenn S1 ein Signal sendet, um auf S2 eine Wirkung auszuüben, das Signal prinzipiell in jedem Punkt, der auf dem Fortpflanzungsweg S1-S2 liegt, empfangen werden kann.

wie folgtschloß jedoch seine Argumentation wie folgend ab: "Diesem Schlusse, daß die Quantentheorie unvollständig ist, kann man nur dadurch ausweichen, daß man entweder annimmt, daß die Messung an S_1 den Realzustand von S_2 (telepathisch) verändert, oder aber daß man Dingen, die räumlich voneinander getrennt sind, unabhängige Realzustände überhaupt abspricht. Beides scheint mir ganz unakzeptabel."[27] Gäbe es einen nichtlokalen Einfluß auf S_2, wäre der Parameter des Einflusses eine Festlegung, die nicht in dem fraglichen Einzelteilchen selbst, sondern in irgendwelchen entfernten Umständen oder Realitäten enthalten wäre und darum das Verhalten des Einzelteilchens nur durch eine Art von Fernwirkung steuern könnte. Gerade eine solche Fernwirkung mit unendlich schneller Lichtgeschwindigkeit sah Einstein als physikalisch unsinnig an.[28] Die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit besonders in der speziellen Relativitätstheorie schränkt den Wirkungsbereich des kausal Handelnden gegenüber der klassischen Physik ein. Nach Einsteins spezieller Relativitätstheorie können Wechselwirkungen sich höchstens mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten.

Das Lokalitätsprinzip besagt, daß Fernwirkungen ausgeschlossen sind, d.h. es gibt weder Wirkungen, die sich mit Überlichtgeschwindigkeit fortpflanzen, noch nichtlokale Parameter. Demgegen muß nach dem Einsteinschen Nahewirkungsprinzip das richtige Ergebnis einer Spinmessung an einem Einzelteilchen prinzipiell eine Ursache haben, die in dem untersuchten Einzelteilchen enthalten ist: "Für die relative Unabhängigkeit räumlich distanter Dinge (A und B) ist die Idee charakteristisch: äußere Beeinflussung von A hat keinen unmittelbaren Einfluß auf B : dies ist als 'Prinzip der Nahewirkung' bekannt, das nur in der Feld-Theorie konsequent angewendet ist".[29] Nach dem Schema Redheads kann man die Beziehung zwischen der Unvoll-

---

[27] Einstein,A.:"Autobiographical Notes", in Paul Schilpp(ed): Albert Einstein,Philosopher-Scientist,H&R,NY 1949,S.85

[28] Büchel,W.:Der Bellsche Beweis. Eine Fallstudie. In ZAW 8 (1977) S.224

[29] Einstein:"Quantenmechanik und Wirklichkeit" Dialektik 2 (1948) S.322

ständigkeit der Quantentheorie und der Einsteinschen Lokalität einfach beschreiben:[30]

(QM) $\wedge$ (Lokalität) --> (Unvollständigkeit)

oder gleicherweise

(QM) --> ~(Lokalität) v (Unvollständigkeit)

1.4 Die Möglichkeit der Existenz verborgener Variablen

Die Quantentheorie kann so interpretiert oder erweitert werden, daß die EPR-Situationen verstanden werden können, ohne das Lokalitätsprinzip aufgeben zu müssen. Um das Lokalitätsprinzip zu erfüllen, müßte man Variable angeben können, die in der Wellenfunktion der Quantentheorie nicht enthalten sind und experimentell bisher nicht gefunden wurden; daher kann man lediglich sagen, daß die Wellenfunktion nur einen Teil der Zustandsgrößen umfaßt, eben denjenigen Teil, der unseren Messungen zugänglich ist. Vielleicht gibt es noch weitere Zustandsdaten, die die Unvollständigkeit beheben würden. Man nennt diese deshalb verborgene Variablen.[31]

Wären keine derartigen Parameter vorhanden, dann wäre die Korrelation zwischen S1 und S2 dem Zufall überlassen. "Wenn aber," so argumentierte Einstein weiter, "die Elementarteilchen solche Parameter in sich tragen, dann hat die Physik eine Beschreibung der Elementarteilchen zu entwickeln, die alle vorhandenen Parameter erfaßt".[32] Vom Standpunkt dieser Interpretation aus betrachtet, ist die übliche Theorie unvollständig und muß durch eine Dynamik individueller Prozesse ergänzt werden. Sie ist in dieser Hinsicht der statistischen Mechanik ähnlich. Die Größen der statistischen Mechanik geben einen Durchschnittswert an, und es bedarf zusätzlicher Größen,

---

[30] Redhead,Michael:Nonlocality and Peaceful coexistence. In:Richard Swinburne(Hg.) Space, Time and Causality. Dordrecht/Boston 1983 S.155

[31] Mückenheim,W.:"Das EPR-Paradoxon und die Unbestimmtheit der Realität" in Phys.Bl.39(1983) Nr.10 S.332.Vgl. Jammer(1974) S.253-255

[32] Zitat in: Büchel:"Der Bellsche Beweis" ZAW 8(1977) S.223

eben der verborgenen Variablen, um den Einzelvorgang vollständig zu beschreiben. Diejenige realistische Deutung, die auf dem Begriff der verborgenen Variablen beruht, nimmt nach der d'Espagnats Auffassung an, daß die Wellenfunktion nicht das Ganze der Realität ist, sondern nur einer ihrer Aspekte. Der Zustand eines beliebigen physikalischen Objektes ist dann nicht nur durch eine Wellenfunktion gekennzeichnet, sondern auch durch andere Variablen, weil die Messung der üblichen Größen wie z.B. der Bildungsenergie eines Atoms nicht in irgendeiner brauchbaren Weise ihren Wert beschreiben kann.[33]

Einstein hätte die Einführung verborgener Variablen befürwortet, um die Quantenmechanik zu vervollständigkeiten. Einstein schrieb zum Schluß in dem EPR-Aufsatz(1935) wie folgend: "Während wir somit gezeigt haben, daß die Wellenfunktion keine vollständige Beschreibung der physikalischen Realität liefert, lassen wir die Frage offen, ob eine solche Beschreibung existiert oder nicht. Wir glauben jedoch, daß eine solche Theorie möglich ist."[34] Er meinte jedoch, daß die vorliegende Theorie mit verborgenen Variablen genauso unbefriedigend wie die Standardinterpretation ist, da die von Bohm eingeführte Theorie verborgener Variablen das Lokalitätsprinzip verletzte.[35,36] Nach der Einsteinschen Vorstellung müssen verborgene Variablen mit dem Lokalitätsprinzip verknüpfbar sein, somit können die Variablen nicht als Lösung des Problems der Wechselwirkung entfernter Systeme betrachtet werden. Max Jammer betracht es als großen Fehler anzunehmen, daß EPR's Intentionen auf eine verborgene Variablen-Theorie hinauslaufen: " It is a historical mistake to state that it was the EPR's intention to aim at a hidden-variable theory or, even more explicitly, that Einstein, Podolsky and Rosen concluded that the quantum mechanical description of a physical system should be supplemented by

---

[33] vgl. D'Espagnat,Bernard:Auf der Suche nach dem Wirklichen.Springer,Berlin 1983 S.93

[34] Einstein,Podolsky und Rosen, "Can Quantum Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?" in Physical Review 47(1935) S.780

[35] Bohm,David:"A Suggested interpretation of the Quantum Theory in terms of 'Hidden'Variables" Phys.Rev.85(1952) S.168-170

[36] Im Kap.3 wird die nichtlokale Theorie der verborgene Variable näher beleuchtet.

posutulating the existence of 'hidden variables', the specification of which would predetermine the result of measuring any observable of the system".[37] Einstein schrieb in einem Brief an Aron Kupperman: "Ich denke, daß man zu einer Beschreibung der individuellen Systeme überhaupt nicht durch bloße Ergänzung der gegenwärten statistischen Quantentheorie gelangen kann."[38] Ziel von EPR sei nicht eine Erklärung der Wechselwirkung oder der Fernwirkung. Sie akzeptierten gerade die Wechselwirkungen nicht, sondern sind im Gegenteil auf der Suche nach der Autonomie des unabhängigen Systems. Allerdings gibt es wenige Äußerungen von Einstein zu Theorien verborgener Variablen, weil diese erst 1952 mit Bohms erster Arbeit, also nur drei Jahre vor Einsteins Tod, allgemeines Interesse erweckten.[39] Jedenfalls hatte Einstein die Idee von Bohm, durch Einführung der nichtlokalen verborgenen Variablen die probabilistische Quantenmechanik zu vervollständigen, nie vertreten. "Ich glaube nicht, daß diese (nichtlokale) Theorie sich halten läßt"[40]

Manchmal findet sich die Feststellung, daß solche Variablen nicht akzeptiert werden könnten.[41] EPR scheinen die Existenz

---

[37] Jammer,Max:"Some Remarks on the EPR-Argument" In:O.Costa de Beauregard(Hg.):Einstein.Editions du CNRS,Paris 1980 S.315

[38] Zitat in Jammer (1974) S.254

[39] Jammer,Max:"Albert Einstein und das Quantenproblem" in H. Hermann(ed.):Einstein Symposion Berlin,Springer,Berlin 1979

[40] P.A.Schilpp(Hg.): Albert Einstein,Philosopher-Scientist. Illinois 1949 S.254
Im Sinne der Einsteinschen Erfassung bedeutet der Begriff'verborgene Variable nur die lokale verborgene Variable, die objektiv im Prinzip meßbar ist.

[41] 1) V.Neumann verneinte die Existenz der verborgenen Variablen. Er bewies, daß der Formalismus der Quantenmechanik keine verborgenen Variablen gestattet. Seine Behauptung geht von der Feststellung aus, daß eine dispersionsfreie Gesamtheit nicht existieren könne. - Dies wird im Kap.2 behandelt.
2) In dem reinen Zustand könnte man, praktisch betrachtet, zwischen der Nicht-Existenz der verborgenen Variablen und solcher Unmeßbarkeit nicht unterscheiden. (Auch wenn es die verborgenen Variablen gibt, spielen sie keine Rolle, solang man sie nicht messen kann.)

der verborgenen Variablen zu erfordern. Falls solche Variablen existieren, würden sie sich auch irgendwann als meßbar erweisen. Wenn man daher über verborgene Variablen spricht, meint man damit, daß sie zur Zeit verborgen sind, Fügt man sie zu den üblichen, bekannten Parametern hinzu, dann wird sich eine kausal vervollständigte Quantentheorie ergeben. Nach der Einsteinschen Auffassung müßte es doch im Prinzip möglich sein, genau vorauszusagen, wie ein gegebenes Ereignis sich entwickeln wird, wenn wir nur alle dazu notwendigen Informationen besitzen. In der Praxis ist es nur der ungeheure Umfang der Aufgabe, der uns von ihrer Durchführung abhält. Die Theorie, die alle beobachtbaren Phänomene erklärt, ist, wie Einstein schrieb, eine "ideale Grenze"[42] des Wissens. Gerade die Tatsache, daß es sich hier um eine ideale, also nur nährungsweise erreichbare Grenze handelt, fordert eine Anreicherung der Theorie durch nicht direkt beobachtbare Entitäten.[43]

Die Möglichkeit der vollständigen Beschreibung beruht für Einstein auf seinem Glauben an die Möglichkeiten der Wissenschaft. In seinem Artikel "Physics and Reality", den er ein Jahr später (1936) herausgebracht hat, schrieb er: "The aim of science is, on the one hand, a comprehension, as complete as possible, of the connection between the sense experience in their totality, and, on the other hand, the accomplishment of

---

3) Für Bohm können die verborgene Variablen in dem getrennten Einzelsystem überhaupt nicht gemessen werden, d.h., behauptet er zwar die Existenz der verborgenen Variablen, sollen sie doch nicht lokal sein. Und "der Zustand eines beliebigen physikalischen Objektes ist dann nicht nur durch eine Wellenfunktion gekennzeichnet, sondern auch durch andere Parameter, weil die Messung der üblichen Größen wie zum Beispiel der Bindungsenergie eines Atoms nicht in irgendeiner brauchbaren Weise ihren Wert beschreiben kann". (d'Espagnat:Auf der suche nach dem Wirklichen.S.93-94) - Das Problem wird im Kap.3 behandelt.

[42] Einstein u. Leopold Infeld:The Evolution of Physics,Simon& Schuster,NY 1938 S.31

[43] Die physikalische Unerkennbarkeit der verborgenen Parameter ist beispielweise kein Beweis für ihre Nichtexistenz, also keine Widerlegung der philosophischen Argumentation. Eine philosophisch begründete Behauptung der Existenz verborgener lokaler Variablen könnte nach Büchel eine 'rein metaphysische' These darstellen. (vgl. Büchel:"Der Bellsche Beweis" ZAW 8(1977) S.224)

this aim by the use of a minimum of primary concepts and relations"[44] Man kann daher sagen, daß Einstein an die Möglichkeit der vollständigen Beschreibung der Quantenwelt fest glaubte. Um eine solche Möglichkeit zu verwirklichen, haben die Parameter, die sie ermöglichen, zu existieren. Um sie von Bohms Begriff zu unterscheiden, könnten diese Parameter "verborgene lokale Variablen" im Sinne der Auffassung von Clauser-Horne gedacht werden.[45] In dem Kap.3 werden die Probleme der verborgenen Variablen und der Lokalität näher beleuchtet.

1.5 Die Existenz der Außenwelt und Realismus

Der erkenntnistheoretische Realismus ist nicht identisch mit dem Glauben an die Ontologie der klassischen Mechanik.[46] Es ist jedoch möglich, die Ontologie für den Hintergrund des erkenntnistheoretischen Realismus zu halten, d.h. die erkenntnistheoretische Aufgabe zu lösen, wie eine im Wechsel der Beobachtungen unveränderliche Substanz zu konstituieren ist, die Träger der jeweils veränderlichen Eigenschaften ist. Somit kann und muß die Frage nach der Ontologie einer physikalischen Theorie als wichtig angesehen werden.[47] Die allgemeine philosophische Begründung des Einsteinschen Realismus zeigt nach Büchel, "daß eine objektive Wirklichkeit mit objektiven Eigenschaften und Strukturen besteht und daß zwischen diesen Strukturen der objektiven Wirklichkeit und denen des Wahrnehmungsbildes zumindest eine gesetzmäßige Entsprechung bestehen muß."[48] Bevor man die Möglichkeit solcher Entsprechungen bespricht, muß man nachprüfen, was mit 'Existenz einer Realität' gemeint ist.

---

[44] Einstein:Physics and Reality In:Franklin Inst.221 (1936) S.352

[45] vgl. Clauser/Horne:"Experinmental consequences of objective local theiries" Phys.Rev.10(1974) S.526

[46] vgl. Stöckler,M.:"Philosophen in der Mikrowelt-ratlos?" Zeits.f.allge.Wiss.17(1986) S.87

[47] Mainzer,K.:Symmetrien der Natur. Berlin 1988 S.620

[48] Büchel:"Quantenphysik und kritischen Realismus" Phil.Nat.5 (1958) Hf.1 S.30

Wenn es um die physikalische Realität geht, tritt der Objektivitätsbegriff als ein wichtiges Kriterium auf. Einsteins Glauben an die Objektivität führt ihn bezüglich der Quantenwelt zur Überzeugung, daß eine allmähliche Annährung an die Realität möglich ist. Nach Einstein können wir uns durch die Fortentwicklung der Naturwissenschaft der Realität sukzessive annähern. Polikarov nennt diesen Realismus konvergenten Realismus.[49] Er versuchte unter der Voraussetzung des Glaubens an die Existenz der objektiven Außenwelt zu präzisieren, was man unter einem Element der Realität verstehen sollte.[50] Obwohl er nicht auf der direkten Kenntnis der Realität beharrt hat, besteht er darauf, daß eine Theorie mit dem physikalischen Objekt korrespondieren muß. Wenigstens akzeptierte er nicht, daß die physikalische Theorie nur durch die Kohärenz der Theorie selbst, ohne Kontakt mit der Außenwelt begründet werden soll. Natürlich war Einstein sich der Tatsache völlig bewußt, daß wir keine direkte Kenntnis von den Dingen selbst haben, sondern alle Erkenntnis von der Struktur der Erkenntnismittel abhängt: "Die Elemente der physikalischen Realität können nicht durch *a priori* philosophische Überlegungen bestimmt, sondern müssen durch Berufung auf Ergebnisse von Experimenten und Messungen gefunden werden."[51]

Die Einsteinsche Auffassung über die physikalische Realität beruht grundsätzlich auf der Erfahrungswelt. Für Einstein existiert z.B. eine objektive reale Welt, "deren kleinste Teile in der gleichen Weise objektiv existieren wie Steine und Bäume".[52] Könnte man die Deutung der Existenz der makroskopischen Objekte in die Quantenwelt so übertragen? Man muß danach fragen, ob es möglich ist, die Struktur der Quantenob-

---

[49] Polikarov:"Einsteins philosophischer Realismus" In: Philosophie,Physik,Wissenschsftsgeschichte.W.Muschik(Hg.) TUB 1989 S.171-172

[50] D'Espagnat,Bernard:Auf der Suche nach dem Wirklichen Springer,Berlin 1983 S.70: Den Glaube an der Existenz der objektiven Außenwelt betrachtet d'Espagnat als eine operationale Art

[51] Einstein,Podolsky und Rosen, "Can Quantum Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?" Phys. Rev.47(1935) S.781 ; Dt.Übers. von Baumann/Sexl:Die Deutungen der Quantentheorie. Braunschweig 1984

[52] Heisenberg:Physik und Philosophie S.105

jekte und Vorgänge durch die Formung gedanklicher Bilder zu verstehen, die der Realität entsprechen. Darauf lautet Einsteins Antwort im wesentlichen ja. Infolge des Glauben an die Objektivität ist es möglich, die Struktur des mikrophysikalischen Vorgangs durch die Formung gedanklicher Bilder zu verstehen. Der Glaube an eine vom wahrnehmenden Subjekt unabhängige Außenwelt liegt nach dem Realismus aller Naturwissenschaft zugrunde.[53] Von der festen Überzeugung Einsteins z.B., daß die Physik uns Kenntnisse über die objektiv existierende Außenwelt liefert, zeugen Born, von Laue, Sommerfeld und andere hervorragende Physiker.[54] Seine Überzeugung der unabhängigen Außenwelt kann auch in die Quantenwelt übertragen werden. Einstein schrieb in seinem Artikel:

"Fragt man, was unabhängig von der Quantentheorie für die physikalische Ideenwelt charakteristisch ist, so fällt zunächst folgendes auf: die Begriffe der Physik beziehen sich auf eine reale Außenwelt, d.h. es sind Ideen von Dingen gesetzt, die eine von den wahrnehmenden Subjekten unabhängige ‘‘reale Existenz’’ beanspruchen (Körper,Felder,etc.), welche Ideen andererseits zu Sinneseindrücken in möglichst sichere Beziehung gebracht sind. Charakteristisch für diese physikalischen Dinge ist ferner, daß sie in ein raum-zeitliches Kontinuum eingeordnet gedacht sind. Wesentlich für diese Einordnung der in der Physik eingeführten Dinge erscheint ferner, daß zu einer bestimmten Zeit diese Dinge eine voneinander unabhängige Existenz beanspruchen, soweit diese Dinge ‘‘in verschiedenen Teilen des Raumes liegen’’. Ohne die Annahme einer solchen Unabhängigkeit der Existenz (des ‘‘So-Seins’’) der räumlich distanten Dinge voneinander, die zunächst dem Alltags-Denken entstammt, wäre physikalisches Denken in dem uns geläufigen Sinne nicht möglich".[55] Sein Glauben an die Existenz des beobachterunabhängigen Systems war eine Konsequenz des Prinzips der Separabilität. Darauf weis Don Howard hin:[56] "Einstein did

---

[53] Einstein:Essays in Science. NY,1934 S.40

[54] Hermann(Hg.):A.Einstein, M.Born, Briefwechsel, Stuttgart 1968 S.119

[55] Einstein:"Quanten-Mechanik und Wirklichkeit" Dial.2(1948) S.321

[56] Howard,Don:"Einstein on locality and separability." Studies in History and Philosophy of Science 16 (1985) S.176

believe that all physical systems at all times possess definite, observer-independent properties which are revealed to us by observation. But he did not just *assume* this. Instead, Einstein grounded his realism about physical systems and their properties in the deeper assumption of separability, which is important, because the latter assumption is susceptible to revealing kinds of physical and philosophical scrutiny that cannot touch unanalyzed postulates of physical realism."

Nach der Auffassung Plancks soll es dem Menschen möglich sein, die Realität im Prinzip zu begreifen, auch wenn sie in der mikrophysikalischen Ebene liegt. Er war der Überzeugung, "daß unsere Denkgesetze übereinstimmen mit den Gesetzmäßigkeiten im Ablauf der Eindrücke, die wir von der Außenwelt empfangen, daß es also den Menschen möglich ist, durch reines Denken Aufschlüsse über jene Gesetzmäßigkeiten zu gewinnen."[57] "Ohne den Glauben an die innere Harmonie unserer Welt könnte es keine Naturwissenschaft geben".[58] In diesem Sinne ist für Einstein die Geschichte der Physik ein Triumph des Realismus.[59] Natürlich soll dieser Triumph nach Einsteins Auffassung auch die Quantenmechanik umfassen.

Da die Sinneswahrnehmungen jedoch nur indirekt Kunde von dieser Außenwelt oder von der physikalischen Realität geben können, können wir nie sicher sein, ob unserer Bild von der Welt mit der Realität übereinstimmt.[60] Trotzdem "wird das Verhältnis von Wahrnehmung und Objekt nach realistischer Sicht meist kausal verstanden. Wahrnehmungen in diesem Sinne sind keine letzten Fakten, nicht etwas Gegebenes, sondern es besteht ein

---

[57] Planck,M.:Vorträge und Reden.Vieweg,Braunschweig 1958 S.374

[58] Einstein/Infeld,L:Evolution der Physik,München 1966 S.195

[59] Polikarov: "Einsteins philosophischer Realismus" In: Philosophie,Physik,Wissenschftsgeschichte.W.Muschik(Hg.) TUB 1989 S.158

[60] Einstein:Essays in Science. NY,1934 S.40 "Since, however,sense perception only gives information of this external world or of 'physical reality' indirectly, we can only grasp the latter by speculative means. It follows from this that our notions of physical reality can never be final. We must always be ready to change these notions - that is to say, the axiomatic substructure - in order to do justice to perceived facts in the most logically perfect way."

aufklärungsbedürftiger Zusammenhang, der durch eine Kausaltheorie der Wahrnehmung geleistet werden muß".[61] Bezüglich der Erkenntnistheorie ging Margenau davon aus, daß "physical Reality ... must be capable of being known"[62]. Wenn man also die 'wirkliche Realität' nicht erkennen kann, nämlich wenn Realität nur in dem gegebenen Kontext erfaßt werden kann, wäre die Realität nur eine Scheinrealität? Margenau hat dazu folgenden Hinweis gegeben. : "Reality is permanent but our knowledge of it changes. It seems to me to be a less presumptious view that holds physical reality to be known reality".[63] Die Realität zeichnet sich also nach Bunge durch ihre Autonomie unabhängig von unserer Beobachtung aus.[64]

Einstein hatte Physik immer als den Versuch verstanden, die Realität begrifflich zu erfassen, und von dieser Möglichkeit war er fest überzeugt. Es ist aber richtig, daß es viele plausible Vorstellungen des Realitätsbegriffes, wie oben erwähnt, gibt, die wir nicht eindeutig definieren können. Im Sinne des wissenschaftlichen Realismus ist es vernünftig und richtig, zu behaupten, daß eine Realität existiert und daß sie unabhängig ist vom menschlichen Verstand. Die Einsteinsche Auffassung läßt sich wie folgt zusammenfassen :

1) Physikalischer- oder objektiver Realismus; Der Realismus Einsteins beruht auf dem Glauben an die Existenz der Außenwelt, die von uns nicht abhängt.

2) Konvergenter Realismus; Erkenntnis der Realität ist nicht direkt, sondern uns annährungsweise möglich. Es ist gerechtfertigt, aus Beobachtungen oder Experimenten allgemeine Schlußfolgerungen zu ziehen.

3) Ontologischer Determinismus; Der physikalische Realismus Einsteins schließt den Determinismus ein.

---

[61] Kanitscheider,B:Philosophie und moderne Physik.Darmstadt 1979 S.51

[62] Margenau,Henry:Physics and Philosophy,Reidel,Dordrecht 1978 S.331

[63] Margenau,Henry:Physics and Philosophy,Reidel,Dordrecht 1978 S.331

[64] Bunge,Mario:Quantum Theory and Reality.Berlin 1967 S.105 "To Look or not to Look:this is not the Question"

4) Lokalitätsforderung: Keine Wirkung kann sich schneller als mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten, was er als 'Lokalität' bezeichnet.

EPRs Kriterium der physikalischen Realität entsteht aus den obigen Punkten. Die quantenmechanische Beschreibung in der Wellenfunktion kann jedoch das Realitätskriterium nicht erfüllen, daher ist die Quantentheorie nach Einstein unvollständig.[65] Die Vorstellung einer objektiven Realität impliziert schließlich die Unvollständigkeit der Quantentheorie. Das ist die wesentliche Behauptung des EPR-Argumentes.

Da es grundsätzlich im EPR-Experiment erwiesen wurde, daß die getrennten Einzelsysteme 'irgendwie' miteinander zusammenhängen, die in einer Weise unsere bisherige Vorstellung von Kausalität überschreitet, könnte man sagen, daß das EPR-Experiment nicht mehr paradox, sondern völlig in Einklang mit der Quantenmechanik sei.[66] Clauser,Horne,Shimony und Holt sagt in ihrem Artikel, daß die EPR-Konklusion nicht das Mißlingen der Quantentheorie, sondern die Ergänzbarkeit durch die Existenz der verborgenen Variablen besagt.[67] Primas betont diesen Punkt auch:"It (das EPR-Argument) did not refute quantum mechanics but it freed it from latent and unsuspected assumptions. The so-called EPR-paradox draws the attention directly to a central phenomenon: quantal systems possess holi-

---

[65] Einstein:"Quantenmechanik und Wirklichkeit" Dialektik 2(1948) S.320 "Im Folgenden will ich kurz und elementar darlegen, warum ich die Methode der Quantenmechanik nicht für im Prinzip befriedigend halte. Ich will aber gleich bemerken, daß ich keineswegs leugnen will, daß diese Theorie einen bedeutenden, in gewissem Sinne sogar endgültigen Fortschritt der physikalischen Erkenntnis darstellt. Ich stelle mir vor, daß diese Theorie in einer späteren etwa so enthalten sein wird, wie die Strahlen-Optik in der Undulations-Optik: Die Beziehung werden bleiben, die Grundlagen aber wird vertieft bzw. durch eine umfassendere ersetzt werden."

[66] Kanitscheider,B.: Schrödinger - Physiker und Philosoph.In: Conceptus 42(1983) S.39

[67] Clauser/Horne/Shimony/Holt:"Proposed experiment to test lokal hidden-variable theories" Phys.Rev.Lett.23(1969) S.880-884

stic properties.··· Einstein discovered that pioneer quantum mechanics is a holistic theory".[68]

In meiner Arbeit spielt das EPR-Experiment die Rolle einer Fragestellung für die weitere Entwicklungen des Realitätsproblems, es handelt sich nämlich hierbei darum, wie die EPR-Korrelation interpretiert werden kann. In folgenden Kapitel komme ich auf die verschiedenen Interpretationen des EPR-Ereignisses zu sprechen.

[68] Primas,H.:Chemistry,Quantum Mechanics and Reductionism. Berlin 1983 S.136

2. KOPENHAGENER INTERPRETATION DER QUANTENMECHANIK

2.1 Bohrs Antwort auf das EPR-Argument

Bohr antwortete auf das im 1.Kap. ausgeführte EPR-Argument über die Unvollständigkeit der Quantenmechanik sofort. Kaum vier Monate nach dem Erscheinen des EPR-Aufsatzes traf seine Antwort bei derselben Zeitschrift ein, in der Einstein publiziert hatte. Bohrs Lösung des EPR-Paradoxons ist in der Idee enthalten, daß es unmöglich ist, eine klare Trennung zwischen dem Verhalten atomarer Objekte und ihrer Wechselwirkung mit den Meßapparaten zu vollziehen, die die Bedingungen festlegen, unter welchen sich die beobachteten Phänomene ergeben. Bei dem Gesamtverhalten des 2-Photonen-Systems haben die beiden Photonen untereinander keine Wechselwirkung. Während der ganzen Dauer des Experiments wirkt keines der Photonen auf das andere ein. Trotzdem haben wir in dem EPR-Gedankenexperiment gesehen, daß die Messung an S_1 instantan in S_2 überführte. Hierbei könnte man danach fragen, ob Gott wirklich nicht würfelt. Auf Einsteins Satz "Gott würfelt nicht" antwortete Bohr grundsätzlich, daß es nicht darauf ankommt, ob Gott würfelt oder nicht, sondern ob wir wissen, was wir meinen, wenn wir sagen, Gott würfele oder er würfele nicht.[1] Die auf das Phänomen dieser Beeinflussung ohne miteinander Wechselwirkung Bohrs Antwort verstand sich im wesentlich von der Kopenhagener Interpretation her.

Die Kopenhagen Interpretation, die durch Heisenberg und Bohr geprägt wurde, hat lange Zeit das Denken der Physiker monopolisiert. Nach der Kopenhagener Interpretation bezieht sich eine Beschreibung quantenmechanischer Phänomene nicht nur auf das Quantenobjekt und seine Eigenschaften, sondern auch

---

[1] vgl. Weizsäcker,C.F.:Aufbau der Physik.München 1988, S.509

auf die Präparation des Systems, den Meßvorgang und die Registrierung der Resultate. Bohr argumentierte dabei so [2]: Ein beobachtetes Objekt und der zu seiner Messung verwendete Apparat bilden gemeinsam eine untrennbare Einheit, die auf der quantenmechanischen Ebene nicht mit dem Ergebnis getrennter Einzelteilchen aufgespalten werden kann. Die Kombination eines gegebenen Einzelteilchens mit einer bestimmten experimentellen Anordnung unterscheidet sich wesentlich von der Kombination desselben Einzelteilchens mit einer anderen Anordnung. Die Beschreibung des Zustandes des ganzen Systems drückt eine Relation aus zwischen dem Einzelteilchen und allen vorhandenen Meßvorrichtungen. Mit anderen Worten, selbst wenn keine Messung an System 2 erfolgt, so ist doch sein Zustand nicht unabhängig von der Anwesenheit des Apparates, mit dem die Messung an System 1 vorgenommen wird.[3] Daher scheitert -nach Bohr- das Argument von EPR.

Wenn man Bohrs Standpunkt akzeptiert, also die untrennbare Verknüpfung zwischen Objekten und Meßapparaten bei Messung der Objekte zugibt, ergibt sich kein Paradoxon. EPRs Kriterium der physikalischen Realität nach seinem Standpunkt "enthält eine Mehrdeutigkeit in bezug auf den Sinn des Ausdrucks 'ohne ein System irgendwie zu stören' Natürlich ist in einem Fall wie dem soeben betrachteten nicht die Rede von einer mechanischen Störung des zu untersuchenden Systems während der letzten kritischen Phase des Meßverfahrens. Aber selbst in dieser Phase handelt es sich wesentlich um einen Einfluß auf die tatsächlichen Bedingungen, welche die möglichen Arten von Voraussagen über das zukünftige Verhalten des Systems definieren. Da diese Bedingungen ein immanentes Element der Beschreibung jeglichen Phänomens ausmachen, dem man mit Recht den Begriff 'physikalische Realität' zuschreiben kann, sehen wir, daß die Argumentation der genannten Verfasser nicht ihre Schlußfolgerung rechtfertigt, die quantenmechanische Beschreibung sei un-

---

[2] N.Bohr:"Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?" in Physical Review 48(1935),S.700-3

[3] Bohr,N.: Atomphysik und menschliche Erkenntnis I. Braunschweig 1958 S.60

vollständig."[4] Schließlich ist die Kopenhagener Interpretation im wesentlichen eine Ablehnung der Annahme, die Natur könne in Begriffen elementarer Raum-Zeit-Entitäten verstanden werden. Nach dieser Ansicht kann die vollständige Beschreibung der Natur auf der atomaren Ebene nur durch Wellenfunktion gegeben sein.[5]

Daraus leitete Bohr her, daß man keinerlei Schlüsse über eine unbeobachtete objektive Realität ziehen dürfte. Bohrs Lösung des EPR-Paradoxons hängt nämlich wesentlich von der Annahme ab, daß nur Beobachtungen Realität zukommt und deshalb Einsteins Annahme einer unabhängig existierenden Realität abzulehnen seien.[6] Der wesentliche Unterschied zwischen Einstein und Bohr besteht in der Interpretation des Verhaltens des Systems 2. D.h. es handelt sich darum, ob und wie die Beschreibung der Wellenfunktion mit der unkontrollierbaren Wechselwirkung zwischen den Systeme und den Meßgeräten vereinbar ist.[7]

---

[4] N.Bohr:"Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?" in Physical Review 48(1935),S.700 ; Dt.Übers. von K.Baumann/R.U.Sexl (Hg.):Die Deutungen der Quantentheorie. Braunschweig 1984

[5] Stapp,Henry:The copenhagen interpretation and the nature on space-time In:AJP 40(1972) S.1098

[6] Bohr behauptet, daß das EPR-Argument Nichts neu enthält: "My main purpose in repeating these simple, and in substance well-known considerations, is to emphasize that in the phenomena concerned we are not dealing with an incomplete description characterized by the arbitrary picking out of different elements of physical reality at the cost of sacrificing other such elements, but with a rational discrimination between essentially different experimental arrangements and procedures which are suited either for an unambiguous use of the idea of space location or for a legitimate application of the conservation theorem of momentum.... Indeed we have in each experimental arrangement suited for the study of proper quantum phenomena not merely to do with an ignorance of the value of certain physical quantities, but with the impossibility of defining these quantities in an unambiguous way.
The last remarks apply equally well to the special problem treated by Einstein, Podolsky and Rosen, which has been referred to above, and which does not actually involve any greater intricacies than the simple examples discussed above. (Bohr, 1935 S.700)

[7] Bohr,N.: Atomphysik und menschliche Erkenntnis I . Braunschweig 1958 S.61

Das EPR-Argument kann man auf einen anderen Aspekt hin kritisieren. EPR schrieben: "Die Elemente der physikalischen Realität können nicht durch *a priori* philosophische Überlegungen bestimmt, sondern müssen durch Berufung auf Ergebnisse von Experimenten und Messungen gefunden werden".[8] Auch Bohr betonte seine Ablehnung des Apriorismus : "Der Grad, bis zu dem einem Ausdruck wie 'physikalische Realität' eine eindeutige Bedeutung beigemessen werden kann, kann natürlich nicht aus a priori philosophischen Vorstellungen hergeleitet werden, sondern muß - wie die Autoren des zitierten Artikels selbst betonen - durch unmittelbare Berufung auf Experimente und Messungen begründet werden."[9] Beide betonten zwar die Ablehnung eines *a priori*, doch Einsteins Argument macht in deduktiver Weise von der Voraussetzung der Lokalität Gebrauch. Das EPR-Argument basiert ja auf folgender Überlegung: "Da die Systeme während der Messung bereits nicht mehr in Wechselwirkung stehen, so können als Ergebnis von Operation am ersten System keine realen Änderung am zweiten System vor sich gehen".[10] Hier ist bereits vorausgesetzt, daß zwischen den Systeme keine Beziehung besteht und deshalb ihre Zustände unabhängig voneinander sein müssen. Aber die Quantenmechanik schreibt den Systeme nur eine gemeinsame Wellenfunktion zu. Schon dadurch allein wird sie in einem gewissen Sinne nach Einstein unvollständig. In dieser gemeinsamen Wellenfunktion berücksichtigt sie nicht die vorhandene Unabhängigkeit der Systeme. Somit enthält bereits die Voraussetzung Einsteins das, was er beweisen will, nämlich die Behauptung über die Unvollständigkeit der quantenmechanischen Beschreibung. Das Ergebnis ist bereits als Voraussetzung gegeben. Die Voraussetzung einer Unabhängigkeit der Systeme, die von der Theorie nicht garantiert wird, unterscheidet sich nicht von der apriorischen Voraussetzung

---

[8] EPR:"Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?" in Physical Review 47(1935),S.777

[9] N.Bohr:"Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?" in Physical Review 48(1935), S.696

[10] EPR:"Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?" in Physical Review 47(1935),S.777 ; Dt. Übers. von K.Baumann/R.U.Sexl (Hg.):Die Deutungen der Quantentheorie. Braunschweig 1984

darüber, daß das System gleichzeitig bestimmte Werte für Koordinate und Impuls haben kann.[11]

Die Einstein-Bohr-Debatte über die Interpretation der Quantenmechanik kann als Diskussion des erkenntnistheoretischen Status des Begriffes 'Realität' verstanden werden. Weiterhin ist Bohrs kritische Haltung gegen das EPR-Argument, die auf den Akten der Beobachtung als philosophischen Grundlagen der Quantentheorie beharrt, sichtlich mehr erkenntnistheoretisch als rein physikalisch. Weil Quantenobjekt und Beobachtungsapparat ein unteilbares Ganzes bilden, "besitzt die quantenmechanische Zustandsbeschreibung nicht mehr einen rein physischen, sondern einen kombinierten physisch-epistemischen Referenten".[12] Dieses erkenntnistheoretische Problem kommt dadurch zustande, daß die Eigenschaften der mikrophysikalischen Realität nur innerhalb eines makroskopischen Zusammenhanges zugänglich werden. Diese Situation erhält in Bohrs Komplementaritätsbegriff den Status eines Prinzips.

2.2 Kopenhagener Interpretation und Antirealismus

2.2.1 Komplementaritätsprinzip

Nach Jammer soll der Bohrsche Standpunkt zu zwei Vorstellungen führen: Relationalität und Ganzheit.[13] Zuerst werde ich die Bohrsche Idee der Relationalität schildern. Bohr stellt fest, daß den Quantenphänomenen keine unabhängige Realität zukommen. Die quantenmechanischen Ereignisse entstehen aus der Beziehung zwischen dem Meßapparat und dem Objekt. Insbesondere betont Fock die Wechselwirkung zwischen dem Quantenobjekt und der Apparatur: "The probabilities expressed by the wave function are the probabilities of some result of the interaction of the micro-object and the instrument (of some reading on the in-

---

[11] Alexandrow:"Über das Einsteinsche Paradoxon in der Quantenmechanik" S.264 und s. d'Espagnat(1983) S.70-73

[12] Kanitscheider,Bernulf:Philosophie und moderne Physik, Darmstadt 1979, S.242

[13] Jammer,Max:The philosophy of quantum mechanics.New york 1974 S.198-199

strument). The wave function itself can be interpreted as the reflection of the potential possibilities of such an interaction of the microobject (prepared in a definite way) with various types of instruments. A quantum mechanical description of an object by means of a wave function corresponds to the relativity requirement with respect to the means of observation".[14]

Aus dieser Störung des beobachteten Objeks ergibt sich die Unvereinbarkeit mit der Kausalität. Bohr schrieb dies folgendermaßen; "Tatsächlich ist durch eine vollständige Beschreibung des Zustandes eines physikalischen Systems offenbar noch nicht festgelegt, welcher der verschiedenen Elementarprozesse des Übergangs in andere Zustände stattfinden wird. Bei Berücksichtigung der Quanteneffekte muß man wesentlich mit dem Begriff der Wahrscheinlichkeit der verschiedenen möglichen Übergangsprozesse arbeiten."[15] Dabei geht es darum, daß Ortskoordinate und Impuls nicht gleichzeitig exakt definiert werden können. Wenn man den Impuls scharf messen will, dann kann man den Ort nicht mehr scharf messen. Und wenn man die Energie scharf messen will, dann kann man die Zeit nicht mehr scharf messen. Die Kausalität[16] und Raum-Zeit Koordinaten können auch nicht

---

[14] Fock,V.A.:"Criticism of an attempt to disprove the uncertainty relation between time and energy" JETP15 (1962) S.784-786, Zitat in Jammer(1974) S.202

[15] Bohr,N.:"Über die Begriffe Kausalität und Komplementarität" In Dialectica 7(1948) S.72

[16] In der Newtonschen Mechanik beschreibt man einen Massepunkt durch die Angabe seines Ortes und seiner Geschwindigkeit im 3-dimensionalen physikalischen Anschauungsraum. Demgegenüber sind in dem Formalismus der Quantenmechanik die Observablen nicht kommutativ. Die Heisenbergsche Vertauschungsrelation hat folgende Gestalt;

$$q_\nu p_\mu - p_\mu q_\nu = i\hbar\,\psi_{\nu\mu}$$

Wäre die Plancksche Konstante $\hbar$ null, so wären p und q kommutative Observablen wie in der klassischen Hamiltonschen Mechanik, d.h. es spielt physikalisch keine Rolle, in welcher Reihenfolge sie gemessen werden. das Korrespondenzprinzip läßt sich als eine heuristische Vorschrift auffassen, um ausgehend vom klassischen Fall einen entsprechenden quantenmechanischen Formalismus zu finden. Die Hamilton-Funktion kann durch Vektoroperatoren ersetzt werden, die die Heisenbergschen Vertauschungsrelationen erfüllen.

gleichzeitig angewendet werden. Bohr sagt, nur in der klassischen Physik seien Raum-Zeit Beschreibung und Kausalität vereinbar. Kausalität fordert er vom Meßapparat in dem Sinne, daß es einen eindeutigen Schluß vom beobachteten Phänomen auf das Objekt zuläßt, also keine Information verliert. Daraus schließt Bohr, daß es eine Komplementaritätsbeziehung der strengen wechselseitigen Ausschließung gibt, und daß "die auf der Existenz des Wirkungsquantums beruhende Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation eine naturgesetzliche Schranke dafür angibt, kanonisch Konjugierte Operator in bezug auf dasselbe Objekt mit beliebiger Genauigkeit gleichzeitig messen zu können".[17]

Die auf der Existenz des Wirkungsquantums beruhende Akausalität bezieht sich immer auf der Untrennbarkeit zwischen dem untersuchten Quantenobjekt und den Meßvorrichtungen. Die Existenz des Wirkungsquantums in der Quantenmechanik macht diese Unterscheidung unmöglich, weil sie die endliche Wechselwirkung zwischen Objekt und Apparatur, welche die äußeren Umstände festlegt, unter denen wir beobachten, einer Beschränkung unterzieht.[18]

Es ist daher unmöglich, den gesamten Einfluß der Meßvorrichtung auf das beobachtete Objekt im Sinne von Störgrößen zu berechnen und damit eine gleichzeitige Kenntnis von den kanonischen konjugierten Werten zu erhalten. Bekanntlich ist die

---

[17] Tetens,Holm:"Ist die Quantenphysik vollständig?" In:ZAW 17 (1986) S.97

[18] vgl. Bohr:"Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?" in Physical Review 48(1935),S.697, und d'Espagnat:Grundprobleme der gegenwärtigen Physik. Vieweg, Braunschweig 1971 S.65 ;
Schließlich kann man nicht sagen, daß die aus der Unbestimmtheitsrelation entstande Beschränkung lediglich auf die Unzulänglichkeitt menschlicher Kenntnis zurückzuführen ist. Sie bezieht sich auf die Beschränkung der Natur. Selbst mit den denkbar besten Meßvorrichtungen - nach der Quantentheorie - ist es nicht möglich, die kanonisch konjugierten Größen gleichzeitig zu messen. Die auf die Vertauschungsrelation basierende Unbestimmtheitsrelation stammt grundsätzlich aus der Existenz des Wirkungsquantums und stellt eine naturgesetzliche Beschränkung dar. Im Hinblick auf die Existenz des Wirkungsquantums kann man sagen, daß sie eine wichtige These der Kopenhagener Interpretation sei.

gleichzeitige Kenntnis der Observablen zweier konjugierter Operatoren durch die Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation beschränkt. Eine Antwort auf die Frage, ob sich die Beschränkung allein auf menschliche Kenntnis des Quantenobjekts oder auf die Existenz solcher Quantenobjekten selbst bezieht, wird naturphilosophisch durch den Komplementaritätsbegriff angestrebt. Schließlich handelt es sich auch hier um die Wechselwirkung des Quantenobjekts mit der experimentellen makroskopischen Meßordnung.

Durch die Wechselwirkung mit einem Meßapparat werden der Apparat und das Quantenobjekt jeweils in irreversibler Weise in einen speziellen Zustand überführt. Das Meßergebnis wird dabei makroskopisch fixiert. Ein irreversibler Vorgang mit makroskopisch ablesbarem Ergebnis abläuft. Wir registrieren immer nur Auswirkungen der Quantenprozesse im makroskopischen Bereich.[19] Diese Situation wurde von Bohr mit dem Begriff Komplementarität beschrieben, der zum Schlüsselbegriff der Kopenhagener Interpretation wurde. Sein Begriff der Komplementarität ist ein "neuer Zug der Naturphilosophie", die "eine radikale Revision unserer Einstellung zur physikalischen Realität"[20] herbeigebracht hat.

Die Kopenhagener Interpretation der Quantenmechanik beruht auf der Idee, daß die exakte Prognose des Zustandes der quantenphysikalischen Einzelobjektes vor der Messung unmöglich ist. Sie lehnt EPRs Vorstellung einer eindeutigen Zuordnung von Realität und Theorie ab. Trotzdem ist es in der Quantenphysik unvermeidlich, die Begriffe der klassischen Physik zu benutzen, d.h. die Zwangslage, in klassischen Begriffen

---

[19] vgl. Audretsch,Jürgen:Struktur der Quantenmechanik. In: Audretsch/ Mainzer (Hg.) Wieviele Leben hat Schrödingers Katze?. Mannheim 1990 S.39

[20] N.Bohr:"Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?" in Physical Review 48(1935),S.702. Dazu Henry J. Folses sagt,"I have said that Bohr's call for a 'radical revision of our attitude towards the problem of physical reality' is itself based on the premise that the quantum theory is complete." (Folse,Henry J.:"Bohr on Bell" In: Cushing/McMullin (Hg.) Philosophical Consequences of Quantum Theory. Notrre Dame 1989 S.262)

über Phänomene sprechen zu müssen, die mit klassischen Begriffen nicht beschrieben werden können, ist die grundlegende Schwierigkeit der Quantenmechanik. In dieser Hinsicht stellte sich Bohr auf den Standpunkt, daß es für den Umgang mit den paradoxen Züge der Quantentheorie nicht möglich ist, neue Begriffe oder neue Naturgesetze zu verwenden, sondern daß es ledglich möglich ist, einen neuen Gesichtspunkt zur Anwendung zu bringen.[21]

Wie früher gesagt, kann man den Bohrschen Komplementaritätsbegriff folgendermaßen einführen: Der Experimentator lebt in einer makroskopischen Welt. Die dafür typischen Begriffe, wie Kausalität, sind in ihm wie in jedem Menschen tief verwurzelt. Es ist aber weder notwendig und -nach Bohr - auch nicht zutreffend, daß selbst derartige allgemeine Begriffe einen unbeschränkten Anwendungsbereich im Gebiet der Mikrophänomene haben. Die Änderung des Gesichtspunktes in der Quantenmechanik ist einschneidend.[22] Zunächst ist der Zustand durch einen Vektor in einem linearen, unendlichdimensionalen Raum gegeben, und die Observablen werden durch nicht kommutierende Operatoren dargestellt, woraus schließlich entscheidende Konsequenzen für den Meßprozeß resultieren. Nach Bohrs Auffassung ist der Begriff der Komplementarität noch nicht vollständig durch das gegenseitige Sich-Ausschließen der Meßvorrichtungen beschrieben. Solche Meßvorrichtungen entsprechen verschiedenen Aspekten, unter denen ein Objektsystem beobachtet werden kann, aber nur die Gesamtheit der verschiedenen Aspekte führt zu einer vollständigen Beschreibung des Systems.[23]

Im wesentlichen erinnert Bohr an das Registrieren der Meßergebnisse durch die beiden weit voneinander entfernten Systeme. Er bemerkt, daß die Bedingungen, die die möglichen Arten von Vorhersagen über das zukünftige Verhalten des Photons

---

[21] Mittelstaedt:"Sprache und Realität in der Quantenphysik" in Philosophia Naturalis 25(1988),S.364

[22] "Die Komplementarität" der Vorstellung Wheelers nach "ist in gewisser Hisicht der revolutionärste Gedanke unseres Zeitalters" In:Am.Sci.44(1956) S.360

[23] Mittelstaedt:Sprach und Realität in der Quantenphysik. In:Phil. Nat.25(1988) S.364

bestimmen, vom ganzen Versuchsaufbau abhängen, und er behauptet, daß diese Bedingungen Teil der beobachteten Erscheinung sind. Allgemeiner betont er sogar, daß auch solche Bedingungen, die von der Gesamtheit des Aufbaus abhängen, "ein Element darstellen, das jeder Beschreibung irgendeines Phänomens, dem man den Ausdruck 'physikalische Wirklichkeit' zuschreiben kann, inhärent ist".[24] Mit den Worten von Bohr: "Isolierte Materie-Teilchen sind Abstraktionen, ihre Eigenschaften sind nur durch ihr Zusammenwirken mit anderen Systemen definierbar und wahrnehmbar".[25] Ähnlich schrieb Heisenberg: "So erscheint die Welt als kompliziertes Gewebe von Vorgängen, in dem sehr verschiedenartige Verknüpfungen sich abwechseln, sich überschneiden und zusammenwirken und auf diese Art und in dieser Weise schließlich die Struktur des ganzen Gewebes bestimmen".[26]

Bohrs Komplementaritätsprinzip läßt sich wie folgt zusammenfassen.[27] a) Raum-Zeitliche Beschreibung durch die

---

[24] d'Espagnat,Bernard:Auf der Suche nach dem Wirklichen. Springer,Berlin 1983 S.50

[25] Bohr,Niels:Atomtheorie und Naturbeschreibung.Springer, Berlin 1931 S.57. Dazu zitiere ich andere Säte von Bohr: "A new epoch in physical science was inaugurated... by Planck's discovery of the elementary quantum of action, which revealed a feature of wholeness inherent in atomic processes, going far beyond the ancient idea of the limited divisibility of matter. Indeed, it became clear that the pictorial descriptions of classical physical theories represents an idealization valid only for phenomena in the analysis of which all actions involved are sufficiently large to permit neglect of the quantum." (Bohr:Essays 1958-1962 on Atomic Physics and Human Knowledge. New York 1963 S.2)

[26] Heisenberg:Physik und Philosophie.Ullstein,Berlin 1973, S.85

[27] Nach Primas wird die Kopenhagen Interpretation zusammengefasst wie folgend:(Primas:Chemistry,Quantum Mechanics and Reductionism.Berlin 1983 S.99
1)Quantum mechanics refers to individual objects.
2)The probabilities of quantum mechanics are primary.
3)the placement of the cut between observed object and the means of observation is left to the choice of the experimenter.
4) The observational means are to be described in classical terms.
5)The act of observation is irreversible and creates a document
6)The quantum jump is a transition from the potentially possible to the actual.
7)Complementary properties cannot be revealed simultaneosly.

makroskopische Sprache: Die quantenmechanischen Geschehnisse werden in der Sprache wiedergegeben, die die Meßvorrichtungen beschreibt, mit der sie beobachtet worden sind. Dies ist die Sprache der klassischen Physik mit ihren anschaulichen Begriffen.

b) Die unkontrollierbaren Störungen des betrachteten Objeks bei den Beobachtungen: Ein quantenmechanischer Vorgang wird erst beobachtbar, wenn er durch irreversible Prozesse verstärkt worden ist. [Eine spätere Entwicklung]

c) Untrennbarkeit: Jede Beobachtung eines quantenmechanischen Ereignisses wird durch eine Untrennbarkeit charakterisiert, durch die sich die Wechselwirkung von Objekt und Meßvorrichtung notwendigerweise der Kontrolle entziehen.

d) Akausalität: Somit machen unkontrollierbare Störungen die Kausalität unanwendbar, da das weitere Verhalten des Objektes nicht vorhergesagt werden kann. Raum-Zeitliche Beschreibung eines Vorganges und die Kausalität schließen einander deshalb aus, sie sind zueinander komplementär.

2.2.2 Eine Wellenfunktion bei der Registrierung

Um die quantenmechanische Deutung der Wellenfunktion richtig zu begreifen, muß man zuerst das Superpositionsprinzip erwähnen, das eine wesentliche Voraussetzung der Quantenmechanik ist. Das Superpositionsprinzip besteht aus folgenden zwei Behauptungen:[28]

1. Ein System, das sich in Zuständen befinden kann, die durch die Wellenfunktion μ_1 und μ_2 beschrieben werden, kann sich auch in Zuständen befinden, deren zugehörige Wellenfunktionen mit Hilfe der linearen Transformation $\mu = a_1\mu_1 + a_2\mu_2$ aus μ_1 und μ_2 gebildet werden; a_1 und a_2 sind dabei beliebige zeitunabhängige komplexe Zahlen.
2. Multipliziert man eine Wellenfunktion mit einer beliebigen, von Null verschiedenen komplexen Zahl, so entspricht die neue Wellenfunktion demselben Zustand des Systems.

---

8)Pure quantum state are objective but not real. (wird im Abs. 2.2.4 behandelt.)

[28] Dawydow,A.S.:Quantenmechanik. Berlin,1987 S.20

Nach der Kopenhagener Interpretation der Quantenmechanik ändert sich die Wellenfunktion im Augenblick einer Beobachtung des damit beschriebenen Objektes. Das bedeutet einen augenblicklichen Übergang von der Superposition-Wellenfunktion zu einem bestimmten Zustand. Eine der Verhaltensmöglichkeiten dieses Objektes wird in der Beobachtung realisiert. Also besteht das Kernproblem in der Theorie des Meßprozesses in der Reduktion der Wellenfunktion. Dieser Prozeß ist dadurch irreversibel, daß die mikrophysikalischen Ereignisse im Beobachtungsakt makrophysikalisch fixiert werden.

Der quantenmechanische Meßprozeß hat mit dem instantanen Kollaps der Wellenfunktion höchst verwunderliche und von der klassischen Mechanik her unvertraute Konsequenzen. Eine Wellenfunktion ist eine dynamische Beschreibung möglicher Ereignisse, die sich mit dem Fortschreiten der Zeit verändert. Sobald in der Quantentheorie die Wellenfunktion zur Anfangszeit (t) aus der Beobachtung bestimmt worden ist, kann man aus den Gesetzen dieser Theorie die Wellenfunktion zu irgendeiner späteren Zeit (t+δt) berechnen. Es muß aber betont werden, daß die Wellenfunktion nicht selbst einen Ablauf von Ereignissen in der Zeit darstellt. Sie stellt etwa eine Tendenz zu Vorgängen, die Möglichkeit für Vorgänge oder unsere Kenntnis von Vorgängen dar.[29] Sie "ist der Ausdruck einer durch Messung erworbenen Kenntnis. Sie kann durch Erwerbung neuer Kenntnis plötzlich geändert weden".[30]

Von dem holistischen Aspekt aus ist die Wellenfunktion eine Zusammensetzung aller Möglichkeiten des beobachteten Systems. Sie ist nicht eine simple Mischung von Möglichkeiten, sondern eine Art organisches Ganzes,[31] dessen Teile sich ständig verändern. Sobald wir eine Beobachtung durchführen, ergibt sich der irreversible Kollaps der Wellenfunktion. Der Kollaps der Wellenfunktion führt von vielfachen Möglichkeiten zu einer einzigen Tatsache. Zugleich ist der Kollaps ein Sprung von einer Realität mit einer theoretisch unendlichen Zahl von Dimen-

---

[29] Heisenberg:Physik und Philosophie. S.29-30
[30] Lande,Alfred:"Einheit in der Quantenwelt" Dial. S.125
[31] wird im Kap.4 detail behandelt werden.

sion auf eine Realität. Dieser Kollaps bedeutet der Übergang von Möglichkeit zu Aktualität, der von Heisenberg 'Registrierung' genannt wurde. Der Beobachter hat die Funktion oder Entscheidungen in Raum und Zeit, zu registrieren, wobei es nicht darauf ankommt, ob der Beobachter ein Apparat oder ein Mensch ist. [32] Diese Ansicht wird im Abs.2.2.4 wieder behandelt werden.

2.2.3 Objektivität

Wenn es um die physikalische Realität geht, trätt der Objektivitätsbegriff als ein entscheidendes Kriterium auf. Einsteins Realismus geht insbesondere von der Annahme der Existenz eines Elementes der Realität aus, das einer objektiven physikalischen Größe korrespondiert. Im Hinblick auf Einsteins Realitätsbegriff ist, wie erwähnt, eine Wellenfunktion weder vollständig noch objektiv. Unsere Kenntnis des Systemzustandes sei subjektiv, insofern sie für verschiedene Beobachter verschieden sein könnten. Insbesondere kann die Registrierung der Wellenfunktion so aussehen, als hätten wir damit ein subjektives Element in die physikalischen Theorie eingeführt. Nach dem erkenntnistheoretischen Realismus kann man das subjektive Element beim Akt der Beobachtung überhaupt nicht akzeptieren. Einen so verstandenen Objektivitätsbegriff nennt d'Espagnat starke Objektivität.[33]

Nach der starken Objektivität wird ein Objekt durch bestimmte Konstituierungsmethoden hergestellt. Die starke Objektivität hinterläßt in dem Objekt im allgemeinen gewisse Spuren, die sich in Merkmalen und allgemeinen Zusammenhängen ausdrücken. Die Feststellung, daß diese Merkmale vorliegen, ist offensichtlich unabhängig von der konkreten Beobachtung wahr.[34] Die gegenüber der starken Objektivität neue Situation, die man im Bereich der Kopenhagener Interpretation vorfindet,

---

[32] Heisenberg:Physik und Philosophie. S.112

[33] D'Espagnat,Bernard:Auf der Suche nach dem Wirklichen. Springer,Berlin 1983 S.60-61

[34] Mittelstaedt,P.:Objektivität und Realität in der Quantenphysik. In: Audretsch/Mainzer(1990) S.130-131

besteht zunächst darin, daß man an einem quantenphysikalischen Objekt nicht alle Eigenschaften gleichzeitig durch Messung feststellen kann. Die Unmöglichkeit der gleichzeitigen Messung hätte für den Beobachter scheinbar den Verlust der Kausalität zur Folge und damit die Unmöglichkeit, Objekte aus Beobachtungen zu konstituieren.

Für Bohr aber sei jedes Meßereignis objektiv, und für jeden Beobachter mit gesunden Menschenverstand endgültig. Hierbei muß man fragen, was die Objektivität unserer Erkenntnisse über die Realität für Bohr bedeutet. Eine durch den Meßakt gegebene Ereignisse kann, auch wenn sie sich in grundlegender Weise auf den Begriff der menschlichen Beobachtung bezieht, sehr wohl objektiv sein. Diese Objektivität ist vom Wechsel des Beobachters unabhängig. D'Espagnat nennt die so definierte Objektivität die schwache Objektivität, die durch die sogenannte Intersubjektivität gewährleistet wird. Diese Intersubjektivität wird konstituiert durch die Gemeinschaft menschlicher Beobachter.[35] Die Kopenhagener Interpretation besagt, daß eine Wellenfunktion als eine menschliche Beschreibung der Quantenrealität betrachtet werden könnte, obwohl sie auf das Kriterium der starken Objektivität verzichtet.

Bohr betrachtet eine Beschreibung des Quantenphänomens als sich auf Beobachtungen beziehend, die unter spezifizierten Umständen, einschließlich einer Angabe des ganzen Experimentes, erhalten sind.[36] Max Jammer paraphrasierte eine wohlbekannte Äußerung Bohrs wie folgt: "There is no quantum world. There is only an abstract quantum mechanical description. It is wrong to think that the task of physics is to find out how nature is. Physics concerns what we can say about nature".[37] Die Quantenwelt baut sich nicht aus Objekten auf. Aber das bedeutet nicht, daß die Quantenwelt subjektiv ist. Nach der schwachen Objektivität kann die Quantenwelt objektiv sein.

---

[35] D'Espagnat,Bernard:Auf der Suche nach dem Wirklichen. Springer,Berlin 1983 S.59-61

[36] Bohr,N.:Atomphysik und menschliche Erkenntnis I . Braunschweig 1958 S.60-62

[37] Jammer,Max:The Philosophy of Quantum Mechanics.John Wiiy 1974 S.204

Drieschner begründete dies folgendermaßen: Nach seiner Behauptung könne die Wahrscheinlichkeitsverteilung im Fall eines reinen Gesamtzustands als Eigenschaft des Quantenobjekts aufgefaßt werden. Drieschner formulierte als grundlegendes Postulat für die Axiomatik den Grundsatz der Objektivität:"Jedes Objekt wird zu jeder Zeit durch eine atomare Aussage richtig beschrieben".[38] Das bedeutet, daß jedes Objekt zu jeder Zeit durch einen eindimensionalen Unterraum des Hilbertraum, einen Vektor im Hilbertraum, beschrieben wird bzw. durch den Projektionsoperator, der auf diesen eindimensionalen Unterraum projiziert.[39] "Die Behauptung ist also zulässig und sogar plausibel, daß auch in der Quantenmechanik auf jedes Objekt und zu jeder Zeit eine atomare Aussage (Beschreibung) zutrifft."[40] Aus diesem Objekbegriff folgt, daß Quantenobjekte prinzipiell nur mithilfe von Wahrscheinlichkeiten beschreibbar sind. In der bestehenden Quantentheorie sind tatsächlich 'fast alle' möglichen Zustände des Hilbertraums nur als Wahrscheinlichkeitsdistribution $|\psi|^2$ operationalisierbar, nicht durch konkrete Messungen.[41] An die Stelle von starken Objektivität, die es in der Quantenmechanik im allgemeinen nicht gibt, treten jetzt die Wahrscheinlichkeitsgesetze. Man kann daher auch im Kontakt der Quantentheorie widerspruchsfrei von realen Objekten mit Eigenschaften sprechen, die mit Hilfe von Naturgesetzen aus Beobachtungen konstituiert worden sind. Wieder gesagt, ist die quantenmechanische Beschreibung objektiv, wenn man den Quantenzustand als ein System der Wahrscheinlichkeitsdistributionen verstehen kann.

Kopenhagener Interpretation gehöre zu einem Idealismus, wenn die Meßergebnisse lediglich von dem Subjekt als freie Beobachter abhängig wären. Es gibt jedoch keine notwendige Beziehung zwischen der Kopenhagener Interpretation und dem Idealismus,

---

[38] Drieschner,Michael:Voraussage-Wahrscheinlichkeit-Objekt. Berlin 1979 S.115

[39] Wegener,Ursula:"Quantenmechanik und Wahrscheinlichkeit" Dia. 37(1983) S.162

[40] Drieschner,Michael:Voraussage-Wahrscheinlichkeit-Objekt. Berlin 1979 S.115

[41] vgl. Drieschner,Michael: Voraussage - Wahrscheinlichkeit-Objekt. Berlin 1979 S.117

wie so oft behauptet wurde. Das Quantenverhalten impliziert die Wechselwirkung zwischen Objekt und Beobachtungsapparat. Aber sie ist nicht eine direkte Beziehung zwischen Objekt und Subjekt. "Die erste Beziehung ist eine rein physikalische, es ist die Beziehung zwischen Objekten, wenn sie auch die Bedingung dafür ist, Wahrnehmungen zu haben".[42] In der Tat hat die Beziehung zwischen Subjekt und Objekt aber eine paradoxe Eigenschaft, die eine weitgehende Analogie zu der Beziehung zwischen dem Beobachtungsmittel und dem beobachteten System hat, wie wir ihr in der Quantenphysik begegnen. Bohr kennzeichnet diese Paradoxie der Erkenntnis in folgender Weise:[43] "Einerseits verlangt die Beschreibung unserer Gedankentätigkeit die Gegenüberstellung eines objektiv gegebenen Inhalts und eines betrachtenden Subjektes, während anderseits keine strenge Trennung zwischen Objekt und Subjekt aufrechterhalten ist, da ja auch der letztere Begriff dem Gedankeninhalt angehört". Bohr weist in diesem Zusammenhang auch darauf hin, daß die bewußte Analyse eines jeden Begriffes in einem ausschließenden Verhältnis zu seiner unmittelbaren Anwendung steht. Ähnlichkeiten zu diesem Gedanken Bohrs finden wir bei Jordan. Eine Begriffbildung "stellt also nicht etwa einen über die sinnliche Erfahrung hinausgehenden Erkenntnisvorstoß auf das 'Wesen' der Naturerscheinungen dar, sondern ledglich eine zur Registrierung und Ordnung unserer sinnlichen Erfahrungen nützliche Hilfskonstruktion".[44] Diese subjektive Interpretation Jordans ist aber aus dem Grundgedanken Bohrs zu weit gegangen. Unsere Erkenntnis schränkt sich nicht auf dem Subjekt ein, sondern kommt mit dem Subjekt vor.

Nach der Bohrschen Definition des Phänomens als Beobachtungsergebnis, wie oben beschrieben, ist es möglich, ein physikalisches Phänomen neu zu schaffen, wenn ein Teil der Versuchsanordnung verändert wird. Diese phänomenalistische These lautet nach Bunge wie folgt: "Der physikalische Gegenstand hat keine vom erkennenden Subjekt oder Beobachter un-

---

[42] Hübner,K.:"Über die Philosophie der Wirklichkeit in der Quantenmechanik" in Phil.Nat.14(1973) S.7
[43] Bohr,N.:Atomtheorie und Naturbeschreibung.Berlin 1931,S.62
[44] Jordan,Max:Anschauliche Quantentheorie. 1936;S.277

abhängige Existenz. Das, was existiert, ist eine geschlossene Einheit, die sich (auf geheimnisvolle Weise) aus dem Beobachter, seinen Beobachtungsmitteln und dem Gegenstand der Beobachtung zusammensetzt. Die Unterscheidung zwischen den drei Komponenten dieses Systems ist nicht eindeutig und objektiv, sondern es bleibt dem Gutdünken des erkennenden Subjekts überlassen, das Objekt in den Apparat einzugliedern oder diesen als Verlängerung seiner selbst zu betrachten. Darauf muß sich jede Beobachtung beziehen. Und jede Formel der Quantenmechanik erfüllt diese Bedingung, d.h., sie bezieht sich auf eine experimentelle Situation"[45] Somit könnte es korrekt sein, die Position der Kopenhagener Interpretation zum Phänomenalismus zuzuschlagen. Genauer gesagt kann man aber nicht sagen, daß die Kopenhagener Interpretation zum typischen Phänomenalismus gehöre. Nach der Phänomenalismus sollen alle Aussagen über Dinge und Prozesse auf Aussagen über Sinnesdaten zurückzuführen sein. Unsere Erkenntnis würde auf das sinnlich Gegebene eingeschränkt. Dagegen ist die menschliche Erkenntnis der Realität bei der Kopenhagener Interpretation keine Sammlung der Sinnesdaten des Objektes, sondern ein Ergebnis der Wechselwirkung zwischen dem Menschen und dem Objekt. Diese Haltung der Erkenntnis von der Realität ist anderes als die erkenntnistheoretische Haltung Einsteins. Die Position der Kopenhagener Interpretation bleibt nicht auf der phänomenalen Ebene, sondern sucht die Ganzheit der Realität, die aus dem Begriff der Bohrschen Relationalität entstanden.neue Deutung der Ontologie. Sie lehnt zwar die Autonomie der Einzelsystems ab, sucht doch die Autonomie des Ganzensystems.

Nach Heisenberg müssen die Objektivität und die klassische Realität sich voneinander unterscheiden. "The state of the closed system represented by a hilbert vector is indeed objective,.."[46] auch Pauli schrieb: "The quantum-mechanical description of atomic phenomena is still an objective description, although the state of an object is not assumed any lon-

---

[45] Bunge,Mario:Epistemologie.Zürich 1983 S.72

[46] Heisenberg:The development of the interpretation of the quantum theory. In:Niels Bohr and the development of physics W.Pauli ed. London 1955 S.18

ger to remain independent of the way in which the possible source of information about the object are irrevocably altered by observations. The existence of such alterations reveals a new kind of wholeness in nature, unknown in classical physics, inasmuch as an attempt to subdivide a phenomenon defined by the whole experimental arrangement used for its observation creates an entirely new phenomenon"[47] Anders gesagt, lehnt Pauli nicht das, was existiert, sondern die eigenen, festen und bestimmten Attribute des Existierenden ab. Faßt man den beziehungsabhängigen Gesamtzustand als ontologische Realität auf, so kann die Kopenhagener Interpretation nicht zu einem Phänomenalismus gehören. Vom Standpunkt dieser ontologischen Auffassung aus betrachtet, bezieht die Quantenrealität sich eng auf Erfahrungsverhalten, welche - auf dem Umweg über die dem Beobachtern verfügbaren Meßgeräte - direkt auf die Beobachter hinweisen. In Hinblick auf Erfahrungsverhalten spricht d'Espagnat von einer 'Philosophie der Erfahrung' statt von 'Phänomenalismus'.[48] 'Die Philosophie der Erfahrung' ist jedoch vom Einsteinschen Realismus wie vom ursprünglichen Phänomenalismus weit entfernt. Im folgenden Abschnitt wird der Realitätsbegriff der Kopenhagener Interpretation das Thema sein.

2.2.4 Realitätsbegriffe der Kopenhagener Interpretation

Die Idee der Komplementarität ermöglicht eine Synthese von entgegengesetzten Voraussetzungen. Zur Erreichung dieses Ziels ist ein subtiler Begriff der physikalischen Realität notwendig. Nach der Kopenhagener Interpretation hängt die Beschreibung der Realität davon ab, wie man die Relation zwischen den Einzelsysteme erklären kann. Die Realität wird mit Hilfe einer Meßvorrichtung als Wirkliches hervorgebracht. Aber man kann kein intuitives Verständnis dieser Realität in der Quantenphysik haben. Diese Schwierigkeit entsteht daraus, daß die quantenmechanischen Phänomene durch die makroskopische Sprache

---

[47] Pauli,W.:Matter. In:Man's right to knowledge. New york 1955 S.14-5

[48] d'Espagnat,Bernard:Auf der Suche nach dem Wirklichen. Springer,Berlin 1983, S.13

allein nicht erklärt werden kann, obwohl sie durch die makroskopische Sprach beschrieben werden soll.

Wie in dem Abschnitt 2.2.2 erwähnt, gehört das Umschlagen der Wellenfunktion im Augenblick der Messung zum Problem der erkenntnistheoretischen Interpretation, weil der Erkenntnisprozeß in der Quantenmechanik gerade in dem Meßvorgang besteht. Da es sich bei der Komplementarität um den Erkenntnisprozeß der Phänomene handelt, ist es für einen Physiker, der an dem Komplementaritätsprinzip festhält, sinnlos, Fragen über den traditionellen tiefen Realitätsbegriff zu stellen. Eine mit der Kopenhagener Interpretation verträgliche Möglichkeit, den Realitätsbegriff physikalisch zu verstehen, wird durch die Begriffe der Korrelation zwischen den Quantenzuständen des Objekts und der Koexistenz der Potentialitäten eröffnet.

Wie oben festgestellt, steht Bohrs Ansicht über die Realität physikalischer Objekte in deutlichem Kontrast zum physikalischen Realismus von Einstein. Nach dem Einsteinschen Realismus besteht die Realität aus Substanzen, die Eigenschaften haben, unbeschadet der Relationen, in denen sie zu anderen Substanzen stehen, d.h. die bestimmte Eigenschaften besitzen unabhängig von irgendwelchen Relationen zu anderen Substanzen, während für Bohr die Realität eine Relation zwischen Substanzen ist und die Messung ein Spezialfall einer solchen Relation.[49] Für Einstein "handelt es sich um eine Entdeckung eines unabhängig existierenden Zustandes", für Bohr "um die Errichtung einer Wirklichkeit, welche vorher noch gar nicht bestanden hat",[50] nur was beobachtet worden ist, existiert gewiß. Es kommt beim Meßprozeß darauf an, eine Korrelation zwischen den Zuständen des Quantenobjekts und den makrophysikalischen Zuständen des Meßapparats herzustellen.

---

[49] Kanitscheider,,Bernulf:Philosophie und moderne Physik, Darmstadt 1979, S.281 und vgl. K.Hübner:Über die Philosophie der Wirklichkeit in der Quantenmechanik. In: Phil.Nat.14 (1973) S.5

[50] Kanitscheider,Bernulf:Philosophie und moderne Physik, Darmstadt 1979, S.281

Die Wellenfunktion ändert sich bei einer Beobachtung oder einer Messung im allgemeinen plötzlich. Vor der Beobachtung ist die Katze nicht 'lebendig oder tot', sondern 'lebendig und tot'. Darin liegt begrifflich eine ernsthafte Schwierigkeit. Die Wellenfunktion des ganzen Systems, die den Beobachter einschließt, muß auf verschiedene, sich makroskopisch unterscheidende Zustände aufgeteit werden. Aber wir können weder den reinen Zustand der gesamten Wellenfunktion noch den Prozeß des Kollapses der Wellenfunktion, sondern nur das Ergebnis der Beobachtung erfahren. Die Möglichkeiten des ungeteilten Zustandes ist nicht als Erfahrungsgegenstand zu betrachten. D'Espagnat unterscheidet eine Erfahrungsrealität von einer Realität an sich.[51] Die Realität an sich, die den reinen Gesamtzustand vor der Beobachtung enthält, ist nach d'Espagnat keine physikalische Realität, weil der Übergang vom Möglichen zum Wirklichen noch nicht stattgefunden hat.

Während Bohr die Ganzheit eines Quantenphänomens betont hat, hat Heisenberg die Unbestimmtheit des Geschehens zwischen Präparierung und Messung im Sinne einer Aristotelischen Potentialität aufzufassen versucht. Heisenberg erörterte die potentielle Realität im Zusammenhang mit seiner Unschärferelation. Er bezeichnete sie als dritte oder intermediäre Realität.[52] Nach seiner Auffassung habe der Gesamtzustand nur das Mögliche, das Gesamtsystem ist eine bestimmte intermediäre Realität, die in der Mitte zwischen der Erfahrungsrealität der Materie und der geistigen Realität an sich sich befindet.[53] Diese "Realität ist nur das Mögliche, welches mit Hilfe einer Meßvorrichtung als Wirkliches hervorgebracht wird"[54], deshalb ist sie "zwar nicht eine Realität im Sinne der klassischen

---

[51] D'Espagnat,B.:Auf der Suche nach dem Wirklichen. Berlin 1983 S.87-89,109 ,

[52] Heisenberg:Physik und Philosophie. S.25

[53] Heisenberg:On Modern Physics.NY 1961 S.9 , zitat nach M. Jammer:The Philosophy of Quantum Mechanics S.44

[54] Hübner,Kurt:"Diskussion der Quantenmechanik" Phil.Nat.9 (1965) S.10

Physik, aber doch die Möglichkeit zu einer solchen Realität".[55]

Aus dieser Realitätsidee der Potentia ergibt sich die quantenmechanische Ontologie, wobei der koexistente Zustand sich metaphysikalisch darstellt. Der koexistente Zustand "drückt in aller Schärfe die quantenmechanische Ontologie aus. Aber auch hier kann man von Ontologie im strengen wissenschaftlichen Sinne nicht sprechen".[56] Trotzdem führt diese quantenmechanische Ontologie eine merkwürdige Art von neuem metaphysikalischen Grund des Realismus ein, der durch unsere Sprache nicht völlig beschrieben werden kann. D'Espagnat nannte diesen Realismus 'fernen Realismus'.[57] In dem fernen Realismus bleibt aber eine Schwierigkeit der Übertragung zwischen der Realität und unserer Sprache. Vor allem beginnt der Weg zur philosophischen Begründung der Quantenmechanik mit dem Versagen unserer Sprache als Versagen der in ihr verankerten Ontologie. "Insofern mit der Quantenmechanik auch eine neue Sprache vorliegt, die der gewöhnlichen Sprache an vielen Stellen sehr fremd ist, besteht von solchen Standpunkt aus die Aufgabe der philosophischen Analyse darin, aus der eigenen Struktur dieser Sprache die hinter ihr stehende Ontologie abzulesen."[58]

Ich komme nach der bisherigen Entwicklung zu dem Schluß, daß ein dem Komplementaritätsprinzip angemessener Realitätsbegriff sich auf einen beziehungsabhängigen Gesamtzustand stützen sollte. Um die Realität als den beziehungsabhängigen Gesamtzustand genauer zu verstehen, ist es erforderlich, das Realismus-Problem sowohl in erkenntnistheoretischer wie in ontologischer Hinsicht näher zu untersuchen. Als Schlußwort möchte

---

[55] Heisenberg:"Entwicklung der Deutung der Quantentheorie" In:Erkenntnisproblem der Naturwissenschaften.Berlin 1970, S.412

[56] Hennemann,Gerhard:"Zur Frage nach dem ontologischen Hintergrund der modernen Atomphysik" Phil.Nat.6(1960) S.39

[57] D'Espagnat,B.:Auf der Suche nach dem Wirklichen. Berlin 1983 S.99 :Ferner Realismus ist "eine Auffassung, nach der die Elemente der Realität nicht alle mit Hilfe von Begriffen, die uns nah und vertraut sind, beschrieben werden können".

[58] Bratoev,G.:Heisenberg und die philosophische Begründung der Quantenmechanik. In:Pfeiffer(Hg.):Heisenberg. 1977 S.74

ich die Naturansicht von Heisenberg durch ein Zitat andeuten: "Wir müssen uns daran erinnern, daß das, was wir beobachten, nicht die Natur selbst ist, sondern Natur, die unserer Art der Fragestellung ausgesetzt ist,..... daß man beim Suchen nach der Harmonie im Leben niemals vergessen darf, daß wir im Schauspiel des Lebens gleichzeitig Zuschauer und Mitspielende sind."[59]

2.3 Die Orthodoxe Interpretation

2.3.1 Das Problem des Meßprozesses

Von Neumann war der erste, der eine in sich geschlossene Interpretation des Formalismus der Quantenmechanik gegeben hat. Sie wird normaleweise die orthodoxe Interpretation genannt.[60] Obwohl die orthodoxe Interpretation auf der Kopenhagener Interpretation aufbaute, ist sie mit dieser nicht gleich zu setzen. Nur die orthodoxe Interpretation ist axiomatisch aufgebaut. Während es sich bei der Bohrschen Interpretation um die Störung des Quantenobjekts bei den Beobachtungen handelt, betont von Neumann vorrangig die Beziehung zwischen dem Objekt und der Apparatur. Primas stellt die Unterschiede zwischen Bohr und von Neumann wie folgt dar:"We must stress the fundamental difference between Bohr's view and von Neumann's interpretation of quantum mechanics. ···According to Bohr, there are no 'microsystems' that can be separated from the measuring instruments; the measured 'objects' have a theoretical status entirely different from that of the measuring instruments. Von Neumann's interpretation, by contrast, ascribes the same theoretical status to object systems and measuring instruments, and it makes now sense to speak of an interaction between these two systems. In Bohr's language it is

---

[59] Heisenberg:Physik und Philosophie. S.40

[60] Wigner nannte die Interpretation der Quantenmechanik, die das Meßproblem insbesondere für wichtig hielt, orthoxe Interpretation.(Wigner:"The problem of measurement" Amer.J. Phys.31(1963) S.6-15

impossible even to talk about a 'measurement problem'. But in von Neumann's Interpretation the discussion of the measurement process is the central issue".[61],[62]

Von Neumann versucht zu zeigen, daß es unmöglich ist, die Gesetze der Quantenmechanik von einem systematischen Bezug auf das Bewußtsein des Beobachters loszulösen. Worin besteht nun die Rolle des Beobachters in der Quantenmechanik? Der Physiker kann im Labor Versuchsbedingungen makrophysikalisch festlegen und damit auch Entscheidungen über die Verhaltensmöglichkeiten der Mikroobjekte treffen. In dieser Hinsicht erforscht von Neumann das Bewußte des Beobachters :Wann genau bricht die Wellenfunktion zusammen? Um diese Frage zu beantworten, muß man den Meßprozeß betrachten. Die Theorie des Meßprozesses beschreibt den Übergang vom Formalismus der Quantenmechanik, der Möglichkeiten beschreibt, nämlich mit Wahrscheinlichkeiten belegte Voraussagen, zu wirklichen Meßergebnissen. Und von Neumann beschreibt den Meßprozeß durch den axiomatischen Formalismus der Quantenmechanik.[63],[64]

---

[61] Primas,Hans:Chemistry,Quantum Mechanics and Reductionism. Berlin 1983 S.113

[62] Natürlich betont Einstein die Wichtigkeit des Meßapparatsz, zwar von anderen Aspekt aus; "Das Messungs-Ergebnis hängt nicht nur ab von der realen Teilchen-Situation, sondern auch von der prinzipiell unvollständig bekannten Natur der Mess-Mechanismus." (Einstein:"Quantenmechanik und Wirklichkeit" Dialektik 2(1948) S.321) Aber für ihn gibt es doch wesentlich kein Platz für Subjekt.

[63] Sein Formalismus wird aus den folgenden grundlegenden Begriffe und Regeln hergeleitet:
1) Der physikalische Zustand eines Systems wird mathematisch durch einen Vektor ψ in einem unendlichen dimensionalen Hilbertraum repräsentiert.
2) Die zeitliche Entwicklung dieses Zustandes wird durch eine lineare Differentialgleichung erster Ordnung in der Zeit beschrieben: $ih\,\delta\psi/\delta t = H\,\psi$ wobei H der Operator der Gesamtenergie des Systems ist.
3) Die das System kennzeichnenden physikalischen Größen A,B,.. werden repräsentiert durch selbstadjungierte Operatoren $\alpha,\beta,..$ Die Eigenwerte $a_k(b_k,...)$ von $\alpha(\beta)$ sind die möglichen Werte von A(B). Der Zustand, in dem A den Wert a_k annimmt, wird durch den Eigenvektor ϕ_k beschrieben. Jede Observable des Systems ist. einfach gesagt, durch hermitischen Operator darzustellen und umgekehrt.

[64] Kutschmann,Werner:"Zur Interpretation der Quantenmechanik" Phil.Nat.19(1982) S.552

Nach der orthodoxen Interpretation der Quantenmechanik kann die Unbestimmtheit des Zustandes des Spins sich auf makroskopische Zustände übertragen. Hierbei handelt es sich darum, eine Korrelation zwischen den Quantenzuständen des Quantenobjekts und den makroskopischen Zuständen des Meßapparats herzustellen. Die Beobachtung des makroskopischen Zustandes des Meßapparats läßt dann einen eindeutigen Rückschluß auf den Quantenzustand des Objekts zu. Die von Neumansche Meßtheorie setzt zwei verschiedene Veränderung des Zustandes voraus:[65]
Prozeß 1: Automatische Veränderung; Kontinuierliche und kausale Veränderung;Reversibilität;gemäß der Schrödingergleichung
Prozeß 2: Willkürliche Veränderung durch Messung; die diskontinuierliche, nichtkausale und augenblickliche Veränderung ;Irreversibilität;gemäß der Reduktion des Wellenpakets

Der Drieschnerschen Analyse des Meßprozesses folgend[66] betrachten wir die Zuständen ψ_1 und ψ_2, und Meßgerät, das zwischen diesen beiden Zuständen entscheidet, mit zwei Ergebniszuständen ϕ_1 und ϕ_2. Die Wechselwirkung zwischen Objekt und Meßgerät ist so, daß, wenn zunächst das Objekt im Zustand ψ_1 ist, das Gesamtsystem in den Zustand $\psi_1 * \phi_1$ gelangt; und wenn das Objekt zunächst in Zustand ψ_2 ist, muß das Gesamtsystem schließlich in den Zustand $\psi_2 * \phi_2$ gelangen. Wenn das Objekt zunächst im Zustand $\alpha\psi_1 + \beta\psi_2$ (wobei $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$) war, dann ist das Gesamtsystem hinterher im Zustand

$$\Phi = \alpha\,\psi_1*\phi_1 + \beta\,\psi_2*\phi_2$$

Der zustand $\alpha\psi_1 + \beta\psi_2$ bedeutet, daß der Zustand μ_1 mit der Wahrscheinlichkeit $|\alpha|^2$ und der Zustand ψ_2 mit der Wahrscheinlichkeit $|\beta|^2$ bei einer Entscheidung zwischen ψ_1 und ψ_2 gefunden werden. Weiterhin wird der Endzustand entweder $\psi_1 * \phi_1$ mit Wahrscheinlichkeit $|\alpha|^2$ sein, oder $\psi_2 * \phi_2$ mit Wahrscheinlichkeit $|\beta|^2$. Den Unterschied zum Zustand $\Phi = \alpha\,\psi_1*\phi_1 + \beta\,\psi_2*\phi_2$

---

[65] Jammer,Max:The Philosophy of Quantum Mechanics 1974 S.475 vgl.Von Neumann,J.:Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik Berlin 1932

[66] Drieschner,Michael:Voraussage-Wharscheinlichkeit-Objekt. Berlin 1979 S.156-161

beschreibt die Reduktion des Wellenpakets. Und das 'Gemenge' wird, vor der Beobachtung, beschrieben durch den statistischen Operator des Meßgerätes

$$W_I = |\alpha|^2 P_{\phi 1} + |\beta|^2 P_{\phi 2}$$

und durch den statistischen Operator des Objekts

$$W_{II} = |\alpha|^2 P_{\psi 1} + |\beta|^2 P_{\psi 2}$$

Zu dem Zustand des Gesamtobjekts(I & II,nämlich Objekt und Meßgerät) $\Phi = \alpha\, \psi_1 * \phi_1 + \beta\, \psi_2 * \phi_2$ gehört der statistische Operator P_Φ ; der statistische Operator $W_I * W_{II}$ des Gemenges unterscheidet sich von P_Φ.

Der Übergang zur Gemenge-Situation wird nach von Neumann durch den "Schnitt" gewonnen.[67] Wenn man das Gesamtobjekt im Zustand Φ in die Teilobjekte I(Objekt) und II(Meßgerät) zerlegt, dann weden die Teilobjekte durch die statistischen Operatoren W_I und W_{II} richtig beschrieben. Das heißt, der Unterschied zwischen P_Φ und $W_I * W_{II}$ liegt gerade in den Korrelationen zwischen Meßgerät und gemessenem Objekt. Von Neumann interpretiert den Schnitt als die Trennung zwischen Objekt und Subjekt. "Aber einerlei, wie weit wir rechnen: bis ans Quecksilbergefäß, bis an die Skala des Thermometers, bis an die Retina, oder bis ins Gehirn, einmal müssen wir sagen: und dies wird vom Beobachter wahrgenommen. D.h. wir müssen die Welt immer in zwei Teile teilen, der eine ist das beobachtete System, der andere der Beobachter."[68] Dabei ist es gleichgültig, ob man den Schnitt zwischen das gemessene Objekt und den Meßgerät legt oder zwischen das Gesamtsystem und den Beobachter.

Nach der von Neumannschen Auffassung formuliert der Hinweis auf die Rolle des Schnittes die Forderung an eine Beschreibung des Meßprozesses, gibt aber keinen Mechanismus an, wie diese

---

[67] vgl. Von Neumann,J.:Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik Berlin 1932 Kap.VI

[68] Von Neumann,J.:Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik Berlin 1932 S.223-224

Forderung erfüllt werden kann. Weiterhin ist es gezeigt, daß es einen solchen Mechanismus nicht geben kann. Man kann nämlich das isolierten System nicht exakt messen. Von Neumann beschreibt die Beobachtung des Systems S wie folgend:"Bei der Messung können wir das System S nicht für sich allein betrachten, wir müssen vielmehr, um seine Wechselwirkung mit der Meßvorrichtung M rechnerisch verfolgen zu können, das System S+M untersuchen. Die Theorie der Messung ist ja eine S+M betreffende Aussage, soll sie doch angeben, wie der Zustand von S mit gewissen Eigenschaften des Zustandes von M (nämlich den Stellungen gewisser Zeiger, da der Beobachter diese abliest) zusammenhängt."[69] Man kann nicht sagen, daß die Quantenmechanik für bestimmte Objekte gilt, nicht aber für Meßgeräte.: "Die Quantenmechanik beschreibt nun die Ereignisse, die im beobachteten Teil der Welt stattfinden, solange sie mit dem beobachtenden Teile nicht in Wechselwirkung stehen, mit Hilfe des Prozesses 2.; sobald aber eine derartige Wechselwirkung stattfindet, d.h. eine Messung, schreibt sie das Verwenden des Prozesses 1.(Projektiospostulat) vor."[70] Im Sinne dieses Projektionsprozeses hat eine physikalische Größe keinen bestimmten Wert ohne eine bestimmte subjektive Beobachtung.[71] Die Bedeutung dieser Tatsache betont die Besonderheit, die darin besteht, daß der menschliche Beobachter ein Bewußtsein hat.

Wie früher erwähnt kann man zwar die Trennlinie zwischen dem Beobachter, dessen Bewußtsein beeinflußt wird, und dem beobachteten physikalischen Objekt in Richtung auf einen von diesen beiden in einem beträchtlichen Grade verschieben, aber das Bewußtsein kann nicht eliminiert werden, d.h. die Quantenmechanik kann nicht in einer beobachterfreien Weise formuliert werden als Theorie, die über atomare Mikroobjekte oder Quantonen läuft. Diese Situation wird von v.Neumann

---

[69] Von Neumann,J.:Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik Berlin 1932 S.187

[70] Von Neumann,J.:Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik Berlin 1932 S.224

[71] Baumann,Kurt:"Realistische Interpretation der Quantenmechanik. In:Haller,R./Götschl,J:Philosophie und Physik. S.40

"psychophysikalischer Parallelismus" genannt.[72] Von Neumann hat speziell darauf hingewiesen[73], daß der Bezug auf das Bewußtsein unvermeidbar ist:"... Zunächst ist es an und für sich durchaus richtig, daß das Messen, bzw. der damit verknüpfte Vorgang der subjektiven Apperzeption eine gegenüber der physikalischen Umwelt neue, auf diese nicht zurückführbare Wesenheit ist.···· Trotzdem ist es aber eine für die naturwissenschaftliche Weltanschauung fundamentale Forderung, das sog. Prinzip vom psycho-physikalischen Parallelismus, daß es möglich sein muß, den in Wahrheit außerphysikalischen Vorgang der subjektiven Apperzeption so zu beschreiben, als ob er in der physikalischen Welt stattfände - d.h. ihren Teilen physikalische Vorgänge in der objektiven Umwelt, im gewöhnlichen Raume, zuzuordnen."[74] Die von Neumannsche Interpretation der Quantenmechanik stellt eine erkenntnistheoretische Aussage über die Art der Wirkungsweise des Mikrokosmos ins Makroskopische. Hier spielt der Mensch als Beobachter eine entscheidende Rolle, da er aus dem Subjekt, z.B. durch Konstruktionen von Meßapparaturen, in die Welt gestaltend und damit als Kausalfaktor in das materielle Geschehen eingreift. Das ist der Kernpunkt des von Neumannschen Prinzips vom psychophysikalischen Parallelismus.

Er fordert im Prinzip vom psychophysikalischen Parallelismus die grundsätzliche Einbeziehbarkeit des Beobachters in den physikalischen Objektbereich.[75] Hierbei ist es willkürlich, ob man den Beobachter in der Meßvorrichtung einschließt, oder ob

---

[72] Von Neumann,J.:Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik Berlin 1932 S.223-4

[73] Von Neumann,J.:Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik Berlin 1932,Kap.4

[74] Von Neumann,J.:Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik Berlin 1932 S.223

[75] "Die enge Verbindung zwischen Beobachter und Meßobjekt hat aus philosophischer Sicht einen doppelten Aspekt: In ontologischer Hinsicht wird der Beobachter auf die Stufe der Gegenstandsebene gestellt, Beobachter und Objekt werden gleichberechtigte Partner einer physikalischen Ontologie. In epistemologischer Hinsicht bedeutet die Verankerung des Objektes an dem Beobachter eine Einschränkung von dessen Erkenntnismöglichkeiten; ein Beobachter kann nur das erkennen, was über den Meßprozeß für seinen Zweig der Aufspaltung vorgesehen ist." (Pfarr:"Zur Deutung der many-worlds Interpretation der Quantentheorie.In:Grundlagen der Quantentheorie.Peter Mittelstaedt(Hg.) Zürich 1980 S.119

die Meßvorrichtung in dem beobachteten System eingeschlossen wird. " Es ist zu zeigen, daß die Grenze sowohl zwischen I(s) und II+III(m+b) als auch zwischen I+II(s+m) und III(b) gezogen werden kann"[76] Wegen dieser Willkürlichkeit der Grenzen kann man das Prinzip vom psychophysikalischen Parallelismus akzeptieren. Nach dieser Interpretation gibt es keine tiefe Realität. Nur das bewußte Zurkenntnisnehmen von Meßergebnissen ist real.

2.3.2 Von Neumanns Argument für die Unmöglichkeit, in die Quantenmechanik verborgene Variablen einzuführen.

Wenn man voraussetzt, daß die Wahrscheinlichkeitsaussagen der Quantenmechanik richtig sind, gibt es sicher keine Kausalität[77] in der Quantenmechanik. Von Neumann hat bewiesen, daß der Formalismus der Quantenmechanik keine verborgenen Variablen gestattet. Der einfachen und deutlichen Analyse Selleris [78] folgend betrachten wir den Beweis des von Neumannschen Theorems, wonach verborgene Variablen nicht existieren können.

Wenn man n Messungen von Spin an Teilchen vornimmt, die die gleiche Anfangswellenfunktion aufweisen, so ergeben sich die Resultate

$A = a_1, a_2, \ldots\ldots a_n$

Die n Messungen von A führen auch auf n Messungen von Observable A mit den Ergebnissen

$A^2 = a_1^2, a_2^2, \ldots\ldots a_n^2$

Angenommen, daß die Resultate $a_1, a_2, \ldots\ldots a_n$ durch eine verborgene Variable λ , die einen festen Wert vor der Messung hat, bestimmt werden, so kann man sie darstellen als;

$a_1 = a(\lambda_1), a_2 = a(\lambda_2), \ldots\ldots a_n = a(\lambda_n)$

---

[76] Von Neumann,J.:Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik Berlin 1932 S.224

[77] $d\rho/dt = -i/h\ [\ H,\rho\ ]$

[78] Selleri,Franco:Die Debatte um die Quantentheorie.Vieweg, Braunschweig 1983 S.45-52

wobei $\lambda_1, \lambda_2, \ldots \lambda_n$ die jeweiligen Werte von λ vor jeder Einzelmessung sind. Da λ tatsächlich einen festen Wert λ_0 hat; Wenn man die Teilchen so präpariert, daß λ vor allen Messungen übereinstimmt und den Wert $\lambda=\lambda_0$ aufweist, wird sich offensichtlich stets das gleiche Ergebnis einstellen:

$$A = a_1 = a_2 = \ldots = a_n = a(\lambda_0)$$

Für ein derartige Gesamtheit mit festem λ gilt also

$$\langle A \rangle = 1/n \; \Sigma \; a_i = a(\lambda_0), \quad \langle A^2 \rangle = 1/n \; \Sigma \; a_i^2 = a^2(\lambda_0)$$

Falls die verborgene Variable einen festen Wert annimmt, wird die mittlere quadratische Abweichung δA, die die Differenz zwischen $\langle A^2 \rangle$ und $\langle A \rangle^2$ bezeichnet, 0 ;

$$\delta A = [\langle A^2 \rangle - \langle A \rangle^2]^+ = 0$$

δA wird als 'Dispersion' bezeichnet, wenn die verborgene Variable einen festen Wert annimmt. Bei der Existenz einer verborgenen Variable, ist also die Observable A dispersionsfrei.
In der allgemeinen Situation von den verschiedenen Observable A, B, C ergibt sich

$$\delta A = \delta B = \delta C = \ldots = 0 \; ,$$

also spielt es dabei keine Rolle, daß verschiedene Observable durch nichtkommutable Operator dargestellt werden.

Also müssen die Vertreter von verborgenen Variablen behaupten, daß die gegebene Gesamtheitszustand stets als Summe von dispersionsfreien Subgesamtheitszustände logisch zusammengesetzt. Dies bedeutet, daß die Wahrscheinlichkeits-verteilungen eines reinen Falles sich auf die Verteilungen wirklicher Zustände reduzieren.

Aber v.Neumann beweist, daß diese Reduktion unmöglich ist, da sich die auf einen reinen Fall bezogenen Voraussagen von

denjenigen unterscheiden, die auf einer Gesamtheit beruhen.[79] Allerdings geht sein Beweis von der Gültigkeit seiner Axiome aus. Sein Beweis besteht, einfach gesagt, darin, daß eine dispersionsfreie Gesamtheit nicht existieren können, falls seine drei Prämissen sich anwenden lassen:

Axiom 1: Es gibt eine eindeutige Zuordnung zwischen Spin-Observablen und hermitischen 2*2 Matrizen.

Axiom 2: Wenn die Observable A der Matrix A entspricht, dann entspricht die Observable f(A) der Matrix f(A).

Axiom 3: Sind A und B beliebige Observable und a und b reelle Zahlen, dann gilt die golgende Linearität der Mittelwerte:

$$\langle aA + bB \rangle = a \langle A \rangle + b \langle B \rangle$$

Gegeben sei eine verborgene Variable λ, die die Ergebnisse aller möglichen Spin-Beobachtungen determiniere. Wir betrachten ein dispersionsfreies Ensemble, so daß λ einen festen Wert λ_o hat. Dann im dispersionsfreien Ensemble führt eine Messung der Observablen A,B und C notwendigerweise zu folgenden Schlüssen:

A hat den festen Wert $a_o=a(\lambda_o)$, der ein Eigenwert von A ist.

B hat den festen Wert $b_o=b(\lambda_o)$, der ein Eigenwert von B ist.

C hat den festen Wert $c_o=c(\lambda_o)$, der ein Eigenwert von C ist.

Wenn wir im speziellen die Matrizenoperatoren denken

$$\alpha(A) = \sigma_1, \quad \beta(B) = \sigma_2, \quad \gamma(C) = \sigma\, m \qquad (*1)$$

wobei α,β und γ die Operatoren für den Observable A,B und C sind, m=(1,1,0), also $|m| = \sqrt{1^2+1^2+0^2} = \sqrt{2}$ dann nach dem Axiom 1

$$r=\alpha+\beta \rightarrow C=A+B \qquad (*2)$$

In der dispersionsfreien Gesamtheit mit $\lambda=\lambda_o$ ist der Mittelwert von A ; $\langle A \rangle = a_o$, und in ähnlicher Weise; $\langle B \rangle = b_o$, $\langle C \rangle = c_o$

---

[79] Hübner,K.:"Über die Philosophie der Wirklichkeit in der Quantenmechanik" Phil.Nat. 14(1973) S.12-13

Mit Hilfe von (*2) und Axiom 3

$\langle C\rangle = \langle A\rangle + \langle B\rangle$ also $c_o = a_o + b_o$

Dieses letztere Ergebnis verletzt (*1), da $\alpha = \sigma_1$ und $\beta = \sigma_2$ die Eigenwerte +1 oder −1 , $r = \sigma m$ die Eigenwerte $+\sqrt{2}$ oder $-\sqrt{2}$ hat. Physikalisch angesehen, ist die Spur der Dichtematrix eines reinen Falles nicht gleich +1 oder −1.[80] Also ist es nach der Methode *reductio ad absurdum* falsch, die Existenz der verborgenen Variablen vorauszusetzen. Daraus kann man schließen, daß dispersionsfreie Gesamtheit nicht existieren können. Also kann es unter den von von Neumann angegebenen Bedingungen auch keine verborgenen Variablen geben, denn diese implizieren die Existenz von dispersionsfreien Gesamtheiten.[81]

Das Ziel einer Theorie verborgener Variablen ist es, Quantenmechanik als statistische Theorie in dem Sinne zu begreifen, daß sie die Wahrscheinlichkeit von Ereignissen liefert, die in Wirklichkeit durch nicht beobachtbare Eigenschaften festgelegt sind. Die statistische Theorie enthält die Erwartungswertfunktion, in der der Zustand dispersionsfrei - und doch reduzible - ist. Der orthodoxen Interpretation nach aber ist die Quantenerscheinung in der Tat weder dispersionsfrei noch reduzibel. Das heißt, daß es keine früheren Spuren eines mikroskopischen Objekts gibt, durch die eindeutig die späteren Spuren festgelegt sind. [82] Als Beispiel kann man einen radioaktiven Atomkern betrachten. Es gibt keine solchen Spuren dieses Atomkerns, durch die eindeutig die Zeit des Zerfalls festgelegt wäre. Auch keine Weiterentwicklung der Physik kann solche entdecken, sonst müßte die Quantenmechanik experi-

---

[80] In dem zweidimensionalen Beispiel muß der Mittelwert daher eine lineare Funktion von α und β sein. Für einen dispersionsfreien Zustand muß der Mittelwert einer Observablen einem ihrer Eigenwerte entsprechen. Die Eigenwert $\alpha \pm |\beta|$ sind sicher nicht linear in β. Deshalb sind dispersionsfreie Zustände unmöglich. Für höherdimensionale Zustandsräume kann man stets zweidimensionale Unterräume betrachten, also ist es allgemein gültig.

[81] Selleri,Franco:Die Debatte um die Quantentheorie.Vieweg, Braunschweig 1983 S.47

[82] Ludwig,G.:Die Grundlagen der Quantenmechanik.Berlin 1954 S.178

mentell grob falsch sein. Nach dieser Interpretation der Quantentheorie kann man schließlich sagen, daß die quantenmechanische Vorgänge im Prinzip nicht kausal ist.

Natürlich ist damit nicht bewiesen, daß das Naturgeschehen akausal abläuft. Denn es ist selbstverständlich unmöglich, zu beweisen, daß die Quantenmechanik streng richtig ist. Nun kann der Beweis v.Neumanns schon deswegen nur eine begrenzte Bedeutung haben. Bestenfalls vermag dieser Beweis zu zeigen, daß jede Art von Theorie, die die verborgene Variable einschließt, mit der Quantenmechanik unverträglich sein müßte. Er hat bewiesen, daß der Formalismus der Quantenmechanik keine verborgenen Variablen gestattet, die im Rahmen dieses Formalismus definiert sind und sich teilweise mit klassischen Größen überlappen.[83] Folglich ist der Begriff der verborgenen Variablen durch von Neumann so eingeschränkt, daß der Beweis keine allgemeine, das heißt auf alle verborgenen Variablen zutreffende Bedeutung haben kann.

Die im Jahre 1932 von von Neumann konzipierte Theorie der quantenmechanischen Messung ist, wie schon gesagt, bis heute nicht befridigend formuliert worden. Alle bisherige Vorschläge über die Realitätsprobleme sind nicht wirklich überzeugend und dienen nur einer vorläufigen Beschwichtigung. Trotzdem versuchen viele Physiker, die Realitätsprobleme irgendwie zu lösen. Diese Versuche nähern sich bis die Ebene der metaphysischen Ontologie, obwohl eine Quantenmechanik im wesentlich von der erkenntnistheoretischen Ebene ausging. Die Änderung des Gesichtspunktes ist nicht ein einfacher erkenntnistheoretischer Übergang. "Die Revolution der Quantenmechanik wird dabei nicht auf der epistemischen Ebene angesiedelt - man braucht keine neue Erkenntnistheorie und keine neue Methodologie - sondern auf der ontologischen Ebene".[84] Allerdings müssen die Realitätsprobleme mit das physikalischen Verfahren gelöst werden. Um das Realitätsproblem näher zu beleuchten, möchte ich

---

[83] Hübner,K.:"Über die Philosophie der Wirklichkeit in der Quantenmechanik" Phil.Nat. 14(1973) S.13

[84] Kanitscheider,B.:Das Weltbild Albert Einstein. München 1988, S.172

im nächsten Kapitel die Debatte um die Nichtlokalität behandeln.

3. MÖGLICHKEIT DER NICHTLOKALEN THEORIEN

3.1 Bohmsche Interpretation

Das Problem verborgener Variablen bereitet uns Schwierigkeiten, da die Existenz verborgener Variablen nicht von vornherein ausgeschlossen ist. Wenn eine Berücksichtigung verborgener Variablen keine neuen Vorhersagen ermöglichen würde, die experimentell überprüft werden könnten, dann müssen wir wieder über die Existenz der verborgenen Variablen nachdenken. Obwohl die Frage, ob es verborgene Variablen gibt, extrem gesagt, sich im Rahmen physikalischer Experimente nicht beantworten läßt, versuchen die realistische Physiker immer, die Möglichkeit der Existenz verborgener Variablen in die Physik einzuführen.

Wie früher erwähnt, geht von Neumann von der Feststellung aus, daß eine Beobachtung in Wirklichkeit eine komplizierte Folge von Wechselwirkungen ist und daß die Unterscheidung zwischen dem 'gemessenen' System und dem 'messenden' System zum Großteil willkürlich ist. 1963 haben Jauch und Piron den Beweis von Neumanns, der auf dieser Feststellung beruht, verstärkt. In dem Jauch-Pironschen Satz sind die Voraussetzungen, die die Existenz verborgener Variablen und dispersionsfreier Zustände unmöglich machen, wesentlich schärfer herausgearbeitet als bei von Neumann, insbesondere ist deutlich geworden, daß es nur statistische Voraussetzungen sind, die die Existenz dispersionsfreier Zustände ausschließen. In ihrer verbandstheoretischen Formulierung der Quantenmechanikist die der Linearitätsannahme (Axiom 3 von von Neumann wie im Abs.2.3.2 gesehen)

$\langle aA+bB+\cdots\cdots \rangle = a\langle A\rangle+b\langle B\rangle+\cdots\cdots$ (wobei A,B,..Observablen sind)

entsprechende algebraische Operation auch gar nicht auszudrücken, wenn die Observablen nicht kommutieren.[1] Die orthodoxe Interpretation ist selbstkonsistent, enthält aber auch Annahmen, die nicht experimentell überprüft werden können, wie z.B. daß die vollständigste mögliche Beschreibung eines individuellen Systems durch eine Wellenfunktion erfolgt, die nur den wahrscheinlichen Ausgang tatsächlicher Messungen festlegt. Ob diese Annahme korrekt ist, kann nur durch den Versuch überprüft werden, eine andere Interpretation der Quantentheorie durch verborgene Variablen zu erstellen, die im Prinzip das exakte Verhalten eines individuellen Systems bestimmen, aber in der Praxis bei den möglichen Messungen herausgemittelt werden. Der erste Hinweis darauf, daß es überhaupt möglich ist, die Quantentheorie durch Hinzuname verborgener Variablen zu vervollständigen, wurde von Bohm gegeben.

3.1.1 Bohmsche Interpretation der Wellenfunktion

Bohm sah ein, daß die Ergebnisse von Neumanns, einschließlich Jauch und Pirons, zwar mathematisch korrekt sind, aber daß die Quantenmechanik in keiner Weise einem deterministischen Ausbau widerspricht, da eines der von Neumanns Axiome physikalisch unvernünftig ist.[2] Wie die von Neumannsche Interpretation von dem Meßprozeß ausging, so stützt sich Bohm auf die Geltung des uneingeschränkten Kausalprinzips. Er glaubt, daß alle Wahrscheinlichkeitsaussagen in der Physik grundsätzlich auf das Kausalprinzip zu reduzieren sind. Wahrscheinlichkeitsaussagen seien für ihn zum jetzigen Zeitpunkt ad hoc.[3] Dazu schrieben Bohm und Bub in ihrem Artikel(1966): "We regard the present nonrelativistic (quantum) theory merely as a step towards a more elaborate theory, which should include relativistic phenomena. The Einstein-Podolsky-Rosen paradox seems relevant

---

[1] J.M.Jauch und C.Piron:"Can hidden variables be excluded in quatum mechanics?" In:Helvetica Physica Acta 36(1963) S.827-837 vgl. B.Kanitscheider:Philosophie und moderne Physik S.297

[2] vgl. Ballentine,L.E.:"The Statistical Interpretation of Quantum Mechanics" In:Reviews of Modern Physics 42(1970) S.374

[3] vgl. Bell:Speakable and unspeakable in quantum mechanics. Cambridge 1987 S.83

in this connection and suggests a possible line of research, i.e., we require a theory which resolves the paradox in the terms in which it is presented. Nevertheless, in spite of its shortcomings, the nonrelativistic theory does provide a theoretical structure which makes it possible to discuss relationships which go beyond those of formal quantum mechanics, relationships which we believe are relevant to the understanding of the measurement problem".[4] Wie man in diesem Zitat sieht, ist die Deutung der Relation mit den physikalischen Observablen bislang nicht zu beschreiben. Offen bleiben hier, wie der Ausdruck "Relationalität" (relationship) zu verstehen ist.

Nach der Bohmschen Naturauffassung existiert die Natur an sich in unendlich komplexer Mannigfaltigkeit, daher scheint die Natur, eine Unordnung zu sein. Aber seine Naturauffassung geht davon aus, daß die Natur verborgene Variablen besitzt, die die Determination des Geschehens wieder herstellen. Für ihn ist daher jedes Ereignis grundsätzlich kausal erklärbar.[5] Er ist sicherlich der Meinung, daß derartige verborgene Variablen tatsächlich für eine korrekte Beschreibung der Phänomene im Bereich quantenphysikalischer Dimensionen erforderlich sind. Schließlich verlangt Bohm eine Theorie der verborgenen Variablen, die der Quantenmechanik und ihren statistischen Vorhersagen nicht widersprechen, aber kausale Grundlagen für das individuelle Verhalten einzelner Quantensysteme liefern. Dieser fragliche Punkt, ob die Quantenmechanik mit der Theorie der verborgenen Variablen vereinbar wäre, dachte er, hängt von der Interpretationsmethode der Wellenfunktion ab. In dieser Hinsicht versucht er, die Wellenfunktion durch einen neuen kausalen Aspekt zu interpretieren. Grunsätzlich hat er die Wellenfunktion als eine Kontinuitätsgleichung betrachtet. Im folgen-

---

[4] Bohm/Bub:"A Proposed Solution of the Measurement Problem in Quantum Mechanics by a Hidden Variable Theory" Rev.of Mod.Phys. 38(1966) S.467

[5] Hübner,Kurt:"Diskussion der Quantenmechanik" in Phil.Na. 9(1965) S.15

den wird die Bohmsche Interpretation der Wellenfunktion aus seinem Aufsatz (1952) besprochen.[6]

Bohm spaltet zuerst die zeitabhängige Schrödinger-Gleichung in ihren imaginären und in ihren reellen Teil auf und erhält so zwei Gleichungen. Er beginnt mit der Einteilchen-Schrödinger-gleichung. Die Wellengleichung lautet

$$ih\delta\psi/\delta t = -(h^2/2m)\nabla^2\psi + V(x)\psi \qquad (1)$$

Die komplexe Funktion ψ kann ausgedrückt werden als

$$\psi = R \exp(iS/h), \qquad (2)$$

wobei R und S reell sind. Die Gleichungen lauten für R und S

$$\delta R/\delta t = -1/2m\ [R\ \nabla^2 S + 2\ \nabla R \cdot \nabla S], \qquad (3)$$
$$\delta S/\delta t = -\ [(\nabla S)^2/2m + V(x) - (h^2/2m)(\nabla^2 R/R)] \qquad (4)$$

Es ist zweckmäßig, auch $P(x) = R^2(x)$ einzuführen, wobei P(x) die Wahrscheinlichkeitsdichte ist. Dann erhält man

$$\delta P/\delta t + \nabla \cdot (P\ \nabla S/m) = 0 \qquad (5)$$
$$\delta S/\delta t + (\nabla S)^2/2m + V(x) - h^2/4m\ [\nabla^2 P/P - \tfrac{1}{2}\ (\nabla P)^2/P^2] = 0 \qquad (6)$$

Die Gleichung (5) kann als Kontinuitätsgleichung aufgefaßt werden, welche der klassischen Massen-Kontinuitätsgleichung entspricht. Die Gleichung (6) aber stimmt unter einer bestimmten Annahme mit der klassischen Hamilton-Jacobischen Differentialgleichung überein, vorausgesetzt, das Plancksche Wirkungsquantum ist gleich Null. Wird h nämlich gleich Null, ist die Funktion S(x) eine Lösung der Hamilton-Jacobischen Gleichung, also läßt sich diese Übereinstimmung mit der klassischen Gleichung aufrechterhalten, wenn man den Bohmschen besonderen Begriff des 'Quantenpotentials', das zu dem klassischen hinzukommt, neu einführt. Z.B.,sei ein Elektron im we-

---

[6] Bohm,David:"A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in terms of 'hidden' variables" in Physical Review 85(1952) S.170-73

sentlichen seiner Interpretation nach ein Teilchen.Aber es besitze, zusätzlich zu all seinen anderen Potentialen, wie etwa dem elektromagnetischen Potential, ein weiteres Potential, das Bohm das Quantenpotential nannte.[7] Und der Geschwindigkeitsvektor v(x) eines beliebigen Teilchens wird im Punkt x durch $\nabla S(x)/m$ angegeben. Gleichung (5) kann daher auch in der Form geschrieben werden

$$\delta P/\delta t + \nabla\cdot(Pv) = 0 \qquad (7)$$

Aus dieser Gleichung ersieht man, daß P(x) als Wahrscheinlichkeitsdichte für die Teilchen in dem Ensemble gedeutet werden kann. In diesem Fall kann nämlich Pv als der mittlere Teilchenstrom im Ensemble gedeutet werden und (7) drückt dann einfach die Erhaltung der Wahrscheinlichkeit aus. Diese Deutung kann sogar auch im Falle h = ~ 0 beibehalten werden. Dazu nahm Bohm eigenen Begriff 'Quantenpotential' an. Auf jedes Teilchen wirkt nicht nur ein klassisches Potential V(x), sondern auch ein Quantenpotential. Bohmsche Theorie ist eine im Kern klar formulierte klassische Feld-Teilchen-Theorie. Die Wellenfunktion wird als ein reales ψ-Feld aufgefaßt, das im Konfigurationsraum der Teilchen definiert ist und der Schrödingergleichung genügt. Die Teilchen bewegen sich nach der klassischen Mechanik unter dem Einfluß des klassischen Potentials aus der Schrödingergleichung sowie des Quantenpotentials

$$U(x) = -\tfrac{1}{4}\, h^2/m\, [\nabla^2 P/P - \tfrac{1}{2}\,(\nabla P)^2/P^2] = -\tfrac{1}{2}\, h^2/m\, \nabla^2 R/R \qquad (8)$$

das von dem ψ-Feld herrührt. Dann kann (6) weiterhin als Hamilton-Jacobische Gleichung für Teilchenensemble betrachtet werden, $\nabla S(x)/m$ ist die Teilchengeschwindigkeit und (5) oder (7) beschreibt die Erhaltung der Wahrscheinlichkeit im Ensemble. Es scheint, daß der Kern einer alternativen Deutung der Schrödingergleichung vorliegt. Da die Kraft auf ein Teilchen nun funktionell schließlich vom Absolutwert R(x) der Wellenfunktion $\psi(x)$ am tatsächlichen Teilchenort abhängt, muß man

---

[7] vgl. Im Interview mit D.Bohm.;P.C.W.Davies und J.R.Brown Hg.:Der Geist im Atom. Berlin 1988 s.152-153

die Wellenfunktion eines individuellen Elektrons als mathematische Darstellung eines objektiv realen Feldes betrachten.[8] Einfach gesagt, reduziert die Quantenpotential U(x) sich dann auf eine Summe, in der jeder Term nur vom Ort der einzelnen Teilchen abhängt. Dadurch wird das Verhalten des Teilchens vom Zustand der anderen Teilchen entkoppelt.[9]

Diese Theorie erlaubt im Prinzip eine präzise Messung von Ort und Impuls des Teilchens. Damit wird die Unschärferelation verletzt. In dieser Theorie hängt das Quantenpotential U(x), das auf ein individuelles Teilchen wirkt, von der Wellenintensität P(x) ab, die numerisch gleich der Wahrscheinlichkeitsdichte im Ensemble ist.[10] Mit anderen Worten; Die Wahrscheinlichkeitsdichte, das Teilchen zwischen x und (x + dx) zu finden, ist gegeben durch $P(x) = |\psi(x)|^2$. So wird die Schrödinger-Gleichung von Bohm als das Erhaltungsgesetz der Wahrscheinlichkeit für das Auffinden eines Teilchens an einem bestimmten Ort interpretiert. Die Schrödinger-Gleichung drückt in Bohmscher Betrachtungsweise zugleich aus, daß die dynamischen Verhältnisse der Teilchenbewegung wie in der klassischen Mechanik durch die Hamilton-Jacobische Differentialgleichung beschrieben werden. Damit erweisen sich die Flugbahnen $r_1(t)$ und $r_2(t)$ der beiden Teilchen als klassische bestimmte Größen; die Wellenfunktion repräsentiert für Bohm ein reales Feld, das eine Kraft auf das Teilchen ausübt;[11] die als diskontinuierlich erscheinenden Vorgänge der Quantentheorie sind nach dieser Deutung im Grunde kontinuierlich.

---

[8] vgl. Bohm,David:"A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in terms of 'hidden' variables" in Physical Review 85(1952) S.170-71. Auch in Baumann,K. und Sexl,R.U.:Die Deutungen der Quantentheorie, 1984 S.170-72

[9] Stöckler,M.:Philosophische Probleme der relativistischen Quantenmechanik.Berlin 1984 S.183

[10] vgl. Bohm,David:"A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in terms of 'hidden' variables" in Physical Review 85(1952) S.172. Auch in Baumann,K. und Sexl,R.U.:Die Deutungen der Quantentheorie,1984 S.173-75

[11] Bohm,David:"A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in terms of 'hidden' variables" in Physical Review 85(1952) S.166 und Hübner,Kurt:"Diskussion der Quantenmechanik" in Phil.Na. 9(1965) S.8-9

3.1.2 Die Möglichkeit der Feststellung von verborgenen Variablen

Die Unmöglichkeit, kausale Zusammenhänge zwischen Meßwerten zu verschiedenen Zeiten herzustellen, bezieht sich erkenntnistheoretisch auf die Unvollständigkeit der Quantentheorie. Denn es könnte sein, daß ein Zustand $|\psi\rangle$ das physikalische System gar nicht vollständig charakterisiert, sondern daß dieser Zustand ein Mittelwert über genauer definierte Zustände $|\psi,\lambda\rangle$ darstellt, die außer von $|\psi\rangle$ selbst noch von zusätzlichen Parameter λ abhängen und durch die die Meßwerte aller Observablen im Einzelfall festgelegt sind. Es kommt darauf an, daß diese dispersionsfreie Zustände, die die Variable λ enthalten, die Meßwerte der Observablen zwar determinieren, aber nicht direkt meßbar zu sein scheinen.[12]

Trotz der Bohmschen Argumentation über die verborgenen Variablen, kann man bei dem jetzigen Stand nicht fest davon überzeugt sein, welche Theorie richtig ist. Da die verborgenen Variablen sich in der Tat nicht direkt messen lassen, soll man zum jetzigen Stand nicht so leichtsinnig zu dem Schluß gelangen, daß die Vorhersagen der Theorie der verborgenen Variable besser als das Vorhersagen der Quantentheorie ist. Bell bemerkt auch diesen Punkt: "So in this theory(Theorie der verborgenen Variablen) an explicit causal mechanism exists whereby the disposition of one piece of apparatus affects the results obtained with a distant piece. In fact the EPR paradox is resolved in the way which Einstein would have liked least·····. However, it must be stressed that, to the present writer's knowledge, there is no proof that any hidden variable account of quantum mechanics must have this extraordinary character."[13] Am Anfang des Aufsatzes von Kochen und Specker schrieben sie wie folgt: "As far as results are concerned there are on the one hand purported proofs of the non-existence of hidden variables, most notably von Neumann's proof,

---

[12] Mittelstaedt:Philosophische Probleme der modernen Physik. S.163

[13] Bell:"On the Problem of Hidden Variables in Quantum Mechanics" Rev.of Mod. Phys. 38(1966) S.452

and on the other various attempts to introduce hidden variables... One of the difficulties in evaluating these contradictory results is that no exact mathematical criterion is given to enable one to judge the degree of success of these proposals."[14] Dann haben Weder Einwände gegen die Existenz verborgener Variablen noch Befürwortungen dafür experimentell bestimmten Beweis erbracht? Die Existenz verborgener Variablen hätte nur die mathematisch eigene Konsequenz? Aber auch wenn sich die Vorhersagen der verborgenen Variablen nicht bestätigen, wird nach Bohm die Korrektheit der üblichen Deutung der Quantentheorie nicht notwendig bewiesen, da es erforderlich sein könnte, die spezifische Theorie zu verändern, die das Verhalten der angenommenen verborgenen Variablen beschreiben soll.[15]

Trotzdem betonten Bohm und Bub immer die Notwendigkeit der Existenz verborgener Variablen: "The current formulation of quantum mechanics must be regarded merely as a statistical algorithm, which provides no conceptual structure in terms of which the movement of individual systems can be understood. In order to be able to raise questions about the behavior of individual systems, it seems to be necessary to extend the linguistic structure of the theory by the concept of hidden variables. The problem of measurement is at present a problem only because of an inadequate set of concepts and the confusion which arises with the attempt to interpret this set as complete. There is, therefore, no solution to the measurement problem within the framework of quantum mechanics."[16] Der zuversichtliche Glauben an die Existenz verborgener Variablen mag auf der Überlegung beruhen, daß Natur voraussagbar sein

---

[14] Kochen und Specker:"The Problems of Hidden Variables in Quantum Mechanics" In:J.of Mathematics and Mechanics 17(1967) S.59

[15] Bohm,D.:"A Suggested interpretation of the quantum theory in terms of hidden variables 1." in Phys.Rev.85(1952) S.170

[16] Bohm/Bub:"A Proposed Solution of the Measurement Problem in Quantum Mechanics by a hidden variable Theory" Rev.Mo.Phys.38 (1966) S.468

muß.[17] Vom Standpunkt eines ontologischen Realismus aus betrachtet, kann dieser Glauben nicht wanken, obwohl die Existenz physikaisch bisher nicht erkannt wurde, weil es dabei die ontologische Realität geben soll, auf die sich der Determinismus stützt. Nichtsdestoweniger: wenn die Vorhersage der Theorie verborgener Variablen in der Tat, obwohl die verborgen Variablen existieren, überhaupt nicht besser als die Vorhersage der Quantenmechanik sein könnte, haben die verborgene Variablen eine tatsächliche Bedeutung? Dies Ansicht ist eine Analogie zu der zweiten Stufe des Pyrronschen Sképtizismus. Den Determinismus, der ontologisch zwar existiert, aber erkenntnistheoretisch unerkennbar ist, kann man 'Geheimdeterminismus' (cryptodeterminism)[18] nennen.

Aber vom Standpunkt des Determinismus[19] aus ist die Feststellung ausgeschlossen, daß die verborgenen Variablen im Prinzip unmeßbar sind. Für Bohm sind die verborgenen Variablen Observablen.[20] Selleri folgt auch der Bohmschen Idee; "Falls verborgene Variablen existieren, werden sie sich auch als meßbar erweisen, nachdem man ihre physikalischen Eigenschaften erforscht hat. Wenn wir daher über verborgene Variablen sprechen, meinen wir damit nur, daß sie heute verborgen sind, ··· so werden sie sicherlich in einiger Zeit entdeckt werden. Fügt man sie zu den üblichen, bekannten Variablen hinzu, welche wir zur Beschreibung des Verhaltens atomarer und subatomarer Systeme verwenden - wie Energie, Impuls...- dann wird sich eine

---

[17] Putnam schrieb wie folgende: "Das Bohmsche Potential sollte nach Bell gerade als die mathematische Darstellung einer nicht-lokalen kausalen Einwirkung angesehen werden - nicht-lokal," (Putnam:"Realismus in der Philosophie und Realismus in der Physik" Phys.Bl.42(1986) S.109

[18] Belinfante,F.J.:A survey of hidden-variables theory.1973 S.18

[19] Nordins Definition des Determinismus:"Das Verhalten eines Systems ist genau dann deterministisch, wenn 1. jede Zustandsänderung durch eine vorhergehende Zustandsänderung des Systems oder seiner Umgebung verursacht wird und 2. das Eintreten der gleichen Zustandsänderung jeweils das gleiche Systemverhalten verursacht."In:Nordin,"Determinism and Lokality in Quantum Mechanics" Synthese 42(1979) S.72

[20] Bohm,D.:"A Suggested interpretation of the quantum theory in terms of hidden variables 1." in Phys.Rev.85(1952) S.168-69

kausal vervollständigte Quantentheorie ergeben".[21] Auch Jammer schrieb: "If these variables, though hidden from our sight and beyond our control, thus correlate the states, it could be understood that the outcome of one measurement makes it possible to predict that of the other without the need of assuming that the very performance of the first measurement influences causally the outcome of the second."[22]

Die Bohmsche Theorie der verborgenen Variablen führte zur anderen Lage in der Quantentheorie. Bohm charakterisiert die Bedeutung der verborgenen Variablen als " a further set of variables, describing the state of new kinds of entities existing in a deeper subquantum mechanical level and obeying qualitatively new types of individual laws"[23] Die Bohmsche Theorie unterscheidet sich zwar von der Bohrschen Quantentheorie, aber kann mit der Bohrs Standardinterpretation bezüglich der Nichtlokalität vergleichbar sein.[24] Während die verborgene Variable nach der Weizsäckerschen Auffassung "überhaupt nicht der Akt der physischen Wechselwirkung zwischen Objekt und Meßgerät, der festlegt, welche Größe bestimmt wird und welche unbestimmt bleibt, sondern der akt der kenntnisnahme" ist,[25] beruht die Bohmsche Theorie der verborgenen Variable auf der Nichtlokalität. Dieser Unterschied wird im Abs. 3.2.2 im Detail behandelt. Zunächst um die Theorie der lokalen verborgene Variablen von der puren Quantenmechanik und der Bohmschen Theorie verborgener Variablen zu unterscheiden, lassen sich die Ergebnisse der bisherigen darstellten Argumente in der folgenden Tabelle zusammenfassen.

---

[21] Selleri,F.:Die Debatte um die Quantentheorie.1983 S.36-37
[22] Jammer(1974) S.254
[23] vgl. Bohm:"Hidden Variables in the Quantum Theory" In:Quantum Theory,D.R.Bates(ed) NewYork 1962 vol.3 S.348
[24] Clauser/Horne:Experimental consequences of objective lokal theories" Phys.Rev.10(1974) s.526
[25] vgl. Weizsäcker: "Zur Deutung der Quantenmechanik" Zs.f.Physik 11(1941) S.501. Rezitat in: Kanitscheider(1979) S.294

	$\|\psi\rangle$ bei QM	$\|\psi,\lambda\}$ bei Einstein	$\|\psi,\lambda\}$ bei Bohm
epistemisch Vollständigkeit	Ja	Nein	Nein
Voraussagbarkeit	Nein	Ja	Ja
ontologisch Determinierbarkeit	Nein	Ja	Ja
Relation	Ja	Nein	Ja[26]
Substanz	Nein	Ja	Nein[27]
Lokalität	Nein	Ja	Nein
Kontrollierbarkeit bei Messung	Nein	Ja	Ja
Unschärferelation	Ja	Nein	Nein
im Prinzip Bestimmtheit	Nein	Ja	Ja

Da Bohm die verborgenen Variablen in seiner Theorie zwar eingeführt hat, aber auf die Eigenschaft der Lokalität verzichtete, könnte es eine besondere Schwäche in seiner Theorie geben. Es ist daher wichtig, die Frage zu untersuchen, wie unter der Voraussetzung der Lokalität die Einführung verborgener Variablen in die Quantentheorie überhaupt möglich ist.[28] Hierbei müssen die folgenden Fragen gestellt werden, und es muß versucht werden, darauf zu antworten;

a) Kannn die Voraussetzung der Lokalität mit der Quantenmechanik überhaupt vereinbar sein?

b) Kann die Quantentheorie auf eine Theorie verborgener Variable reduziert werden?

3.2 Bellsches Theorem

Bell präsentiert seine Interpretation als eine Modifikation von Bohms Idee der Nichtlokalität im Bezug darauf, daß Bell die Nichtlokalität von Bohm akzeptierte. Ein Merkmal der Bohm-

---

[26] In der späteren Philosophie Bohms.
[27] In der späteren Philosophie Bohms.
[28] Mittelstaedt:Philosophische Probleme der modernen Physik. S.169-70

schen Theorie bestand in der Abhängigkeit des Potentials von der gemessenen Observablen. Das Bohmsche Potential sollte nach Bell gerade als die mathematische Darstellung einer nichtlokalen kausalen Einwirkung angesehen werden. Als eine Modifikation von Bohms Theorie betrachtet, ist Bellsches Theorem eine sehr direkte Weiterentwicklung. Worum es sich für Bell handelt, ist aber nicht das Problem der verborgenen Variablen, sondern das Lokalitätsproblem.

Der Bellsche Beweis beruht auf demselben Gedankenexperiment, das Einstein zum Nachweis der Existenz der verborgenen "Elemente der Realität" verwendet hat, die die Quantentheorie zu beschreiben versäumt. Bell war nämlich bei seiner Berechnung zunächst von der lokalen realistischen Auffassung der Welt ausgegangen.

3.2.1 Bellsches Theorem und Bellsche Ungleichung

Im Jahre 1964 zeigte Bell, daß die Vorhersagen von lokalen Modellen mit verborgenen Variablen mit den Vorhersagen der Quantenmechanik unvereinbar sind. Bell brachte in seinem Aufsatz "On the Problem of Hidden Variables in Quantum Mechanics"[29] seine Überzeugung zum Ausdruck, daß die von Neumannschen Beweis nicht übermäßig überzeugend seien. Und sein zweite Aufsatz "On the EPR Paradox" [30], die als die 'Bellsche Theorem' Bekanntheit erlangten, bezieht sich direkt auf das EPR-Paradoxon.

Der Bellsche Beweis verläuft folgendermaßen. Man betrachtet die Versuchsanordnung von Bohm zum EPR-Paradoxon, bei der die Teilchen 1 und 2 die Polarisatoren nur passieren können, wenn ihr Spin in der Gegenrichtungen $\vec{a}$ und $\vec{b}$ gleich 1 ist. Nehmen wir zunächst an, es sei $\vec{a} = -\vec{b}$. Dann wissen wir, daß der Detektor D2 nicht ansprechen wird, wenn D1 anspricht. Setzen wir voraus, daß die beiden Teilchen räumlich getrennten sind. Nun angenommen, daß lokale verborgene Variablen λ existieren.

---

[29] In:Review of Modern physics 38(1966) S.447
[30] Phys.1(1964) S.195-200

Die verborgene Variablen λ sind verteilt nach der Verteilungswahrscheinlichkeit $\rho(\lambda)$[31] Das Ergebnis der Messung von A hängt von der Richtung $\vec{a}$ von A und der verborgenen Variablen λ ab. Wenn man den Wort der verborgenen Variablen für das individuellen System kennt, kann man das Ergebnis der Messung von A vorhersagen. Das Ergebnis ist immer +1 oder −1 (Spinup oder Spindown in der Richtung $\vec{a}$) Die Lokalitätsannahme besagt: das Messungsergebnis der Größe A in der Richtung $\vec{a}$ wird nur von $\vec{a}$ und λ determiniert.

$$A(\vec{a},\lambda) = \pm 1 \ , \quad B(\vec{b},\lambda) = \pm 1 \tag{9}$$

Das ist eine wesentliche Voraussetzung: die Richtung oder der Meßwert von B beeinflußt nicht das Ergebnis der Messung von A, d.h., der Erwartungswert der Meßgröße $A(\vec{a},\lambda)$ wird mit $P(\vec{a})$ bezeichnet

$$P(\vec{a}) = \int d\lambda \, \rho(\lambda) \, A(\vec{a},\lambda)$$

Und der Erwartungswert des Produkts der beiden Spin-Größen in der Richtung a⁻ und b⁻ ergibt wie folgt in der lokalen Theorie verborgener Variablen

$$P(\vec{a},\vec{b}) = \int d\lambda \, \rho(\lambda) \, A(\vec{a},\lambda) \, B(\vec{b},\lambda) \tag{10}$$

Nach der Lokalitätsforderung soll das Produkt gleich mit dem Erwartungswert der Quantenmechanik sein

$$P(\vec{a},\vec{b}) = P_{qm}(\vec{a},\vec{b}) = -\vec{a}\cdot\vec{b} \tag{11}$$

für alle mögliche Richtungen.

Bell zeigt nun, daß die obige Gleichung nicht möglich ist. Der Bellsche Beweis, in seiner von Wigner vereinfachten Form,[32] verläuft folgendermaßen. Wenn wir drei Komponenten mit X, Y

---

[31] Das kann in der Tat für die Richtungen des Spins in dem Raum gehalten werden.

[32] vgl. Wigner,E.:"On Hidden Variables and Quantum Mechanical Probabilities" AJP 38(1970) S.1005-9

und Z bezeichnen, wobei jede Komponente die Richtung $x^{\rightarrow}$, $y^{\rightarrow}$ und $z^{\rightarrow}$ hat, so kommt er jedesmal, wenn er für den X-Spin des einen Teilchen den Pluswert feststellt, für den X-Spin des anderen auf den Minuswert, usw. Nun kann er aber bei dem einen Teilchen den X-Spin und bei dem anderem den Y-Spin (oder den Z-Spin, aber nicht beide) messen, und auf diese Weise müßte es möglich sein, sowohl über den X-Spin als auch über den Y-Spin beider Teilchen des Paares etwas herauszubekommen. Dann nach der Lokalitätsforderung ergibt der Erwartungswert $P(x^{\rightarrow}_1, y^{\rightarrow}_2)$ für die Größe $M(x^{\rightarrow},y^{\rightarrow},\lambda)$, die das Produkt der Spinwerte in der Richtung $x^{\rightarrow}$ des S_1 und $y^{\rightarrow}$ des S_2 bezeichnet wird.

$$P(x^{\rightarrow}_1, y^{\rightarrow}_2) = \int d\lambda\, \rho(\lambda)\, M(x^{\rightarrow},y^{\rightarrow},\lambda) \qquad (12)$$

Und für alle drei Richtungen kann der Zustand des Gesamtsystems als $(x^{\rightarrow}_1,y^{\rightarrow}_1,z^{\rightarrow}_1;\ x^{\rightarrow}_2,y^{\rightarrow}_2,z^{\rightarrow}_2)$ bezeichnet werden.[33] Da die Richtung der Größe gerade die Spinwert (+1:Spinup, -1:Spindown) bedeutet, kann man natürlich die Richtungszeichen durch die Zeichen (+,−) ersetzen. Dann kann man die Gleichung (11) wie folgt wieder schreiben.

$$\Psi_{qm} = 1/\sqrt{2}\ (|+\rangle\,|-\rangle - |-\rangle\,|+\rangle) = (-,-,-;\ -,-,+) + (-,-,+\ ;\ -,-+)$$

$$+ (-,+,-\ ;\ -,-,+) + \cdots\cdots$$

$$+ \cdots$$

(total Komponente; 2^6)

$$= \Sigma\,(m_1,m_2,m_3\ :\ n_1,n_2,n_3) \qquad (13)$$

Was nun das Experiment mit dem Photonenspin betrifft, kann der Experimentator zwar nicht alle drei Spinkomponenten eines und desselben Teilchens kennen, aber er kann nach Belieben eine von ihnen messen.

---

[33] Falls man das Nichtlokalitaätsprinzip akzeptiert, ist die Zahl der Größen nicht 6, sondern 9, da es die Korrelations-Größen zwischen System 1 und System 2 gibt d.h., $(x^{\rightarrow}_1,y^{\rightarrow}_1,z^{\rightarrow}_1;\ x^{\rightarrow}_2,y^{\rightarrow}_2,z^{\rightarrow}_2;\ x^{\rightarrow}_{1,2},\ y^{\rightarrow}_{1,2},\ z^{\rightarrow}_{1,2})$.

Wir betrachten die Korrelation zwischen verschiedenen Winkeleinstellungen des Polarisationsexperiments. Da der Spin des Photons analog der Polarisationsrichtung ist, kann man ein Nichol-Prisma in den Weg des Photons stellen. Dann angenommen, daß der Winkel W_{x_1,z_2} für den Winkel zwischen der Richtung x des S_1 und der Richtung z des S_2 gehalten wird, wenn x_1 und z_2 +1 d.h. Spinup sind. Dann ergibt die quantenmechanische Wahrscheinlichkeit der Korrelation folgendes;

$$P_{qm} = \tfrac{1}{2} \sin^2 (\tfrac{1}{2} W_{x_1,z_2}) \qquad (14)$$

Und wenn x_1 und z_2 +1 sind, ist die durch verborgene Variablen festgestellte Wahrscheinlichkeit

$$\Sigma \; \Sigma \; (+,m_2,m_3 \; ; \; n_1,n_2,+) \qquad (15)$$

Ausgeschlossen die Null Komponente, reduziert sich die Summe auf

$$(+,+,- \; ; \; -,-,+) + (+,-,- \; ; \; -,+,+) \qquad (16)$$

Da (14) gleich mit (16) nach der lokalen Theorie verborgener Variablen sein soll.

$$(+,+,- \; ; \; -,-,+) + (+,-,- \; ; \; -,+,+) = \tfrac{1}{2} \sin^2 (\tfrac{1}{2} W_{x_1,z_2}) \qquad (17)$$

Mit derselben Methode,

$$(+,+,- \; ; \; -,-,+) + (-,+,- \; ; \; +,-,+) = \tfrac{1}{2} \sin^2 (\tfrac{1}{2} W_{y_1,z_2}) \qquad (18)$$

$$(+,-,- \; ; \; -,+,+) + (+,+,- \; ; \; -,+,-) = \tfrac{1}{2} \sin^2 (\tfrac{1}{2} W_{x_1,y_2}) \qquad (19)$$

Aus (18) folgt

$$\tfrac{1}{2} \sin^2 (\tfrac{1}{2} W_{y_1,z_2}) \geq (+,+,- \; ; \; -,-,+) \qquad (20)$$

Und aus (19) folgt

$$\tfrac{1}{2}\sin^2\left(\tfrac{1}{2}W_{x1,yz}\right) \geq (+,-,- \;;\; -,+,+) \qquad (21)$$

Werden die beiden Ungleichungen (20), (21) durch (19) ersetzt, erhält man Bellsche Ungleichungen wie folgende;

$$\tfrac{1}{2}\sin^2\left(\tfrac{1}{2}W_{y1,zz}\right) + \tfrac{1}{2}\sin^2\left(\tfrac{1}{2}W_{x1,yz}\right) \geq \tfrac{1}{2}\sin^2\left(\tfrac{1}{2}W_{x1,zz}\right) \qquad (22)$$

Hierbei kann man also sehen, daß die Gleichung (22) die Gleichung (11) verletzt; Wir berechnen nun die obigen Ungleichung für die drei Winkel $W_{y1,zz} = 0°$, $W_{x1,yz} = 45°$, $W_{x1,zz} = 90°$ Eingesetzt in die Bellsche Ungleichung (22) ergäbe sich für diese Wahrscheinlichkeiten die Ungleichung

$$2\sin^2 22.5° \geq \sin^2 45°$$

bzw $0.29 \geq 0.5$, die offensichtlich verletzt ist. Daraus folgt, daß die Quantenmechanik und verborgene Variable unverträglich sind. Experimentell wurde die Verletzung der Bellschen Ungleichung von Aspect nachgewiesen. Das Experiment entscheidet für die Quantenmechanik und gegen lokale verborgene Variablen.

Die Struktur des Bellschen Beweises sieht folgendermaßen aus.
1. Für das EPR-Experiment und seine Variation nimmt Bell Lokalität an.
2. Dann zeigt er, daß diese Forderung von Lokalität direkt zu Bellschen Ungleichung führt, denen die experimentellen Ergebnisse genügen müssen.
3. Wenn diese Experimente ausgeführt werden, so verletzten sie immer die Bellschen Ungleichung.
4. Daher ist die Annahme einer Lokalität falsch.

Wenn Bells Beweisführung schließlich richtig ist, dann könnte die Realität, die hinter diesen scheinbar lokalen Erscheinungen liegt, nichtlokal sein. Aber streng gesagt, zeigt Bells Theorem, daß entweder die statistischen Voraussagen der Quantentheorie oder das Lokalitätsprinzip falsch sein. Es besagt nicht, welche von den beiden falsch ist, sondern lediglich, daß nicht beide gleichzeitig zutreffen können: "no

theory can simultaneusly comply with the demands of causality, individuality and locality, and be compatible with the statistical predictions of quantum mechanics."[34] Wenn die Bellsche Ungleichung verletzt wäre, dann wäre die Lokalität falsch, dagegen hätte die Quantentheorie einen weiteren Test bestanden.

Bell bewies, daß es keine Theorie lokaler verborgener Variablen gab, mit der es möglich wäre, alle statistischen Voraussagen der Quantentheorie zu reproduzieren. Bell gelangte zu dem Schluß: "In einer Theorie, in der neben der Quantenphysik noch Parameter herangezogen werden, um die Ergebnisse einzelner Messungen zu bestimmen, ohne die statistischen Voraussagen zu ändern, müßte es einen Mechanismus geben, durch den die Anordnung der einen Meßvorrichtung die Ablesung eines anderen, noch so weit entfernten Meßinstruments beeinflußt. Darüber hinaus müßte sich das hierfür erforderliche Signal innerhalb eines einzigen Augenblicks ausbreiten, so daß eine derartige Theorie (Einsteins Einwände im EPR-Paradoxon) nicht (widerlegen) könnte"[35]. Das Bellsche Theorem zählt zu den am besten empirisch gestützten, am wenigsten auf theoretische Hypothesen angewiesenen allgemeinen Aussagen über die Struktur der materiellen Realität. Das Bellsche Theorem macht allgemeine Aussagen über statistische Korrelationen zwischen den Ergebnissen verschiedener Messungen, ohne sich dabei auf irgendeine spezifische Theorie zu stützen.[36]

3.2.2 Die nichtlokalen Variablen

Aus Bells Beweis, daß die Quantenmechanik und die Theorie der verborgenen Variablen unverträglich sind, folgen zwei Interpretationsrichtungen. Eine ist Nordins Analyse, daß jede Theorie, die die Vorhersagen der Quantenmechanik erfüllt, zu einer Verletzung der Lokalitätsforderung führt. Die andere ist der umgekehrte Beweisgang von Clauser und Horne, daß jede Theorie, die in einem zu spezifizierenden Sinn lokal ist, zu

---

[34] Bell:"On the EPR Paradox" Physics 1(1964) S.197
[35] Bell:"On the EPR Paradox" Physics 1(1964) S.199
[36] vgl. Hedrich,R./Kuhn,W:"Der drohende infinite Regreß materieller Strukturen" PdN-Ph.38(1989) S.33

einer Verletzung der Vorhersagen der Quantenmechanik führt.[37] Weiterhin besteht das Hauptziel von Clauser darin, daß man die nichtlokalen verborgenen Variablen akzeptieren soll.[38]

Zuerst muß man den Unterschied zwischen der lokalen - und der nichtlokalen Theorie der verborgenen Variablen klarstellen: Jeder Einzelzustand wird durch den verborgenen Zustand:

$$\Psi(a^{\rightarrow},b^{\rightarrow}) = \int \rho(\lambda)\, A(a^{\rightarrow},\lambda)\, B(b^{\rightarrow},\lambda) \qquad (23)$$

beschrieben. Wenn das Ergebnis $A(\vec{a},\lambda)$ der Messung R an $S_1(A)$ und J nicht abhängig von der Messung des räumlich getrennten $S_2(B)$ ist, ist die verborgene Variable 'lokal', ansonsten 'nichtlokal'.[39] Unter dieser Annahme wurde das Bellsche Theorem von Clauser, Holt, Horne und Shimony [40] dadurch verallgemeiniert, daß die Gleichung (9) durch

$$|\overline{A(\vec{a},\lambda)}| \leq 1 \quad \text{und} \quad |\overline{B(\vec{b},\lambda)}| \leq 1 \qquad (24)$$

ersetzt wurde. Das Meßergebnis hängt nicht nur von der Richtung $a^{\rightarrow}$, $b^{\rightarrow}$ und den verborgenen Variablen λ des Einzelsystems, sondern auch von den veborgenen Variablen, die zum Meßapparat gehören, ab. Wenn es die verborgenen Variablen {m} des Meßapparats gibt, dann wird das Ergebnis $A(a^{\rightarrow},\lambda,m)$ von der Richtung und den verborgenen Variablen des Einzelsystems und des Meßapparats abhängen. Hierbei kann man die beiden Mengen der verborgenen Variablen λ,m in einer Menge {w} zusammenfassen. Dann ist $A(a^{\rightarrow},w)$ vollkommen determinierbar. In der Tat gehört aber die verborgene Variable w zu dem zusammengesetzten System des Teilchen und Apparats. Hinsichtlich des isolierten Teilchens betrachtet, kann die Theorie verborgener Variablen deshalb noch immer als unvorhersagbar angesehen werden, jedoch

---

[37] vgl. Stöckler(1984) S.159
[38] Clauser,Horne,Holt und Shimony:"Proposed experiment to test local hidden-variable theories" Phys.Rev.Lett. 23 (1969) S.882
[39] vgl. Jammer(1974) S.263
[40] Clauser,Horne,Holt und Shimony:"Proposed experiment to test local hidden-variable theories" Phys.Rev.Lett. 23 (1969) S.880-884

auf der höheren Ebene |w> kann sie sich als vorhersagbar herausstellen. Max Jammer schrieb in der Bemerkung über das Bellsche Theorem: "It would therefore be wrong to conclude that Bell's result excludes all hidden variable theories; it excludes only those in which the measuring process is assumed not to affect the distribution of the hidden variables" [41] Durch die Vorstellung |w> kann man zwar die Konflikte mit der Vorhersagbarkeit der Quantenmechanik etwas lösen, doch kann man die zusätzliche Bedingungen {m} nicht leicht begreifen. Wenn man annimmt, daß die Wahrscheinlichkeits-Verteilung der verborgenen Variablen davon abhängt, wie der Meßakt ausführt wird - denn die beiden $A(a^{+},\lambda)$ und $B(b^{+},\lambda)$ hängen von {m} ab -, dann wird folglich der neue nichtlokale Charakter in die Theorie verborgener Variablen wieder eingeführt. Außerdem kann das Teilchensystem keinen (verborgenen) Zustand haben, bevor a^{-} und b^{-} bestimmt werden. Wenn die absichtliche Messung beginnt, werden natürlich die beiden Richtungen bestimmt. Der Menge {w} beruht auf die Menge {m}. Das bedeutet, daß die verborgenen Variablen des Teilchensystems vor der Festsetzung der verborgenen Variablen des Apparats überhaupt nicht bekannt werden. Bei der Betrachtung des Konfliktes zwischen der nichtlokalen Quantenmechanik und den lokalen Theorien verborgener Variablen schließlich spielen Korrelationen zwischen den Systemen und zwischen dem System und dem Apparat eine Rolle, bei deren Beschreibung man letztendlich ohne Nichtlokalität nicht auskommt.

3.2.3 Korrelationsexperimente

Die Nichtlokalität war von Anfang an in der Mathematik der Quantentheorie enthalten. Sie ist eine Folge des Superpositionsprinzips. Die Bellsche Ungleichung ermöglicht, dieses fundamentale Prinzip der Quantentheorie der experimentellen Überprüfung zu stellen. Nachdem Bell seine Ungleichung eingeführt hatte, begannen die Physiker Experimente zu entwickeln, um die Frage beantworten zu können, welche Theorie gilt. Die experimentellen Untersuchungen des Bellschen Theorems, die mit zu-

---

[41] Jammer,Max:The Philosophy of Quantum Mechanics" 1974 S.312

nehmender Zuverlässigkeit in den siebziger und frühen achtziger Jahren durchgeführt wurden, ergaben, daß die Korrelationen in den kritischen Experimentalsituationen deutlich über der zulässigen Grenze für lokale Theorien lagen und ziemlich genau die Vorhersagen der Quantenmechanik trafen. Von 1971 bis 1979 wurden neun Experimente durchgeführt. Nur zwei Ergebnisse davon erfüllten die Bellsche Ungleichung.[42] Die meisten der experimentellen Ergebnisse stimmen mit den Korrelationsvorhersagen der Quantenmechanik überein und widersprechen den lokalen Modellen mit verborgenen Variablen. Hinzu kommt, daß die Zuverlässigkeit der Experimente, die Abweichungen von den quantenmechanischen Vorhersagen zeigen, wegen gewisser Schwächen der Versuchsanordnung zweifelhaft ist. Weiterhin zeigte ein späteres Experiment in der Folge fast zwingend eine Übereinstimmung mit der Vorhersage der Quantenmechanik.

Clauser war einer der ersten Physiker, die den Versuch unternahmen, die durch Bells mathematisches Theorem gesetzten Grenzen experimentell zu messen. Das Experiment von Clauser und Freedman verletzt die Bellsche Ungleichung überzeugend. Daher muß eine der Annahmen, die in der Ableitung verwendet wurden, falsch sein. Die Argumentation von Bell benützt jedoch hauptsächlich verifizierbare Fakten - die Polarisationskorrelation der Photonen bei besonderen Winkeln. Die einzige dem Experiment nicht zugängliche Annahme ist die der Lokalität. Da sie zu einer Vorhersage führt, die in starkem Widerspruch zum Experiment steht, muß diese Annahme der Lokalität falsch sein. Um den Erscheinungen gerecht zu werden, muß man Lokalität leugnen. Sofern überhaupt verborgene Variablen existieren, können sie jedenfalls nicht lokal sein.

Clauser und Horne stellen ihre Ergebnisse in der Zusammenfassung ihres 1974 in der Physical Review D erschienen Aufsatzes dar:[43] "Die Physiker haben bislang übereinstimmend versucht, mikroskopisch kleine Phänomene mit Hilfe von Modellen objekti-

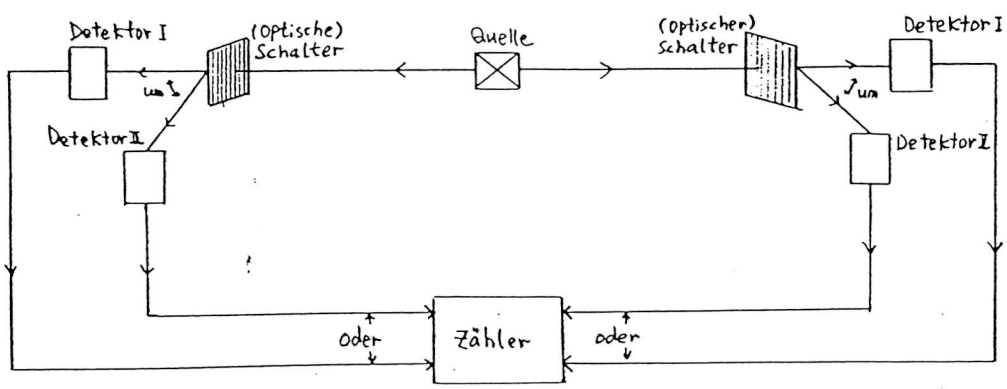
---

[42] D'Espagnat,Bernard:"The Quantum Theory and Reality" In: Sceintific American 241(1979) S.136

[43] Clauser,J. und Horne,M.:"Experimental Consequences of Objektive Local Theories" In Physical Review D 10(1974) S.532

ver Einheiten, möglichst noch mit genau angebbarer Struktur zu erklären. Der vorliegende Aufsatz hat sich der Frage zugewandt, ob sich der bestehende Formalismus der Quantenmechanik umgestalten oder vielleicht so uminterpretieren läßt, daß die Objektivität in der Natur wiederhergestellt wird und daß solche Modelle (ob deterministisch oder nicht) zulässig sind. Wir haben festgestellt, daß dies nicht auf eine natürliche Weise möglich ist, bei der das Prinzip der Lokalität gewahrt bleibt, ohne daß sich eine beobachtbare Veränderung der experimentellen Vorhersagen ergibt".

Im Sommer 1982 wurde ein historisches Experiment durchgeführt. Aspect und seine Mitarbeiter hatten sich vorgenommen zu versuchen, ob die Quantenmechanik falsch erwiesen werden kann. Es ging dabei nicht nur um die erfolgreichste aller wissenschaftlichen Theorien, zur Debatte stand die Grundlage dessen, was wir als Realität bezeichnen. Aspect entwickelte zur Überprüfung der Bellschen Ungleichung ein Experiment, das anders als Clausers Methode zwei akustisch-optische Schalter verwendet, die aus wassergefüllten Glasröhrchen bestehen, in dem durch Ultraschall periodisch stehende Wellen erzeugt werden, um jedem Photonstrahl auf den einen oder anderen von bereits eingestellten Calcitdetektoren abzulenken. Beim Einschalten der stehende Wellen wird das Photon auf einen in einer bestimmten Richtung orientierten Analysator abgelenkt, und schaltet sie ab, so läuft das Photon geradeaus zu einem Analysator, der in eine andere Richtung orientiert ist. Der Polarisationszustand des Meßapparats wird in Aspects Experiment verändert, während sich das Photonenpaar im Flug befindet.



Ein Umschaltvorgang dauert ungefähr 10 Nanosekunden. Und der Abstand zwischen den Analysatoren beträgt 13 Meter, so daß ein Signal, das sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegt, 40 Nanosekunden braucht, um vom einen Analysator zum anderen zu gelangen. Folglich sollte die Wahl der Einstellung des ersten Polarisationsanalysator den Durchgang des zweiten Photons durch den zweiten Analysators nicht beeinflussen und die Wahl der Einstellung des zweiten Analysators nicht den Durchgang des ersten Photons durch den ersten Analysator. Also erfüllt dieses Experiment zwar wohl die Bellsche Lokalitätsannahme, aber in der Tat ist genau das Gegenteil erwiesen: Auf Grund der Veränderung der Einstellung des Polarisationsdetektors, während das Photonenpaar sich im Flug befindet, ist es einem Photon des Paares unmöglich, durch gewöhnlichen Signalaustausch, der sich in der Raumzeit ausbreitet, zu wissen, was mit seinem Gefährten geschieht.

Die Experimente von Aspect zeigen, daß die Bellschen Ungleichungen durch die tatsächlichen Gegebenheiten verletzt werden. Das heißt, zeigt diese Experiment eine deutliche Verletzung der Bellschen Ungleichung und eine sehr gute Übereinstimmung mit den berechneten Verteilungen der Quantentheorie. Falls die Quantentheorie wirklich versagen sollte, ihre nachfolgende Theorie die Bellschen Ungleichungen verletzten müßte, wenn es sich um die Erklärung des Twinzustandes handelt.[44] Weiterhin bestätigen die meisten Experimente die Vorhersage der Quantenmechanik. (vgl. folgenden Abbildung [45] in der nächsten Seite)

Weil das Ergebnis des Experiments meistens die Bellschen Ungleichung verletzt, lohnt es sich, die nichtlokale Entwürfe zu berücksichtigen, ob das Lokalitätsprinzip richtig ist oder nicht. Im nächsten Abschnitt werden die Möglichkeiten der Nichtlokalität besprochen.

---

[44] Herbert,N.:Quantenrealität S.298

[45] vgl. D'Espagnat,Bernard:"The Quantum Theory and Reality" In: Sceintific American 241(1979) S.136, M.Stöckler: Philosophische Probleme der relativistischen Quantenmechanik S.200 und Redhead(1987): Incompleteness, Nonlocality and Realism. Oxford 1987 S.108

< Experimente zum EPR-Korrelation >

Experiment	Jahr	Übereinstimmung mit QM
Freedman/Clauser	1972	Ja
Holt/Pipkin	1972	Nein
Faraci/Gutkowski/Notarrigo/Pennisi	1974	Nein
Kasday/Ullman/Wu	1975	Ja
Clauser	1976	Ja
Fry/Thompson	1976	Ja
Wilson	1976	Ja
Lamehi-Rachti/Mittig	1976	Ja
Bruno	1977	Ja
Aspect (dreimal)	1982	Ja
Perrie/Duncan/Beyer/Kleinpoppen	1985	Ja

3.3 Die auf Nichtlokalität basierenden Erklärungsmodelle

Eine der seltsamsten Eigenschaften der Quantenwelt ist die Nichtlokalität. Kann man die Tatsache, daß unter gewissen Umständen eine Messung an einem System offensichtlich momentan das Ergebnis einer Messung an einem anderen System verändert, womöglich akzeptieren? Zwei voneinander entfernte Systeme, die über keinerlei Mechanismus miteinander kommunizieren könne, können dennoch miteinander in Beziehung stehen. Sie zeigen in ihrem Verhalten verblüffende Korrelationen. Irgendwie geht das zweiten Photon des Paares in Übereinstimmung mit dem ersten durch das Polarisationsfilter, obwohl keines von beiden über einen Mechanismus verfügt, das andere über sein Verhalten zu informieren. In dieser Situation erschüttert die Quantenmechanik das relativistische Lokalitätsprinzip.[46] Nach Bohm sind Quantenmechanik und Relativitätstheorie unvereinbar:

[46] vgl. Shimony:Die Realität der Quantenwelt. In:Spektrum der Wissenschaft 3/88 S.78-79

"It is an inference from the quantum theory that events that are separated in space and that are without possibility of connection through interaction are correlated, in a way that can be shown to be incapable of a detailed causal explanation through the propagation of effects at speeds not greater than that of light. Thus the quantum theory is not compatible with Einstein's basic approach to relativity, in which it is essential that such correlations be explainable by signals propagated at speeds not faster than that of light."[47]

Ebenso ablehnend äußerte sich Einstein zu den Konzequenzen der EPR-Korrelationen: "Diesem Schlusse (daß die Quantentheorie unvollständig ist) kann man nur dadurch ausweichen, daß man entweder annimmt, daß die Messung an S_1 den Realzustand von S_2 (telepathisch) verändert, oder aber daß man Dingen, die räumlich voneinander getrennt sind, unabhängige Realzustände überhaupt abspricht. Beides scheint mir ganz unakzeptabel."[48] Offentlich waren die beiden Alternativen zwar für die objektiven Realisten unakzeptabel, aber sie werden doch heute von Physikern ernsthaft in Erwägung gezogen, obwohl sie in der Minderheit sind. Könnte man diese obige Schlußfolgerung Einsteins umgekehrt interpretieren, sieht es so aus, daß die Korrelation zwischen den Photonen sich auf die Verbindung mit Überlichtgeschwindigkeit oder auf die holistische Idee stützt. Im folgenden wird das Problem besprochen, es superluminalen Übertragungen mittels einer quantenmechanischen Verknüpfung gibt.

3.3.1 Gibt es superluminale Verbindungen?

Nun wollen wir berücksichtigen, ob und wie wir die superluminale Wirkung unter dem Nichtlokalitätsprinzip verstehen könnten. Obwohl das Aspect-Experiment entscheidend bestätigen sollte, daß die statistischen Voraussagen der Quantenmechanik, die Bells Theorem zugrunde liegen, zutreffen, zeigte es nicht

---

[47] Bohm:Quantum Theory as an Indication of a New Order in Physics. In:d'Espagnat(Hg.);Foundations of Quantum Mechanics NewYork 1971 S.430

[48] Einstein,E.:Autobiogragraphical Notes.In:Albert Einstein, Philosopher-Scientist. Schilpp(Hg.) NewYork 1949 S.85

direkt, daß die Korrelationen das Ergebnis der superluminalen Signalübermittlung sind. Aber nach der Bubschen Auffassung[49] soll die nichtlokale Korrelation durch die Superluminalität beleuchtet werden. Das Versagen der Lokalität, die die Ergebnisse des früheren Experimentes zeigten, bedeutet, daß die gemessenen Attribute des Mikroobjekts nicht nur durch am tatsächlichen Meßkoordinate vorkommende Ereignisse bestimmt sind, sondern auch durch Ereignisse, die beliebig fern, sogar außerhalb des Lichtkegels ablaufen - das sind Ereignisse, die sich so weit entfernt zutragen, daß sich ihr Einfluß schneller als Licht bewegen muß, um den Ort der Messung zu erreichen.

Die Nichtlokalität ist zu erklären, wenn man die Überlichtgeschwindigkeit vorher akzeptiert hat. Es ergeben sich aber Paradoxien, wenn man annimmt, daß Signale schneller als mit Lichtgeschwindigkeit übertragen werden können. Es wäre dann nämlich möglich, ein Bezugsystem zu finden, in dem ein Beobachter feststellen könnte, daß ein Ereignis durch ein anderes verursacht wird, das noch gar nicht stattgefunden hat.[50] Die spezielle Relativitätstheorie von Einstein aber beschränkt die Geschwindigkeit dieser Deformation des Feldes auf Lichtgeschwindigkeit oder darunter. Nach der Relativitätstheorie ist eine Kommunikation mit Überlichtgeschwindigkeit eine spukhafte Fernwirkung, also Unsinn, denn die relativitätstheoretische Kommunikation erfordert, daß ein Signal von einem System zum anderen gelangt, und das Signal kann sich nicht schneller als Licht von einem System zum anderen bewegen. Die Teilchen im EPR-Experiment scheinen in Verbindung zu stehen, aber nach den Gesetzen der Physik, von diesem Aspekt der Relativitätstheorie aus betrachtet, können sie nicht in Verbindung stehen wenn sie wirklich räumlich getrennt sind, weil ein Austausch des Signals die einzige Möglichkeit einer Verbindung wäre.

Wenn Bells Gedankengänge richtig sind, so müssen trotzdem nichtlokale Phänomenen bestehen. Das Bellsche Theorem zeigt,

---

[49] vgl. Bub,J.:"The Philosophy of Quantum Mechanics" Brit.J. Phil.Sci.40 (1989) S.194

[50] D'Espagnat,Bernard:"The Quantum Theory and Reality" In: Sceintific American 241(1979) S.140

daß es prinzipiell möglich ist, experimentell zu klären, was richtig ist - die Quantenmechanik oder die lokalen Modelle mit den verborgenen Variablen. Und die meisten der späteren experimentellen Ergebnisse stimmen mit den Korrelationsvorhersagen der Quantenmechanik überein und widersprechen den lokalen Modellen. Und angenommen, daß man die superluminale Wirkung als Ursache der nichtlokalen Verbindung ansehen könnte, muß man dann das Prinzip der endlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit von Signalen aufgeben?[51] Die Frage sollte nicht leichtfertig beantwortet werden, denn dieses Prinzip ist, wie gerade gesagt, eine notwendige Voraussetzung der Relativitätstheorie. Das EPR-Experiment hat vielleicht das erste Beispiel für eine superluminale Verbindung aufgewiesen. Aber Einstein selbst lehnte die Idee der superluminalen Verbindung ab. Elf Jahre nach dem EPR-Experiment schrieb er immer so:"Aber an ei-

---

[51] Hinsichtlich dieser Frage gibt es Antworten, die zeigen, was die Wissenschaftler selber glauben. Im Jahr 1985 fand eine Gedächtniskonfernz in Urbino, Italia zum 50. Jahrestag des EPR-Aufsatzes statt. Dabei bekamen die Fragesteller W.Duch und D.Aerts die Antworten von 56 Teilnehmern, die sich mit der Grundlage der Quantentheorie beschäftigt hatten, auf einen Fragebogen. Es scheint, daß die Antworten die Orientierung der Vertreter der Quantentheorie repräsentieren.

< Frage >	<Ja>	<Nein>	<Unbestimmt>
1)Glauben Sie an die Lokalität?	54%	39%	7%
2)Glauben Sie,daß die Experimente die Lokalität widerlegen ?	30%	57%	13%
3)Glauben Sie,daß die Experimente die Existenz des Signals mit Überlichtgeschwindigkeit zeigen?	5%	89%	6%
3')Wenn man den Begriff 'passion faster than light' statt 'influence faster than light' benutzen kann, Glauben Sie die Existenz der Passion mit Überlichtgeschwindigkeit?	21%	52%	27%
4)Glauben Sie,daß die Interpretation der QM sich so wie bisherige Bedeutungsinterpretation der klassischen Mechanik fest etablieren kann?	71%	18%	11%
5)Sind Sie Realist?	86%	2%	12%
6)Sind Sie Solipsist?	5%	80%	15%
7)Glauben Sie an parapsychologischen Phänomene?	18%	55%	27%

(vgl.; W.Duch/D.Aerts:"Mikrophysical reality" Physics Today. June/1986 S.13-15)

ner Annahme sollten wir nach meiner Ansicht unbedingt festhalten: Der reale Zustand des Systems S_2 ist unabhängig davon, was mit dem von ihm räumlich getrennten System S_1 vorgenommen wird."[52]

Wie früher diskutiert, hat Aspect gezeigt, daß die Ergebnisse des Experiments bestens mit den Voraussagen der Quantenmechanik übereinstimmen. Er hält deshalb die Quantentheorie für eine sehr gute Theorie. Aber selbst bei diesem Experiment war es nicht möglich, sinnvolle Informationen schneller als das Licht zu übermitteln, und deshalb kommt er nicht zu dem Schluß, daß ein Austausch von Signalen mit Überlichtgeschwindigkeit möglich wäre. Die quantenmechanichen Korrelationen können nicht durch die Wirkung von Signalen verstanden werden.[53] Davon sprechen Bohm und Hiley[54], daß wenn das Quantenpotential Signale tragen kann, eine Verletzung der Relativitätstheorie vorliegen würde, da die vom Quantenpotential vermittelten Korrelationen sich mit Überlichtgeschwindigkeit einstellen. Wenn das Quantenpotential jedoch nicht die Ordnungsstruktur tragen kann, die für ein informationsübertragendes Signal notwendig ist, dann muß auch keine Verletzung der speziellen Relativitätstheorie vorliegen.

Im Gegensatz zur traditionellen Ablehnung ist Stapp ein Verteidiger der superluminalen Wirkungen vermutet. In seinem Artikel "Are Superluminal Connections Necessary?" schloß er wie folgend: "Quantum phenomena provide *prima facie* evidence that information gets around in ways that do not confirm to classical ideas. Thus the idea that information is transferred superluminally is, *a priori*, not unreasonable. Everything we know about Nature is in accord with the idea that the fundamental process of Nature lies outside space-time.... but gene-

---

[52] Einstein,E.:Autobiogragraphical Notes.In:Albert Einstein, Philosopher-Scientist. Schilpp(Hg.) NewYork 1949 S.85

[53] vgl. Stöckler,M.:Philosophische Probleme der relativistischen Quantenmechanik S.183

[54] Bohm,D. und Basil.J.Hiley:On the Intuitive Understanding of Nonlocality as Implied by Quantum Theory. Foundations of Physics 5(1975) S.107 Zitat in:Stöckler,M.:Philosophische Probleme der relativistischen Quantenmechanik S.183

rates events that can be located in space-time. The theorem of this paper supports this view of Nature by showing that superluminal transfer of information is necessary, barring certain alternatives.... that seem less reasonable. Indeed, the reasonable philosophical position of Bohr seems to lead to the rejection of the other possibilities, and hence, by inference, to the conclusion that superluminal transfer of information is necessary."[55]

Würde man die superluminale Informationsübertragung von einem anderen Aspekt aus sehen, könnte man die EPR-Korrelation als ein deterministischen Mechanismus betrachten. Nach diesem Aspekt soll die Fernwirkung überhaupt nicht spukhaft wirken. Davon schrieb Stapp: "the conversion of potentialities into actualities cannot proceed on the basis of locally available information.If one accepts the usual ideas about how information propagates through space and time, then Bell's theorem shows that the macroscopic responses cannot be independent of far-away causes. This problem is neither resolved nor alleviated by saying that the response is determined by 'pure chance'. Bell's theorem proves precisely that the determination of the macroscopic response must be 'nonchance' , at least to the extend of allowing some sort of dependence of this response upon the far-away cause."[56] Stapp geht im Wesentlichen davon aus, daß Information von einem Ereignis sowohl in die Zukunft auf seine möglichen Nachfolger wirkt, als auch in der Vergangenheit auf seine Vorgänger. Es bleibt jedoch unklar, wie diese Information sich ausbreitet und in diese Beziehung ist Stapps Theorie unvollständiger als diejenige, die von Costa de Beauregard vorgeschlagen wurde, in der die Ausbreitung von Signalen in die Vergangenheit sich physikalisch durch Fortpflanzung von Wellen und Teilchen ereignet.[57] Trotzdem könnte man die Erklärungsmöglichkeit der EPR-Korrelation ohne die Konflikt mit der speziellen Reativitätstheorie in der Costa de Beauregardschen Idee finden.

---

[55] In Nuovo Cunento 40b(1977) S.191
[56] Bohm,D.:"S Matrix Interpretation of Quantum Theory" Phys.Rev. D3(1971) S.1303
[57] vgl. Selleri:Die Debatte um die Quantentheorie S.109

Costa de Beauregard geht von dem folgenden Ansatz aus;[58] << Bisher kann man die Phänomene der diskontinuierlichen Quantensprünge nicht erklären. Bei den Quantensprüngen muß es eine ungerichteten Kausalität geben, selbst wenn sie rückwärt zu der vorwärtsgerichteten Zeitrichtung ist.>> Nach dem Ansatz von Costa de Beauregard liegt der Schlüssel zur Lösung des Fernwirkungsproblems in einer grundsätzlichen Neuauffassung von Kausalität. Und Kausalwirkungen sollen grundsätzlich ungerichtet sein, jedem zeitlich vorwärtsgerichteten Kausaleinfluß muß ein rückwärtsgerichteter Kausaleinfluß entsprechen.

Nach der Costa de Beauregardschen Auffasung braucht man in dem EPR-Experiment nicht mehr eine 'unendlich schnell' Fernwirkung zwischen beidem Subsystemen. Der Meßprozeß am S_1 wirkt vielmehr auf den früheren Zustand der beiden Systeme, als sie noch zusammen waren, zeitlich derart zurück, daß von dort eine zeitlich vorwärtsgerichtete Wirkung auf das S_2 seinen Übergang in den Half-Spin-Zustand zum Zeitpunkt der Messung des Systems S_1 bewirkt.[59] Wenn man sagt, daß man eine Korrelation zwischen zwei Ereignissen versteht, so bedeutet das nach d'Espagnat, daß man in der Lage ist, diese Ereignisse durch eine Kausalverknüpfung zu erklären, in dem Sinne, daß ein Ereignis das andere hervorruft oder daß beide eine gemeinsame Ursache haben.[60] Costa de Beauregard betont zwar auch die gemeinsame Ursache von beiden Subsystemen, aber nicht die gewöhnlichen Reihenfolge von Ursache-Wirkung-Richtung. Man kann seine Idee der Kausalität kurz mit "directionless"[61] bezeichnen. Wenn C eine Ursache von L ist (oder von N), dann kann L(oder N) auch die Ursache von C sein wie folgende Abbildungen[62] zeigt.

---

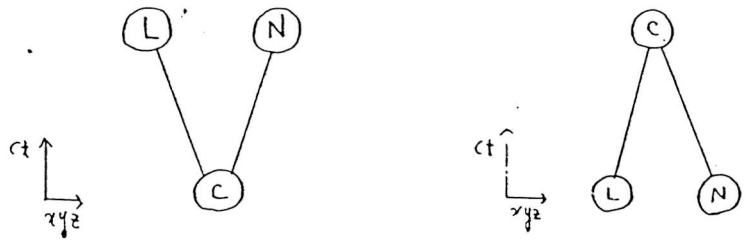
[58] vgl. Costa de Beauregard:Time Symmetry and interpretation of Quantum Mechanics. In:Physical Sciences and History of Physics hg. von R.S.Cohen und M.W.Wartofsky S.38-39

[59] In:13.Wittgenstein.Int.Symposium.in;Information Philosophie Mai(1990) S.75

[60] D'Espagnat,Bernard:"The Quantum Theory and Reality" In: Sceintific American 241(1979) S.130

[61] Costa de Beauregard:Time,the physical magnitude.Dordrecht 1987 S.261-264

[62] Costa de Beauregard:"Mon Interpretation De La Correlation D'Einstein" In:Einstein.Symposion. 1979 S.300



Wenn der rückwärtsgerichtete Kausaleinfluß wirklich möglich wäre, könnte man die EPR-Korrelation vollkommen erklären.[63] Costa de Beauregard schreibt:"In the EPR correlation experiments, adjustable parameters exist at L and N, not at C. Therefore we have at L and N two 'causes'(the adjustable angles A and B of the polarizers) and two 'effects'(the occupation numbers measured by the photodetectors).[64] Wenn man diese Idee akzeptieren kann, gibt es keinen Energietransport zwischen L und N. Nichtsdestoweniger erfolgt eine augenblickliche Veränderung in der Qualität in beiden Bereiche. Bei der augenblicklichen Veränderung ohne direkte Wechselbezieung muß es natürlich eine gemeinsamen Vorbereitung C geben, die eine Rolle als indirekte Brücke spielt.[65] Also soll seine Idee der ungerichteten Kausalität die physikalische Mechanismen nicht verletzen: "Einstein of course is right in seing an incompatibility between his special relativity theory and the distant quantal correlations, but only under the assumption that advanced actions are excluded. Certainly there exists no direct connection between the two distant measurements at L and N : both the mathematics and the physics exclude it. But there is an indirect connection, via the past preparation at C. This is mathematically and physically quite certain".[66]

---

[63] Costa de Beauregard:Time,the physical magnitude.Dordrecht 1987 S.252
[64] Costa de Beauregard:Time,the physical magnitude.Dordrecht 1987 S.261-262
[65] Costa de Beauregard:Time,the physical magnitude.Dordrecht 1987 S.271
[66] Costa de Beauregard:Time,the physical magnitude.Dordrecht 1987 S.252

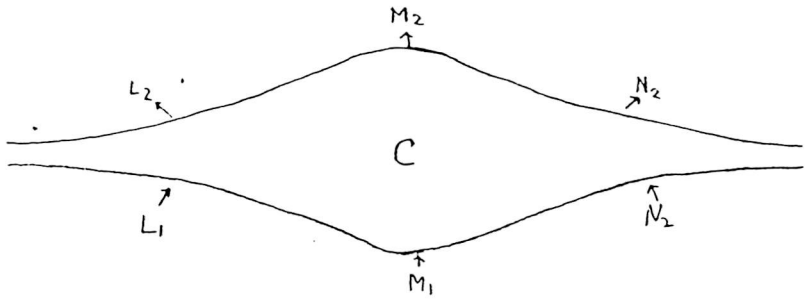


Abb:EPR-Korrelation in der Wechselbeziehung bei Costa de Beauregard[67]

Diese Idee bedeutet eine Zeit-Symmetrie, die sich auf die Idee der Negentropie bezieht. "The intrinsic time symmetry I am discussing has important consequences in the question of physical equivalance between negentropy and information".[68] Seine Idee von Negentropie beruht im Wesentlichen auf der Intervention der Psyche bei dem Meßprozeß wie sich in seinem Ansatz (b) zeigt. Schließlich muß man wissen, daß sein Hauptinteresse sich auf den Meßprozeß richtet. Er schreibt zum Schluß: "that, in the EPR correlations, ...one single measurement at L is not identical to a couple of measurements at L and N, and of this there exists a technical demonstration. From this, a very far-reaching conclusion should be drawn concerning the quantum mechanical measurement process".[69] Und weiter: "EPR paradox ... has convinced me that the essential nonlocality displayed in it cannot be understood otherwise than through the intrinsic past-future and cognizance-will symmetries".[70]

Wie oben gesagt, bedeutet das Versagen des Lokalitätsprinzip nicht notwendigerweise, daß superluminale Verbindungen

---

[67] Costa de Beauregard:Time,the physical magnitude.Dordrecht 1987 S.272

[68] Costa de Beauregard:Time Symmetry and interpretation of Quantum Mechanics. In:Physical Sciences and History of Physics hg. von R.S.Cohen und M.W.Wartofsky S.41

[69] Costa de Beauregard:Time,the physical magnitude.Dordrecht 1987 S.279

[70] Costa de Beauregard:Time Symmetry and interpretation of Quantum Mechanics. In:Physical Sciences and History of Physics. hg. von R.S.Cohen und M.W.Wartofsky S.48

tatsächlich existieren. Da das Bellsche Theorem zeigt, daß das Lokalitätsprinzip falsch ist, sind wir gezwungen - wenn wir die Existenz der superluminalen Verbindung nicht als Grund für das Versagen des Lokalitätsprinzips akzeptieren wollen -, uns mit der Möglichkeit zu konfrontieren, daß S_1 und S_2 von Anfang an nicht trennbar waren (Holismus). Diese Möglichkeit wird im Kap.4 näher beleuchtet werden.

3.3.2 Die Viele-Welten-Interpretation der Quantentheorie

Eine unvermeidliche Schwierigkeit der Quantentheorie ist das Meßproblem. Die von Neumannsche Interpretation der Quantenmechanik besagt, daß nur eine der in der Wellenfunktion eines beobachteten Systems enthaltenen Möglichkeiten zur Wirklichkeit wird und daß alle anderen verschwinden. Der Kern dieser Interpretation besteht darin, daß der Zustandsvektor nicht in der Wirklichkeit, sondern nur im mathematischen Hilbertraum existiert. Es erschien aber für Hugh Everett merkwürdig, daß nach der Kopenhagener Interpretation Wellenfunktionen auf magische Weise kollabieren, wenn man sie beobachtet. Daher schlagen Everett und DeWitt vor, die Materiewelle als wirklich anzuerkennen, als Beschreibung der wahren Welt. In diesem Fall ist die Situation ganz andere als die Kopenhagener Interpretation, weil der Beobachtungsakt nicht zur Reduktion des Wellenpakets führt. Die Wirklichkeit existiert auch schon vorher. Diese alternative Auffassung geht dahin, daß die einander überlagernden Wellenfunktionen des gesamten Universums nicht kollabieren. Sie alle sind gleichermaßen real und existieren in ihrem jeweiligen Teil des 'Hyperraums'. DeWitt ordnet die Interpretation Everetts wieder ein:[71]

1) Es ist unnötig, den externen Beobachter einzuführen oder eine Region, in der das Gesetz der klassischen Physik nicht gültig ist, zu postulieren.

2) Es ist sinnvoll, den Zustandsvektor auf das gesamte Universums anzuwenden.

---

[71] vgl. DeWitt,B.S.:The Many-Universes Interpretation of Quantum Mechanics. In: Foundations of Quantum Mechanics. d'Espagnat(Hg.), NewYork 1971 S.211

3) Dieser Zustandsvektor kollabiert überhaupt nicht, deshalb ist das Universum als Gesamtheit streng deterministisch.
4) Die statistische Interpretation selbst ist nicht apriori aber nicht empirisch.

Weiterhin sagen Everett, Wheeler und Graham (Abk.;EWG), daß die Wellenfunktion ein reales Ding ist, daß alle von ihr repräsentierten Möglichkeiten real sind und daß sie alle geschehen. Nach der EWG-Theorie werden alle Möglichkeiten zur Wirklichkeiten ohne Kollaps, aber in anderen Welten, die in Koexistenz zu unserer Welt bestehen. Diese Theorie heißt die Viele-Welten-Interpretation der Quantenmechanik.

Nach der Aufspaltung der Wellenfunktion ist die Verzweigungsstruktur in beiden Fällen genau diesselbe. Es ist natürlich richtig, daß im zweiten Fall das Amplitudenquadrat der Wellenfunktion entlang des einen Zweiges viel größer sein wird als für den anderen. Das bedeutet in der Viele-Welten-Interpretation nicht, daß der andere Zweig weniger real wäre. Schließlich behandelt das Modell des sich aufspaltenden Universums das Problem der Reduktion der Wellenfunktion. "We may say that the Everett interpretation aims at a quantum theory without quantum jumps(Reduktion des Wellenpakets) while still explaining why observers encounter such jumps".[72] Die Bedeutung der Aufspaltung läßt sich in drei Thesen zusammenfassen:[73]
1) Jeder Zweig der Aufspaltung ist gleich wirklich.
2) Die Zweige genügen jeweils für sich der Wellengleichung und sind derart voneinander separiert, daß keinerlei Kommunikationsmöglichkeiten und Wirkungsmöglichkeiten unter ihnen existieren.
3) Der Begriff der Beobachtung ist parallel zu der subjektiven Erfahrung der Aufspaltung und Isolation der Zweige untereinander.

---

[72] Primas,Hans:Chemistry,Quantum Mechanics and Reductionism. Berlin 1983 S.128-129
[73] vgl. Kutschmann:"Zur Interpretation der Quantenmechanik" Phil: Nat. 19(1982), S.565-6

Die Viele-Welten-Theorie arbeitet zwar mit einer unplausiblen Pluralität von Welten, aber dennoch soll man nicht einfach über sie hinweggehen. DeWitt schrieb: "No experiment can reveal the existence of the 'other worlds'.... However, the EWG theory does have the pedagogical merit of bringing most of the fundamental issues of measurement theory clearly into the foreground..."[74] Die Viele-Welten-Theorie zeigt nach Primas eine Geschlossenheit, die man bei anderen Interpretationen der Quantenmechanik nicht finden kann.[75] "Außer Everetts Konzept", so auch Wheeler, "gibt es kein in sich schlüssiges Gedankensystem, das erklären würde, was man sich unter der Quantisierung eines geschlossenen Systems wie des Universums der Allgemeinen Relativitätstheorie vorzustellen hat".[76] Während der Beobachter in der orthodoxen Interpretation außerhalb des beobachteten Universums sein muß, wird er in der Interpretation von Everett als wesentlicher Bestandteil des Universums angesehen, das er beobachtet. Das hat DeWitt in seinem Artikel(1970) verdeutlicht. Angewendet auf das Paradoxon von Schrödingers Katze, ist das rätselhafte Phänomen einer Katze, die sowohl tot als auch lebendig und weder lebendig noch tot ist, nach DeWitt nicht mehr ein Paradoxon. Vielmehr enthält die Kiste in unserer Welt eine Katze, die entweder lebendig oder tot ist, und in der Welt nebenan ist ein anderer Beobachter, der von einer identischen Kiste steht, die ebenfalls eine Katze enthält, die entweder tot oder lebendig ist.[77]

Aber die Viele-Welten-Theorie stößt auf eine ernste technische Schwierigkeit wegen der Möglichkeit der unendlichen Verzweigung.[78] Die Vorstellung des sich aufspaltenden Universums ist

---

[74] DeWitt:"Quantum Mechanics and Reality" Phys.Today 23(1970) S.35

[75] vgl. Primas(1983) S.129

[76] Wheeler,J:"Assessment of Everett's 'Relative State' formulation of quantum theory" Rev.of Mod. Phys.29(1957) S.464

[77] vgl. DeWitt:"Quantum Mechanics and Reality" Phys.Today 23(1970) S.30

[78] Putnam."Realismus in der Philosophie und Realismus in der Physik" Phys.Bl.42(1986) S.109

natürlich sehr unökonomisch,[79] und die Idee einer nahezu unendlich großen Anzahl von Universum kann niemals überprüft werden, da sie nicht miteinander wechselwirken sollen. Deshalb wird dieses Modell nur von Minderheiten akzeptiert, d.h., sollte daher nicht sein, daß man die Quantenphysik im Sinne dieser Interpretation zu verstehen hat, sondern daß es bisher noch nicht gelungen ist, den quantenmechanischen Meßprozeß mit den Mitteln der Quantenmechanik angemessen zu erfassen.[80]

Nach Wheelers Auffassung, wie früher erwähnt, ist die Viele-Welten-Interpretation begrifflich einfach, kausal und liefert Vorhersagen, die mit der Erfahrung übereinstimmen. Er bemerkt, um auf die neue Idee aufmerksam zu machen: "Es fällt schwer, deutlich zu machen, wie einschneidend die Theorie des 'relativen Zustandes' von klassischen Vorstellungen abweicht. Das Unbehagen, das einem dieser Schritt zunächst bereitet, findet in der Geschichte der Wissenschaft nur wenige Entsprechungen, so etwas als Newton die Schwerkraft durch etwas so Absurdes wie die Fernwirkungen erklärte, als Maxwell etwas so Natürliches wie die Fernwirkung durch etwas so Unnatürliches wie die Feldtheorie beschrieb und als Einstein leugnete, daß irgendein Koordinatensystem ausgezeichnet sei··· Aus der ganzen übrigen Physik läßt sich nichts Vergleichbares anführen, abgesehen von dem Prinzip der Allgemeinen Relativi-

---

[79] Aber das ist der DeWittschen Auffassung nach keine nichtphysikalische Unendlichkeit. DeWitt überlegte sich sogar, wie weit die Aufspaltung gehen kann. In einem endlichen Universum - und es spricht einiges dafür, daß, falls die allgemeine Relativitätstheorie eine gute Beschreibung der Realität ist, das Universum endlich ist - kann es nur eine endliche Zahl von Zweigen geben, und es kann sein, daß im Hyperraum einfach nicht genügend Platz ist für die bizarreren Möglichkeiten, für die Feinstruktur der, wie DeWitt sagt "abartigen Welten (maverick worlds)", für Realitäten, deren Verhalten seltsam verzerrt ist.(DeWitt,1970.S.34-35) Wenn die EWG-Theorie besagt, daß alles, was möglich ist, auch in irgendeiner Version der Realität wirklich wird, so heißt das auf keinen Fall, daß alles, was denkbar ist, auch wirklich werden kann. Wir können uns unmögliche Dinge ausdenken, die in den realen Welten keinen Platz finden werden.

[80] vgl.Greiner,Walter:Quantenmechanik.Ff/m 1989 S.504

tätstheorie, daß alle regulären Koordinatensysteme gleichberechtigt sein".[81]

Die Viele-Welten-Interpretation und die Quantentheorie stimmen nach Putnam in zwei Aspekten überein. Erstens, benützen beide Theorien die nichtklassische Möglichkeitsstruktur der Quantenmechanik. Zweitens, weichen die beide Theorien in der Frage voneinander ab, wie dies zustandekommt. In der Viele-Welten-Interpretation enthält die Wellenfunktion des Universums die vollständige Beschreibung der physikalischen Realität, und die Entwicklung dieser Wellenfunktion verläuft für alle Zeiten in Übereinstimmung mit der Schrödinger-Gleichung.[82] Deshalb implizit die Viele-Welten-Interpretation den deterministischen Charakter. DeWitt kommt zu einer ähnlich dramatischen Schlußfolgerung wie Wheeler:"Der Standpunkt EWGs bietet eine wahrhaft beeindruckende Sicht. Dabei ist es eine vollkommen kausale Sicht, die sogar Einstein akzeptiert haben könnte... Sie kann eher als die meisten anderen für sich in Anspruch nehmen, das natürliche Endergebnis des 1925 von Heisenberg begonnenen Interpretationsprogramms zu sein".[83] Da die Realität nach dieser Theorie auch schon vorher ohne Kollaps existiert, kann man sagen, daß das gesamten Universum determiniert wurde, ob es beobachtet wurde oder nicht. Daß wir die determinierten Welt nur durch die Wahrscheinlichkeit erkennen können, beruht darauf, daß wir nur in unserer Welt sein können und daß die sich ausspaltenden Welten kein Fenster[84] haben. Dazu sagt Jammer: "the whole world consists of mutually unobservable worlds. The world as a whole is strictly deterministic, but the inhabitants of a particular branch can only see a tiny

---

[81] Wheeler,J:"Assessment of Everett's 'Relative State' formulation of quantum theory" Rev.of Mod. Phys.29(1957) S.464

[82] Putnam."Realismus in der Philosophie und Realismus in der Physik" Phys.Bl.42(1986) S.108

[83] DeWitt:"Quantum Mechanics and Reality" Phys.Today 23(1970) S.30

[84] Eine Metapher mit der Monade Leibnizes. Den Philosophen erinnert die Viele-Welten-Interpretation an Leibnizens Monadenlehre. Manchen Zeitgenossen erinnert die Vorstellung von Wesen, die parallel in verschiedenen Welten existieren, ohne sich dessen bewußt sein zu können, eher an Schizophrenie. (vgl. Audretsch/Mainzer 1990, S.249-250)

part of it. What is realized factually in a particular branch can be predicted only probabilistically".[85]

Die Viele-Welten-Interpretation ist keine Alternative zu anderen Interpretationen der Quantentheorie, sondern nur ein besonders prägnanter Ausdruck dafür, daß der Meßprozeß auch heute noch nicht vollständig verstanden ist.[86] Wie bereits betrachtet, enthältt diese Interpretation nicht nur den Charakter der Nichtlokalität, sondern auch den deterministische Charakter. Der Derterminismus dierser Viele-Welten-Interpfetation erfordert nicht eine superluminalen Verbindung. Dieser derterministische Charakter zeigt sich aber nicht in einer Zweig, sondern nur aus Perspektive des Universums, das in einer Gesamtheit der aufgespalteten Zweigewelt besteht. Die nichtlokale Wechselwirkungen seien zwar bei der Quantenmechanik ohne Superluminalität anzunehmen, aber das Ergebnis dieser Wechselwirkung soll sich von Anfang an so gestalten. Deshalb ist das Universum als Gesamtheit streng deterministisch. Leider kann man dies Gesamtuniversum nicht physikalisch verstehen. Diese Interpretation impliziert nämlich die Existenz einer beobachtbaren Welt, aber auch Myriaden von prinzipiell unobachtbaren Welten. Daher kann die Kernannahme dieser Interpretation experimentell im Labor prinzipiell nicht überprüft werden.

---

[85] Primas(1983) S.131

[86] s. Mittelstaedt,Peter:"Objektivität und Realität in der Quantenphysik" In: Audretsch/Mainzer(Hg.): Wieviele Leben hat Schrödingers Katze?. Manmheim 1990, S.154

4. DIE PHILOSOPHISCHE MÖGLICHKEIT DES HOLISMUS

4.1 Der holistische Zusammenhang

Bislang haben wir die verschiedenen Interpretationen der Quantenmechanik betrachtet. Die Interpretationen können nach M. Redhead[1] wie folgt klassifiziert werden:

Standpunkt A: Q[Observable] hat zwar einen scharfen Wert, dieses ist aber unbekannt; 1)keine Mystik[2] 2)Theorie der verborgenen Variablen 3)Realismus.

Standpunkt B: Q hat einen unscharfen Wert oder 'unklaren'(fuzzy) Wert; 1)mystisch in dem Sinne, daß neue Begriffe wie die Potentialität oder die Tendenz einzuführen sind. 2)Relationalität der Wertzuschreibung (im Gegensatz zu View A) 3)aber grundsätzlich gehört View B nicht zu Idealismus, sondern zum Realismus.[3]

Standpunkt C: Der Wert der Q ist nicht bestimmt, eine Wertzuschreibung ist nicht möglich; 1)ungewohnt[4] wegen der Begrenzung der makroskopischen Sprache 2)komplementär; eine komplementäre Beschreibung ist notwendig für die Beschreibung der quantenmechanischen Realität

---

[1] Redhead,M.:Incompleteness,Nonlocality and Realism. Oxford 1987 S.45-51

[2] Einstein schloß die EPR-Argumentation wie folgende ab: "Diesem Schlusse, daß die Quantentheorie unvollständig ist, kann man nur dadurch ausweichen, daß man entweder annimmt, daß die Messung an S1 den Realzustand von S2 (telepathisch) verändert, oder aber daß man Dingen, die räumlich voneinander getrennt sind, unabhängige Realzustände überhaupt abspricht. Beides scheint mir ganz unakzeptabel." << Einstein,A. : "Autobiographical Notes", in Paul Schilpp (ed.): Albert Einstein, Philosopher-Scientist. H&R,NY 1949 S.85 >> In diesem Sinne sei die View A keine Mystik.

[3] Zu Redheads Konklusion über Standpunkt B muß man bemerken: "The conclusion is that view B is perfectly consistent with realism, and certainly gives no arguments at all in favour of idealism." Redhead(1987) S.49

[4] Nach der Darstellung Redheads sei das EPR-Phänomen mystisch.

Die objektiven Realisten wie Standpunkt A gehen von den zu den selbstverständlichen Elementen klassischer Erkenntnis gehörenden beiden Voraussetzungen aus, "daß die physikalische Realität in begrifflich wohl unterschiedene Elemente eingeteilt werden kann, die alle einen autonomen ontologischen Status besitzen und daß die Eigenschaften eines zusammengesetzen Systems immer aus der Natur ihrer Teile verstanden werden können".[5] Dagegen erwiderte Bohr wie Standpunkt C (und teilweise Standpunkt B) mit einem anderen Aspekt darauf. Bohr behauptete in wesentlichen, daß man die Welt nicht als aus einzelnen Subsystemen zusammengesetzt betrachten könne. Schließlich lehnte Bohr die Unabhängigkeit und Separabilität des Subsystems ab, statt dessen führte er den Relationalitätsbegriff und eine Form des Holismus ein.[6] Don Howard betont auch das Paradigma der Nichtlokalität und die Ontologie des Holismus von View B aus.[7] In diesem Zusammenhang sagte Jammer: "Bohr's reaction to the EPR argument led,... to two important results. First, as far as quantum theory is concerned, the notion of a quantum mechanical state became a relational conception. Second - and this result is of cardinal importance from the viewpoint of

---

[5] Kanitscheider,B.: "E.Schrödinger - Physiker und Philosoph" Conceptus 42(1983) S.37

[6] Primas definiert kurz die Begriffe der Separabilität und Holismus wie folgende: "It is a mathematical property of classical mechanics that the states of all the subsystems of a given system determine the state of the whole system; this property is called separability. We call a system holistic if it does not possess the property of separability."(Primas, Hans: Chemistry,Quantum Mechanics and Reductionism. Berlin 1983 S.136) Und durch den Begriff 'Objekt' erklärt Primas den Unterschied zwischen dem Autonomismus und dem Holismus : "Object Definition;<< An object factorization of a theory T is a pair (T_1,T_2) of subtheories of T with $T_1 \vee T_2$ = T and $T_1 \wedge T_2$ = T_0 such that the restriction of every ontic state of T to T_α is an ontic state of T_α. α = 1,2.>> In der Objekt-Faktorization (T_1,T_2) heißt T_1 ein Subsystem und anderes System T_2 seine Umwelt. Wenn die Theorie keine Objekt-Faktorization zuläßt, kann man sie eine holistische Theorie nennen. Und wenn jede Faktorization der Theorie Objekt-Faktorization ist, ist das separable Theorie." (Primas(1983) S.299)

[7] Don Howard:"Holism,Separability, and the Metaphysical Implications of the Bell Experiments" In: Cushing,J.T./ McMullin,E.: Philosophical Consequences of Quantum Theory.Notre Dame 1989, S.225

the history of science and its philosophy - the notion of a 'structure' in the sense of an unanalyzable wholeness .....".[8] Die beide Grundzüge, die Relationalität und der holistische Charakter, die nach dieser Auffassung von dem EPR-Ergebnis impliziert werden, wurden zu einer wichtigen Kontroverse in der Quantentheorie.

4.1.1 Die Relationalität - Beziehungsabhängige Realität

Nach der Bohrschen Auffassung, wie im Kap.2 betrachtet, ist das isolierte System lediglich eine Idealisierung und es hat keine fundamentale Bedeutung. Mit dem Worten von Bohr: "Isolierte Materie-Teilchen sind Abstraktionen, ihre Eigenschaften sind nur durch ihr Zusammenwirken mit anderen Systemen definierbar und wahrnehmbar".[9] In der Bohrschen Sicht wurde von H.P.Stapp eine Lösung des EPR-Paradoxons vorgeschlagen. Stapps Meinung nach zeigt sich,[10] daß keine quantenmechanische Realität räumlich getrennte Teile der Realität als unabhängig anerkennen kann, und daß diese Teile vielmehr in irgendeiner Weise in Beziehung gesetzt werden müssen. Er sagt, unsere Welt ist "nicht eine aus unabhängig voneinander existierenden, analysierbaren Entitäten aufgebaute Struktur, sondern eher ein Gewebe von Relationen zwischen Elementen, deren Bedeutungen ganz aus ihren Relationen zum Ganzen hervorgehen".[11] Stapp entwickelt hier einen beziehungsabhängigen Realitätsbegriff, und er wollte erklären, warum die Unschärfe einer Eigenschaft (d.h. eines Wertes einer Observablen) von der Art der durchgeführten Messung abhängt und warum Eigenschaften durch Messungen beeinflußt werden. Nach der Kopenhagener Interpretation können die quantenmechanischen Systeme nur unter Berücksichtigung von Beobachtungsvorgängen oder Messungen verstanden werden. Also handelt es sich bei dem Meßprozeß darum, eine Korrelation zwischen den Zuständen des Systems und den makroskopischen Zuständen des Meßgeräts herzu-

---

[8] Jammer,M.:(1974) S.198
[9] Bohr:Atomtheorie und Naturbeschreibung.Berlin 1931 S.29
[10] Stapp,H.P.:Found.Phys. 7(1977) S.313
[11] Stapp,H.P.:"S-Matrix interpretation of quantum theory" Phys.Rev. D3 (1971) S.1303

stellen. Die Beobachtung des makroskopischen Zustandes des Meßgeräts läßt vielseitigen Rückschluß auf den Quantenzustand des Systems zu.[12]

Wie im Kap.3 erwähnt, beschäftigte Bell sich zuerst mit dem Beweis von Neumanns, der die Unmöglichkeit bestimmter lokalen Theorien mit verborgenen Variablen, die auf sich der physikalische Realismus stützt. Also von Neumann akzeptiert nicht die objektiven Realitätsbegriffe, wo Einzelsysteme ihre eigenen Autonome besitzen. Der von Neumannsche Beweis kann das Prinzip der Lokalität verletzen, wie manche Antirealist die Theorie der verborgenen Variablen übertreten könnte. Diese Lücke im von Neumannschen Beweis erlaubte es Bohm, neue Modelle von Quantenrealität zu konstruieren, die ausschließlich auf gewöhnlichen Objekten beruhen. Diese neue Modelle enthalten Objekte, deren Attribute empfindlich auf die Umgebung reagieren.[13]

Vom Standpunkt des Einsteinschen Realismus aus kann man die Quantentheorie natürlich nicht realistisch interpretieren. Dazu hat Gibbins behauptet: "The interpretation of quantum mechanics suggested here is, of course, not realistic. The objects which the formalism describes are a virtual ensembles, not real physical systems. Dynamical variables do not always take precise values."[14] Hierbei muß man fragen, ob die Bohmsche Naturansicht zum physikalischen Realismus gehören könnte. Nach der d'Espagnatschen Definition kann der physikalische Realismus durch die folgenden Bedingungen beschrieben werden[15]: 1. Existenz einer unabhängigen Realität 2. Objektivität 3. Einsteinsche Lokalität. Wenn es nicht um das Bohmsche Ensemble-System, sondern nur um das isolierten Subsystem geht, kann man bei der Bohmschen Theorie die Bedingung 1. und 3. nicht

---

[12] vgl. Baumann,K.: "Realistische Interpretation der Quantenmechanik" in: Philosophie und Physik R.Haller/J.Götschl Hrsg. Braunschweig 1975 S.40

[13] vgl. Herbert,N.:Quanten Realität S.277

[14] Gibbins,Peter:Quantum Logic and Ensembles.In:Richard Swinburne(Hg:):Space, Time and Causality. Dordrecht/Boston 1983 S.204

[15] D'Espagnat:"Quantentheorie und Realismus. Spekt.d. Wissenschaft 1980 S.69-70

erfüllen. Bohmsche Interpretation kann nach der Auffassung d'Espagnats also nicht zum Einsteinschen erkenntnistheoretischen Realismus gehören, da in der späteren Philosophie Bohms er immer den ontologischen Aspekt der Realität als den erkenntnistheoretischen Aspekt betont. Natürlich gibt es große Unterschiede zwischen dem Einsteinschen Realismus und dem Bohmschen Realismus. Bohm akzeptierte zwar nicht die Autonomie des isolierten Subsystems, sondern die Autonomie des ganzen Systems, das das Meßgerät einschließt. Z.B., Wenn wir zeigen können, daß für die speziellen Systeme $\{\Phi\} = \{S\} + \{M\}$, wobei S das untersuchte System ist und M ein System, das alle für ein Meßinstrument charakteristischen Eigenschaften besitzt, streng genommen kein Unterschied in den Vorhersagen eintritt, wenn man an die Stelle der Beschreibung durch einen einzigen Vektor eine Beschreibung durch ein geeignetes echtes Gemenge setzt, so können wir eine vollkommen objektive Beschreibung der physikalischen Realität konstruieren.[16] Redhead hielt auch die Potentialität für ein Ganzes, wie früher in View B gesehen, für eine Realität.[17] In diesem Zusammenhang könnte man die Bohmschen Realismus ganzheitlichen Realismus nennen. Besonders nennt Bohm selbst seine philosophischen Position einen holistischen Realismus in seiner Spätzeit.

Bohm hat sich bereits zwischen Einstein und Bohr eingeordnet. Bohm schrieb: "We are in agreement with Bohr, who repeatedly stresses the fundamental role of the measuring apparatus as an inseparable part of the observed system."[18] Und wie in dem Artikel von Bub gesehen,[19] reflektiert Bohms Idee der 'unteilbaren Ganzheit', die zwei korrelierte quantenmechanische Systeme darstellt, Bohrs "feature of wholeness". Aber Bohm glaubt, daß die Realität des Universums als Ganzen nicht von uns abhängt. Wie oft erwähnt, beruht die Bohmsche Idee der Realität auf der Existenz der nichtlokalen verborgenen Vari-

---

[16] D'Espagnat:Grundproblem der gegenwärtigen Physik. S.38

[17] vgl. Redhead,M.:Incompleteness,Nonlocality and Realism. Oxford 1987 S.49

[18] Bohm:"A suggested interpretation of the quantum theory in terms of hidden variables" Phys.Rev.85(1952) S.187-188

[19] Bub:"Hidden variables and the Copenhagen Interpretation" Brit.J.Phil:Sc. 19(1968) S.185-210

ablen. Wie im Abs.3.2.2 gesehen, enthält der Spielraum der nichtlokalen verborgenen Variablen die Beziehungen zwischen den Systemen und dem Meßgerät.[20] Durch die Existenz solcher verborgenen Variablen wird die Autonomie des ganzen Systems unterstützt.

Philosophisch gesehen, liegt Bohms Hauptgewicht in seiner späteren Zeit allerdings auf der ganzheitlichen Idee: "Innerhalb der Quantentheorie ist es von zentraler Bedeutung, daß man bei der Beschreibung von der Vorstellung abgeht, die Welt bestehe aus vergleichsweise autonomen Teilen, die jedes für sich existieren, aber miteinander zusammenwirken. Statt dessen muß jetzt das Hauptgewicht auf eine ungeteilte Ganzheit (undivided Wholeness) gelegt werden, bei der das beobachtete Instrument nicht von dem getrennt ist, was beobachtet wird."[21] Hierbei muß man deutlich die Bohmschen späteren philosophischen Überlegungen von seinen früheren physikalischen Arbeiten, die Theorien mit verborgenen Variablen entwerfen, unterscheiden. Natürlich kommt es bei der holistischen Idee auf seine philosophischen Gedanken an. Kurz gesagt, betonte Bohm in seiner früheren Zeit der Physik die Kausalität, die sich auf die verborgenen Variablen stützt, in seiner späteren Zeit der Philosophie hielt er den ontologischen Holismus für wichtig. Nicht nur für Bohm, auch für viele andere Philosophen könnte der Versuch, die Synthese von der Kausalität und dem Holismus irgendwo zu finden, zu einer philosophischen Aufgabe gehören.

4.1.2 Bertlmanns Socken

D'Espagnat sieht als wichtigstes Ergebnis des EPR-Arguments, daß die Welt nicht als Menge voneinander trennbarer Systeme

---

[20] Nach Weizsäckers Auffassung ist die verborgene Variable "überhaupt nicht der Akt der physischen Wechselwirkung zwischen Objekt und Meßgerät, der festlegt, welche Größe bestimmt wird und welche unbestimmt bleibt, sondern der Akt der Akt der Kenntnisnahme", (Weizsäcker:"Zur Deutung der Quantenmechanik" Zs.f. Physik 11(1941) S.501. Wieder zitiert in:Kanitscheider(1979) s.294) weil für ihn es nicht um Autonomie, sondern um die Subjekt-Teilnahme (ins Objekt) geht

[21] Bohm,D.:Wholeness and the implicate order. London 1980 S.134

mit jeweils zugehörigen Eigenschaften zu beschreiben ist.[22] D'Espagnat schreibt: "As a matter of fact, this is the first and perhaps the most significant conclusion in our investigation of the conceptual foundations of quantum physics. The world cannot consistently be described as essentially a collection of physical objects of finite size, which would each possess its own specific attributes,"[23] Einige Physiker, wie d'Espagnat, betonen, daß die Quantenmechanik eine Welt impliziert, in der individuelle Materieteilchen nicht wirklich ein eigenes Recht auf Existenz als primäre Einheiten haben. Statt dessen besitzt nur die Kollektion aller Teilchen als Ganzes den Status der Realität.

Wie in dem berühmten Artikel (1979) von d'Espagnat zu lesen ist,[24] beruht seine holistische Idee auf dem Experiment von Shimony und Aspect. Vorher bewies Bell, daß die Vorhersagen von lokalen Modellen mit verborgenen Variablen mit den Vorhersagen der Quantenmechanik unvereinbar sind.[25] Auch für Shimony geht es darum, daß "kein Modell, das (in einem genau definierten Sinne) lokal ist, mit allen statistischen Vorhersagen der Quantenmechanik übereinstimmen kann".[26] Diese Nichtlokalität wird durch die holistische Idee wohl unterstützt,[27] die sich auf die Nichtlinearität und Fernwirkung stützt. Das zeigt sich in dem Prozeß des Bellschen Theorems. Kanitscheider beschrieb dies wie folgend: "Es ist ein Zug dieser quantenmechanischen Meßtheorie, daß sie nichtlinear ist und auch das Prinzip der Nahwirkung nicht erfüllt, also nichtlokal ist. Das steht natürlich in Einklang mit den Resultaten von Bell".[28]

---

[22] Stöckler,M.:Philosophische Probleme der relativistischen Quantenmechanik S.162

[23] D'Espagnat,B.:Conceptional Foundations of Quantum Mechanics 1976 S.280

[24] D'Espagnat,B.:The Quantum Theory and Reality" Sci.Am.241 (1979) S.128-140

[25] In den Artikeln von Bell;"On the Problem of Hidden Variables in Quantum Mechanics" und "On the EPR Paradox" , insbesondere in dem zweiten Artikel.

[26] Shimony:"Die Realität der Quantenwelt" (dt.Übers.) Spektrum der Wissenschaft März 1988 S.80

[27] Die Nichtlokalität impliziert nicht die holistische Idee, sondern die holistische Idee impliziert die Nichtlokalität.

[28] Kanitscheider,B:Philosophie und moderne Physik.Darmstadt 1979 S.300

Weiterhin führt die Nichtlinearität dazu, "daß eine Veränderung in einer Komponente des Zustandsvektors durch die aller anderen Komponenten bedingt ist, ...".[29] "Da die Wechselwirkung zwischen den Komponenten nicht additiv (nichtlinear) ist, ist auch das Gesamtsystem mehr als die Summe der Einzelkomponenten".[30,31] Physikalisch gesehen ist das nicht gerade, was der Holismus impliziert. Metaphysikalisch gesehen aber könnte das uns ein Hilfsmittel zum Verständnis des Holismus geben. Daraus folgt, daß die Welt voll von unzähligen nichtlokalen Einflüssen sei. Nichtlokale Einflüsse würden, falls sie existieren, nicht durch Felder oder irgendetwas anderes übermittelt werden. Wenn S_1 sich nichtlokal mit S_2 verknüpft, überquert nichts den dazwischenliegenden Raum, daher kann die dazwischenliegende Materie keinen Beitrag leisten, um diese Wechselwirkung abzuschirmen. Eine nichtlokale Wechselwirkung verbindet einen Ort mit einem anderen, ohne dabei Raum zu durchmessen, ohne Verfall und ohne Verzögerung. Eine Nichtlokalität ist unvermittelt und unmittelbar.[32] Schließlich legt das Bellsche Theorem einen holistischen Zusammenhalt der Gesamtstruktur unserer Welt nahe, der vor allem im Bereich der Mikrostrukturen sehr deutlich wird. Die Welt ist der Bellschen Auffassung nach ein holistisches Ganzes als eine Ansammlung

---

[29] Kanitscheider(1979) S.300

[30] Busse,H.G.:"Einheit von physikalischen und biologischen Theorien als Systeme der nichtlinearen Thermodynamik" In:Walter Saltzer(Hg.),Zur Einheit in Geschichte und Gegenwart. Darmstadt 1990 S.102

[31] Holismus steht nicht im Gegensatz zu Linearität. Man kann aber ungefähr sagen, daß ein System dann linear ist, wenn das Ganze einfach die Summe seiner Teile ist. So kompliziert ein lineares System also auch sein mag, kann man es doch immer so auffassen, als sei es bloß eine Zusammenfügung oder eine Überlagerung oder ein friedliches Nebeneinander von vielen einfachen Elementen, die gleichzeitig da sind, aber einander nicht in die Quere kommen. Deshalb kann man solche Systeme in ihre unabhängigen Bestandteile zerlegen, auflösen oder auf diese reduzieren.
Nichtlineare Systeme sind dagegen weitgehend vernachlässigt worden. In einem nichtlinearen System ist das Ganze weit mehr als die Summe seiner Teile, und es kann nicht auf einfache, zusammenwirkende Untereinheiten reduziert oder in diese aufgelöst werden.

[32] Bell,J.:Speakable and unspeakable in quantum mechanics. NY 1987 S.53-55

miteinander wechselwirkender Objekte. In dieser Hinsicht hilft die Meinung Abner Shimonys uns zum Verständnis des quantentheoretischen Holismus: "The fact that in any pure quantum state of there are physical quantities that are not assigned sharp values will then mean that there is *objective indefiniteness* of these quantities. The fact that the outcome of a measurement of such an indefinite quantity is not determined by the quantum state of the object, even in conjunction with the quantum state of the measuring apparatus, means that there is *objective chance*. The fact that the quantum state does determine (with due consideration for statistical fluctuations) the frequencies in an ensemble of measurements means that there is *objective nonepistemic probability* (sometimes called 'propensity'). The fact that there exist quantum states of two-body systems which cannot be factorized into products of one-body quantum states means that there is *objective entanglement* of the two bodies, and hence a kind of holism. And the fact that spatially well-separated bodies can be entangled means that there is a peculiar kind of *quantum nonlocality* in nature, which is manifested in correlations of the outcomes of measurements performed upon the separated bodies."[33]

Natürlich ist der Holismusbegriff an eine spezielle Interpretation der Quantenmechanik geknüpft und damit bislang nicht der Physik, sondern der Meta-Physik angehört.[34] Dennoch ist er, meines Erachtens, kein Phantasiegebilde. Wie kann man den holistischen Allzusammenhang verstehen? Bell betont, daß die holistische Idee überhaupt nicht mystisch ist.[35] Dazu

---

[33] Shimony,Abner:"Our Worldview and Microphysics" in Cushing (1989) S.27

[34] Hierzu scheint eine über physikalische Interpretationen hinausgehende weltanschauliche Konsequenz bei dem Stichwort Holismus nahezuliegen.

[35] Bell,J.:Speakable and unspeakable in quantum mechanics. NY 1987 S.139

führte Bell die Metapher von 'Bertlmanns Socken' an.[36]: Dr. Bertlmann zieht immer verschieden farbige Socken an. Wenn er heute eine rote Socke anzieht, kann die andere nicht rot sein, obwohl jemand die andere Socke noch nicht sehen konnte. Angenommen, daß jemand von dieser Gewohnheit Bertlmanns schon wußte, aber sein Sohn das nicht wußte: Der Sohn fragt seinen Vater mit Erstaunen: 'Woher weißt du überhaupt, daß die andere Socke von Bertlman nicht rot ist?'[37] Diese Analogie trifft auf EPR-Situation nicht gerade zu. Man kann aber wissen, daß die philosophische Idee Bells sich auf das Paradigma des Holismus bezieht.

Bohms Theorie ist mit dem Bellschem Theorem vereinbar. Die spätere philosophische Idee Bohms läuft darauf hinaus, daß die scheinbar getrennten Teile des Universums auf einer fundamentalen Ebene eng zusammenhängen können. Bohm beschrieb die Eigenschaften der Ganzheit mit dem folgenden Worten: "Teile werden als in einer engen Zusammenknüpfung stehend gesehen, in dem ihre dynamischen Zusammenhänge auf nicht reduzierbare Art vom Zustand des gesamten Systems abhängen. So wird man auf die Vorstellung von einer unteilbaren Ganzheit geführt, welche die klassische Idee von der Analysierbarkeit der Welt in getrennte und unabhängig existierende Teile ablehnt".[38] Nach der Bohmschen Auffassung ist, einfach gesagt, die untrennbare wechselseitige Quantenverknüpfung des gesamten Universums die holistische Realität. Dazu sagt Primas auch: "In a holistic theory like quantum mechanics an object cannot be interpreted as a subsystem determinate in itself but has to

---

Die wechselwirkenden Quantenobjekte sind nach Bell nicht metaphysisch, sondern physikalisch: "The terminology, *be*-able [der nichtkommutative Operator] as against *observ*-able, is not designed to frighten with metaphysics those dedicated to realphysics".(S.51) Vielmehr sagte er umgekehrt: "The concept of 'observable' lends itself to very precise mathematics when identified with 'self-adjoint operator'. But physically, it is a rather wooly concept".(S.51)

[36] Bell,J.:Speakable and unspeakable in quantum mechanics. NY 1987 S.139,143

[37] Bells Absicht liegt drin, die eine rote Socke dem gemessenen System 1, und die noch nicht gesehenen andere Socke dem System 2 entsprechen zu lassen.

[38] Bohm,D./B.Hiley:"On the Intuitive Understanding of Nonlocality as implied Quantum Theory" Found.Phys.5(1975) S.102

fulfill stringent self-consistency requirements concerning the interactions with its environment. ···Objects are created by abstracting from the EPR correlations with their environment. The ontic state of an object depends on the state of the environment in which it is embedded".[39] Deshalb wird das Universum als Umwelt nicht länger als eine große Maschine angesehen, die aus einer Vielzahl separater Teile besteht, sondern als harmonisches, unteilbares Ganzes, als ein Netz dynamischer Beziehungen, die auf ganz entscheidene Weise den menschlichen Beobachter einbeziehen.

Natürlich gibt es viel Kritik an dieser Bohmschen Realitätssicht hinsichtlich seines philosophischen Holismus:

a) Bopp schrieb: "We say that Bohm's theory cannot be refuted, adding, however, that we don't believe in it".[40]
b) Eine experimentelle Entscheidung zwischen Bohms Theorie und der traditionellen Quantentheorie ist nicht möglich. Deswegen schrieb Heisenberg: "Bohm war imstande, diese Idee so auszuführen, daß die Resultate für jedes Experiment dieselben sind wie in der Kopenhagener Interpretation. Die erste Frage davon ist, daß Bohms Interpretation durch das Experiment nicht widerlegt werden kann".[41]
c) Heisenberg kritisiert Bohm weiter: "Diese objektive Beschreibung [Bohms Theorie] enthüllt sich dabei als eine Art von idealistischem Überbau, der mit der unmittelbaren physikalischen Realität nur noch wenig zu tun hat. Denn die verborgenen Parameter der Bohmschen Deutung sind ja von einer solchen Art, daß sie, sofern die Quantentheorie nicht abgeändert wird, in der Beschreibung der wirklichen Vorgänge nie vorkommen können".[42]

---

[39] Primas,Hans: Chemistry,Quantum Mechanics and Reductionism. Berlin 1983 S.295
[40] Körner,S.:"Observation and Interpretation in the Philosophy of Physics.New York 1962 S.51 Zitat in Jammer(1974) S.296
[41] Heisenberg:"The Development of the Interpretation of the Quantum Theory" In:N.Bohr and the Development. Pauli (ed.) London 1955 S.17
[42] Heisenberg:Physik und Philosophie. Berlin 1959 S.108

Aber wenn man die neuen ganzheitlichen Effekte als realistische Beschreibung philosophisch akzeptiert, könnte die Bohmsche Theorie die Beschränkung der Lokalität im Prinzip lösen. Man muß jedoch bemerken, daß die Ideen von Bohm noch nicht weit entwickelt sind. Sie könnten das Paradoxon zwar im Prinzip lösen, versagen aber derzeit noch in der Praxis. Ferner ist das Problem der Verträglichkeit derartiger nichtlokaler Effekte mit der Relativitätstheorie noch ungelöst. Hierbei gelten die Worte, die Dirac über die Quantentheorie schrieb: "Die Nichtlokalität (Fernwirkung) ist gegen den Geist der Relativitätstheorie, aber sie ist das Beste, was wir derzeit haben... sicherlich ist man nicht mit einer derartigen Theorie zufrieden. So erscheint mir das Problem der Verträglichkeit von Quantentheorie und Relativitätstheorie auch heute noch ungelöst".[43] Die Begründung der Nichtlokalität ist bislang kausal sehr schwach. Primas bemerkt auch, daß "die EPR-Korrelation zwar die Eigenschaft der Natur ist, und es gibt keinen gültigen Grund für die universelle Richtigkeit des Nichtseparabilitätsprinzips".[44]

Wie vorher bemerkt, besteht die Bohmsche Kausalität nicht in der Newtonschen Kausalität oder in dem Laplaceschen Absolut-Determinismus. Man kann dies so begründen: Erstens, kein mechanisches System ist vollkommen isoliert. Zweitens, die Systeme sind voneinander abhängig. Drittens, philosophisch gesehen, setzt Bohm die Existenz des Gottes oder des Super-Seiendes (super-being) nicht voraus.[45] Wenn man eine solche Existenz nicht akzeptiert, was unterstützt denn das Kausalitätsprinzip ontologisch?[46] Diese metaphysische Frage bezieht sich darauf, ob es unbedingt 'first mover' als eine

---

[43] Zitat in Selleri(1983) S.98

[44] Primas,Hans: Chemistry,Quantum Mechanics and Reductionism. Berlin 1983 S.294

[45] Bohm,D.:Causality and chance in modern physics.London 1957 S.20,158-159

[46] Hierzu möchte ich folgendes bemerken. In der chinesischen Philosophie, insbesondere in dem Taoismus, wird eine solche Frage danach von Anfang an nicht gestellt, wer oder was der Schöpfer des Daseins ist. Im Kap.6 wird dieser Inhalt behandelt werden.

Stütze der Kausalität gäbe. Als Antwort darauf könnte man einen organischen Realismus vorschlagen.

4.2 Organische Realität

4.2.1 Die Wiederkehr der Kausalität [47]

Die Rolle des Determinismus im Rahmen physikalischer Theorien wurde mit dem Aufkommen der Quantenphysik immer umstrfttener. In der Theorie verborgener Variablen wird unter Kausalität verstanden, daß zwischen einem früheren und einem späteren Ereignis notwendigerweise eine möglicherweise verborgene Verbindung besteht. Aber nach der Meinung Prigogines ist der durch die verborgenen Ordnung unterstützte Determinismus in der Tat ein Mythos. Lassen wir Prigogine zu Wort kommen: "Den Vorstellungen der klassischen Physik lag die Überzeugung zugrunde, daß die Zukunft durch die Gegenwart determiniert sei, und man daher durch ein sorgfältiges Studium der Gegenwart die Zukunft enthüllen könne. Das war natürlich nie mehr als eine theoretische Möglichkeit. Dennoch war diese unbegrenzte Vorhersagbarkeit in einem gewissen Sinne ein wesentliches Element des wissenschaftlichen Bildes von der physikalischen Welt. Man könnte sie vielleicht als den grundlegenden Mythos der klassischen Wissenschaft bezeichnen. Heute wirkt die Situation zutiefst verändert..."[48] In dieser Hinsicht fragt Bell auch: "Pragmatically minded people can well ask why bother about hidden entities that have no effect on anything?"[49]

---

[47] Hierbei reicht es nach dem Aufsatz Bunges nicht aus, zu sagen, "die Kausalrelation sei eine Beziehung zwischen Ereignissen. Es genügt auch nicht, hinzuzufügen, daß die Kausalrelation nichtreflexiv, asymmetrisch und transitiv ist, allein schon aus diesem Grund, daß es unendlich viele Relationen mit diesen formalen Eigenschaften gibt". (Bunge: Die Wiederkehr der Kausalität. In: Kanitscheider(1984) S.156) Vielmehr sei die Kausalrelation die eindeutige Zusammenhang von Anfangs- und Endzustand.

[48] Ilya Prigogine:Vom Sein zum Werden.München 1985 S.222

[49] Bell:Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics. NY 1987 S.92 f

Die Standardinterpretation der Quantenmechanik lehnte zwar die Unabhängigkeit des Subsystems ab, und sie legte uns eine neue ganzheitliche Weltanschauung dar, aber zugleich verzichtete sie auf die Kausalität der Zustandsverknüpfung. Wie in der Standardinterpretation der EPR-Korrelation gesehen, führt das Festhalten an der Kausalität auf die Schwierigkeit, daß man überhaupt keine gemeinsame Ursache der System-Korrelationen finden kann. Die Argumente gegen die Kausalität in der Quantenmechanik "haben in den letzten Jahren viel von ihrer Kraft verloren. Zum einen wird die Kopenhagener Interpretation der Quantenmechanik nicht mehr ohne Einschränkung akzeptiert: mehr und mehr Physiker werden unzufrieden wegen ihrer subjektivistischen Aspekte. Zum anderen erkennt man allmählich, daß stochastisches Verhalten Verursachung nicht eliminiert, sondern die Kausalrelation modifiziert".[50] D'Espagnat sagt auch: "Solange es nicht gelungen ist, eine solche Kausalverknüpfung zu finden, bleibt der menschliche Geist unzufrieden, und zwar auch dann, wenn er über die Kenntnis empirischer Regeln verfügt, mit denen er künftige Korrelationen vorhersagen kann".[51] Man kann nur durch die Kausalverknüpfung die gegenständlichen Ereignisse verstehen. Also bestehe die Aufgabe des Physikers darin, die Kausalverknüpfung zu finden. D'Espagnat schrieb weiter: "Wenn man sagt, daß man eine Korrelation zwischen zwei Ereignissen versteht, so bedeutet das, daß man in der Lage ist, diese Ereignisse durch eine Kausalverknüpfung zu erklären, in dem Sinne, daß ein Ereignis das andere hervorruft oder daß beide eine gemeinsame Ursache haben."[52] Nach van Fraassens Auffassung existiert die gemeinsame Ursache als verborgene Variable, und sie beeinflüßt beiden Subsystemen. Daß heißt, sie ist nicht lokal. Wenn die Quantentheorie den kausalen Mechanismus verletzt, dann ist die Beschreibung der Quantentheorie immer unvollständig. Aber wenn man die nichtlokalen Wechselwirkungen akzeptiert, kann man die Kausalität auch in der Quantenmechank retten.

---

[50] Kanitscheider (1984) S.145-146

[51] D'Espagnat,B.:"Quantentheorie und Realität" Spektrum der Naturwissenschaft(1980) dt.Ubers. S.70

[52] D'Espagnat,B.:"Quantentheorie und Realität" Spektrum der Naturwissenschaft(1980) dt.Ubers. S.70

Zum anderen erinnern wir wieder das harte Festhalten an dem Determinismus wie zum Beispiel von Einstein. Wie im Kap.1 gezeigt, war Einstein überzeugt, daß eine zukünftige Quantentheorie "vollständig" sein werden soll. Es gibt zwar direkt keinen Zusammenhang von Vollständigkeit und Determinismus, könnte man einen gemeinsame philosophische Nenner dazwischen finden. Natürlich gab Einstein zu, daß der Weg zum Erfolge sehr steil ist. Mit seinem Worten: "Assuming the success of efforts to accomplish a complete physical description, the statistical quantum theory would, within the framework of future physics, take an approximately analogous position to the statistical mechanics within the framework of classical mechanics. I am rather firmly convinced that the development of theoretical physics will be of this type; but the path will be lengthy and difficult".[53] Bezüglich des Determinismus hat Hawking dieselbe Meinung. Nach Hawking wird die theoretische Physik ihren deterministischen Abschluß finden, und es werden nur noch technische Einzelheiten zu klären bleiben. Die Welt kann 'erklärt' sein.[54]

Aber die Einwände gegen die Existenz der verborgenen Variable liegen darin begründet, daß die verborgene Variable lokal zum Subsystem gehören muß. Wie schon gesehen, war Bohms Begriff der verborgenen Variable ein ganz anderer. Bohm hielt die verborgene Variable für "a further set of variables, describing the state of new kinds of entities existing in a deeper subquantum mechanical level and obeying qualitatively new types of individual laws".[55]

Die kausale Verbindung ist zwar zum jetzigen Zeitpunkt nicht vollkommen erklärt, aber man kann doch nicht sagen, daß sie für immer unvollkommen oder metaphysisch sei. Nach Bohm besteht die kausale Verbindung nicht *apriori* als eine Kategorie

---

[53] Einstein:"Reply to Criticisms" S.672
[54] vgl. Davis,Paul:Chaos.London 1988 S.26
[55] Bohm:Hidden variables in the quantum theory. In: Quantum Theory. D.R.Bates(ed.) New York 1962 S.348

wie Kant dachte.[56] Mit den Worten Bohms: "The causal laws in a specific problem cannot be known a priori; They must be found in nature".[57] Somit kann die Beschränkung der Erklärung durch die physikalischen Bemühungen breiter werden. Nach der philosophischen Auffassung Bohms kann unsere Welt in Zukunft kausal erklärt werden. In dieser Hinsicht ist er sehr optimistisch: "We may say that with regard to the totality of natural laws we never have enough views and cross-sections to give us a complete understanding of this totality. But as science progress, and new theories are developed, we obtain more and more views from different sides, views that are more comprehensive, views that are more detailed, etc."[58,59]

Während "Standpunkt C" von Bohr im wesentlichen Kausalität ausschließt, stützt sich Bohm auf die Geltung des uneingeschränkten Kausalprinzips. Bohm glaubt, daß alle Wahrscheinlichkeitsaussagen grundsätzlich auf Kausalität reduzierbar seien. Also sind die Wahrscheinlichkeitsaussagen für Bohm nur etwas Vorläufiges.[60] Der erste Hinweis darauf, daß es überhaupt möglich ist, die Quantentheorie durch Hinzunahme verborgener Variablen zu vervollständigen, wurde, wie im Kap.3 gezeigt, von Bohm gegeben. Nach seiner Meinung existiert die Natur an sich in unendlich komplexer Mannigfaltigkeit und besitzt verborgene Variablen, die, wären sie hinreichend bekannt, die Determination des Geschehens wieder herstellten.[61]

---

[56] Sachta,Peter:Die Theorie der Kausalität in Kants <Kritik der reinen Vernunft> Meisenheim 1975 S.20-26

[57] Bohm,D.:Causality and chance in modern physics.London 1957 S.4

[58] Bohm,D.:Causality and chance in modern physics.London 1957 S.31

[59] Hierbei muß man die Bohmschen Auffassung zusammenfassen (Bohm(1957) S.100):
a)Die Welt als Ganzen existiert objektiv.
b)Man kann die Welt allmählich verstehen.
c)Aber kann man vollkommenes Verständnis nicht erwarten.
d)Trotzdem kann man die verborgenen Elemente der Realitätsstruktur im Prinzip finden

[60] Bohm,D.: "A suggested interpretation of the quantum theory in terms of 'hidden' variables,I" Phys.Rev. 85(1952) S.174-175

[61] Bohm(1952) S.166,169,180
vgl. Hübner,K.:Diskussion der Quantenmechanik" Phil.Nat. 9(1965) S.15

Bohm ist es gelungen, explizit eine Theorie verborgener Variablen zu konstruieren, die es im Prinzip ermöglicht, die Meßwerte der Observablen exakt zu berechnen und einen Kausalzusammenhang zwischen den einzelnen Meßwerten herzustellen.[62] Die Bohmsche Deutung der Quantentheorie beschreibt somit alle Vorgänge als kausal. Nach Bell ist eine Formulierung der Quantentheorie ohne Unbestimmtheitsprinzip möglich. Es könnt ein Modell der Quantentheorie, das so deterministisch ist geben. Bislang konnte man zwar die Möglichkeit nicht verwirklichen, aber man darf darauf nicht verzichten, die kausale Vorgânge zu finden, da es in der Grundlage der naturwissenschaftlichen Beschreibung besteht.

4.2.2 Der organische Ansatz

Der Holismus[63] ist der mechanistischen Weltauffassung entgegensetzt. Die Mechanismen, die das EPR-Ereignis hervorrufen, zu analysieren, ist eine wesentliche Voraussetzung für das detaillierte Verständnis der Vorgänge. Gelegentlich wird Mechanismus als das reduktionistische Programm verstanden. Grundsätzlich bestand der Zweck der Naturwissenschaft in der reduktionistische-mechanistische Kausalerklärung. Das wissenschaftliche Paradigma, demzufolge alle physikalischen Erscheinungen auf das mechanische Verhalten ihrer elementaren Bestandteile zurückgeführt werden, hat sich als sehr erfolgreich erwiesen und zu vielen neuen und wichtigen Entdeckungen geführt. Die reduktionistische Beschreibung des Objektes kann zwar nützlich und in manchen Fällen sogar notwendig sein. Aber falls das Objekt ein organistische System ist, wird die mechanistische Kausalerklärung beschränkt sein.

---

[62] vgl. Mittelstaedt:Philosophische Probleme der modernen Physik Zürich 1989 S.169

[63] Hierbei bezieht sich der Holismus auf ein Verständnis der Realität als bestehend in integrierten Ganzheiten, deren Eigenschaften nicht auf solche kleinerer Einheiten reduziert werden können.

Die Unzufriedenheit mit dem radikalen Reduktionismus nimmt zu, macht sich das holistische Gefühl breit[64], daß das Ganze tatsächlich mehr ist als die Summe seiner Teile. Dennoch handelt es sich offensichtlich bei dem Holismus darum, daß es kaum mechanistische Kausalerklärung gibt. Die Alternative zwischen der strengen reduktionistisch-mechanistischen Beschreibung und der holistischen Ansicht muß nicht ausschließlich sein. Reduktionismus und Holismus sind sich ergänzende Methoden, die uns zu tieferem Verständnis der Natur verhelfen, wenn sie im rechten Gleichgewicht angewendet werden. Woher kann man die ergänzenden Methoden von Reduktionismus und Holismus finden? Wenden wir diese Frage wieder auf die Debatte des Realismus an. Wir haben gesehen, daß weder die Theorie verborgener Variable noch die holistische Sicht uns ein vollkommenes Verständnis des EPR-Ergebnisses geben konnten. Ich möchte also versuchen, den ganzheitlichen Zusammenhang, der zwischen der Bohrschen Kopenhagener Interpretation und dem Einsteinschen Realismus eingeordnet wurde, als neuen Realismus zu definieren. Dieser Versuch geht von der Idee aus, die man den sogenannten 'organistischen Realismus' nennt.[65]

Die Möglichkeit des organistischen Realismus möchte ich in der biologischen Relevanz auffinden. Das Interesse der Physiker an der Biologie hatte in den 30er Jahren begonnen, als Bohr sich Gedanken über die Relevanz der Unschärferelation und des Begriffs der Komplementarität in der biologischen Forschung machte.[66] Und das Buch 'Was ist Leben?' von Schrödinger[67]

---

[64] Bei dem Holismus geht es begrifflich um die Beziehung zwischen dem Teilsystem und dem Ganzensystem. Ganzensystem wird nicht als die Summe ihrer Teile, sondern als selbständige Einheiten deren Qualität wiederum nicht zusammengesetzt ist aus der Qualität ihrer Teile, verstanden.

[65] Organische Realismus ist eigentlich Whiteheads Terminologie. Dieser organistische Ansatz bezieht sich eng auf die zweiten Hälfte meiner Arbeit.

[66] Bohr hat das Komplementaritätsprinzip auf die Biologie angewendet und betont, daß wir sowohl die "physiko-chemischen Seiten der Lebensvorgänge akzeptieren sollten, die von jener Art von Kausalität beherrscht werden, die wir üblicherweise als die einzig wissenschaftliche verstehen, als auch die eigentlich funktionellen Aspekte dieser Prozesse, die von einer teleologischen oder finalistischen Kausalität beherrscht werden". (Rozental,S.(Hg:):Niels Bohr.Amsterdam 1968 S.132)

hatte in den vierziger Jahren großen Einfluß auf das biologische Denken. Die philosophische Struktur des späteren Bohmschen Gedankens ist eng mit dem Organizismus verknüpft.[68] Im Laufe der Zeit (vor allem in den letzten Jahrzehnten) hat sich die Diskussion über naturphilosophische Grundfragen der Biologie stark intensiviert. Diese biologische Relevanz bedeutet eine Synthese von dem kausale Mechanismus und dem organistischen Dynamismus: Kausales Denken ist in der Biologie immer wirksam.[69] "Insgesamt sind kausale Fragen in unserer Epoche intensiv von Biologen und Biophilosophen diskutiert worden, im Gegensatz zu früheren Jahren, in denen die Betonung auf Beschreibung und Taxonomie lag. Die Wiedererweckung von finalen und formalen Ursachen legt jedoch nahe, daß das Differenzierungsniveau kausalen Denkens bezüglich lebender Systeme noch ziemlich dürftig ist."[70]

Von der traditionellen Interpretation des Mechanismus aus werden die Untersuchungen der mechanistischen Kausalität aber erschwert, da die Phänomene der Natur sehr kompliziert sind, und die menschliche Erkenntnisfähigkeit noch epistemisch beschränkt ist, obwohl es letztendlich den deterministischen Mechanismus in der Realität gibt.[71] Hierbei kann die Idee des von Bunge modifizierten Mechanismus uns einen Hinweis geben. Er schlägt den Mechanismus in dem schwachen Sinne vor. Dann muß man fragen, was der Mechanismus in dem schwachen Sinne

---

[67] Schrödinger drückt in seinem Buch 'What is Life?' wie folgt aus: "Ein Organismus verfügt über die erstaunliche Gabe, einen Ordnungsstrom auf sich selbst zu konzentrieren und damit dem Verfall in das atomare Chaos zu entgehen - er kann aus einer passenden Umgebung Ordnung trinken." (S.76)

[68] "The science of biology shows that life is a continual process of inexhaustible complexity in which various kinds of organisms come into being, live, and die. Indeed, every organism is maintained in existence by characteristic metabolic processes taking place within it, as well as by the motions necessary for it to obtain food and other materials from its environment." (Bohm(1957), S.147)

[69] Bunge:Die Wiederkehr der Kausalität. In:Kanitscheider(1984) S.147

[70] Bunge:Die Wiederkehr der Kausalität. In:Kanitscheider(1984) S.148

[71] vgl. Busse(1990) S.108

ist.[72] Bunge schreibt: "Die Welt ist nicht streng kausal, obwohl sie determiniert ist. Nicht alle untereinander verbundenen Ereignisse stehen in kausaler Beziehung und nicht alle Regularitäten sind kausaler Natur. Verursachung ist daher nur eine Variante der Determination. Daher muß der Determinismus nicht eng als kausaler Determinismus aufgefaßt werden. Die Wissenschaft ist in einem schwachen Sinn deterministisch: Sie fordert lediglich Gesetzartigkeit (irgendeiner Art) und die Abwesenheit von Wundern."[73] Obwohl der Mechanismus in dem schwachen Sinne sich kausal nennt, sollte dies nicht so verstanden werden, als impliziere er einen vollkommenen Determinismus. Hierzu möchte ich den Mechanismus in dem schwachen Sinne für das Paradigma des Organismus[74] halten. Mit anderen Wort: der Mechanismus gehört zu einem Sonderfall der Organizismus.[75] Der zuerst ins Auge fallende Unterschied zwischen dem Organizismus und dem Mechanismus ist der, ob das System

---

[72] Z.B., sollte man nach Shimony auf den Mechanismus in dem starken Sinne bei der EPR-Korrelation verzichten: "Zwei voneinander entfernte Systeme, die über keinerlei Mechanismus miteinander kommunizieren, können dennoch miteinander in Beziehung stehen. Sie zeigen in ihrem Verhalten verblüffende Korrelationen."(Shimony:Die Realität der Quantenwelt. Spek.d.Wiss.März(1988) S.78)

[73] Bunge,M.:Die Wiederkehr der Kausalität. In:Kanitscheider (1984) S.144-145

[74] Die organistische Idee kann man zuerst in der Aristotelischen Philosophie finden. Aristoteles entwarf ein Weltbild, das dem intuitiven Gefühl ganzheitlicher Harmonie weitgehend entsprach. Nach ihm verhalten sich lebende Organismen als ein zusammenhängendes Ganzes, weil es von dem gesamten Organismus, noch ehe er sich entwickelt, eine umfassende und vollständige Idee gibt. Entwicklung und Verhalten eines Lebewesens werden somit gelenkt und gesteuert von dem Gesamtplan, der dafür sorgt, daß es seinen ihm vorbestimmten Zweck erfüllt.(Aristoteles:De Anima)

[75] Um den Organismus zu erklären, nach Heidelbergers Auffassung muß man folgende drei grundsätzlichen Punkte annehmen. (Heidelberger: Selbstorganisation im 19 Jahrhundert. In: Krohn/ Küppers (1990) S.73-74

1)Es gibt objektive Regellosigkeit in der Welt.

2)Das Universum und die in ihm vorkommenden Organismen sind einem irreversiblen selbstorganisierenden Prozeß zu einer approximativen Stabilität hin unterworfen, daß heißt einem Prozeß, der ein System nicht durch äußere Kräfte, sondern von innen heraus ordnet.

3)Die höhere Stabilität der Welt wird durch eine höhere Differenzierung ihrer Untersysteme erkauft, d.h. durch ein Ansteigen ihrer Komplexität und ihres Organisationsgrades.

sich offnet oder nicht, und daß die mechanistischen Systeme gebaut werden, während die organistische Systeme wachsen.[76] Dieser fundamentale Unterschied bedeutet, daß ein Organismus als Prozeß begriffen werden muß. Während die Aktivitäten einer Maschine von ihrer Struktur bestimmt werden, ist es im Organizismus gerade umgekehrt: die organische Struktur wird durch dynamische Vorgänge bestimmt.

Die Funktion eines Organismus wird durch ein zyklisches Muster von Informationen gelenkt, das als nichtlineare Rückkoppelungsschleife bekannt ist. Diese nichtlineare Verbundenheit eines dynamischen Systems deutet auf das neue Paradigma der Selbstorganisation[77] hin. Selbstorganisierende Systeme demonstrieren einen gewissen Grad von Autonomie; so neigen sie beispielsweise dazu, ihre Größe unabhängig von Umwelteinflüssen nach inneren Organisationsprinzipien zu gestalten. Das bedeutet nicht, daß lebende Systeme von der Umwelt isoliert sind, im Gegenteil, sie stehen in ständiger Wechselwirkung mit ihr, doch bestimmt diese Wechselwirkung nicht ihre Organisation. Also hat das neue Paradigma der Selbstorganisation mit dem Holismus etwas gemeinsam: die Bemühung um die Beschreibung und das Verständnis des Verhaltens komplexer, dynamischer Systeme.[78] "Selbstorganisation bedeutet eine Überwindung der Alternative zwischen physikalischem Reduktionismus

---

[76] Im besondern kann dieser Unterschied in der fernostasiatischen Philosophie möglich sein, weil es überhaupt keinen Gedanke über die "Erste-Schöpfung" der Welt gibt.

[77] Zuerst muß man den Begriff 'Selbstorganisation' definieren. Roth hat Selbstorganisation im Zusammenhang mit einer Definition der Organisation der Lebewesen wie folgend definiert: "Selbstorganisierende Prozesse sind solche physikalisch-chemischen Prozesse, die innerhalb eines mehr oder weniger breiten Bereichs von Anfangs- und Randbedingungen einen geordneten Zustand oder eine geordnete Zustandsfolge (Grenzzyklus) einnehmen. Das Erreichen des Ordnungszustands wird dabei nicht oder nicht wesentlich von außen aufgezwungen, sondern resultiert aus den spezifischen Eigenschaften der an dem Prozeß beteiligten Komponenten. Der Ordnungszustand wird 'spontan' erreicht". (Roth,Gerhard:Gehirn und Selbstorganisation. In:W.Krohn/ G.Küppers(Hg.) Selbstorganisation Braunschweig 1990 S.169

[78] Krohn, Wolfgang/Günter Küppers(Hg.): Selbstorganisation-Aspekte einer wissenschaftlichen Revolution. Braunschweig 1990 S.1

und biologischem Holismus. Inwieweit dies gerechtfertig erscheint, kann heute freilich noch nicht beurteilt werden."[79,80] Aber die taoistische Naturansicht geht in der Fernostasia davon gerade aus, daß unsere Welt ein selbstorganisierende System ist. In der organischen Philosophie Whiteheads auch zeigt sich ,daß die organische Welt die kausale Phänomene und die holistischen Prozesse zugleich enthält. In dem späteren Kapitel wird dieser Standpunkt im Detail behandelt werden.

Zum Schluß ist es meines Erachtens nötig, deutlich zu machen, daß eine ontologische Ebene als Hintergrund des erkenntnistheoretischen Realismus angenommen werden muß. Ich möchte diese ontologische Ebene die Begründungsontologie nennen. Im besondern muß man die das Paradigma der "Werden-Ontologie" (Realität als Prozeß) verstehen, um die Möglichkeit des organischen Realismus zu erörtern. Dies ontologische Paradigma nannte Götschl die Prozeßontologie.[81] Der Versuch, die allge-

---

[79] Krohn,Wolfgang/Günter Küppers(Hg.):Selbstorganisation - Aspekte einer wissenschaftlichen Revolution. Braunschweig 1990 S.1

[80] Die Selbstorganisationsidee geht nach die Götschls Auffassung dazu über, die Mannigfaltigkeit von Erscheinungen als Resultat von spezifischen Randbedingungen zu verstehen. "Durch die Theorie der Selbstorganisation werden die Voraussagbarkeit und die Kausalität ergänzt bzw. ersetzt durch ein Modell, in dem die Verträglichkeit von Determinismus und Unvorhersehbarkeit von Materieprozessen im Konzept der Bifurkation ausgewiesen wird. Hinzu kommt, daß die Kausalität - verstanden als Modelle für Linearität - nun ergänzt bzw. ersetzt zu werden vermag durch das Konzept der Verkettung von Linearität und Nichtlinearität einer Systemevolution". (Krohn,Wolfgang/ Günter Küppers (Hg.):Selbstorganisation - Aspekte einer wissenschaftlichen Revolution. Braunschweig 1990 S.182)

[81] Er unterscheidet eine Prozeßontologie von der Strukturontologie, die die Ontologie als Massenpunkt in der Newtonschen Mechanik darstellt. Nach seiner Ontologieanalyse in bezug auf die Fragen nach dem Kohärenzgrad von Natur und Mensch sind zumindest drei ontologische Modelle voneinander unterschiedbar geworden:
1)Die Strukturontologie, die dem Newton-Modell von Natur zugrunde liegt.
2)Die Funktionsontologie, die dem relativistischen und dem quantentheoretischen Modell von Natur zugrunde liegt.
3)Die Prozeßontologie, die dem selbstorganisatorischen Modell von Natur zugrunde liegt.

meinere philosophische Bedeutung des Paradigmas der Prozeßontologie zu erfassen, mündet in die Erkenntnis, daß es eine Isomorphie zwischen den zentralen Kategorien der Organismus und A.N.Whitehead gibt, d.h. es erweist sich das Paradigma des Organismus als eine partielle Realisierung der Prozeßphilosophie von Whitehead. Wir werden diesen Zusammenhang mit der Philosophie Whiteheads im Kap.5 betrachten.

(Götschl,Johann:Zur philosophischen Bedeutung des Paradigmas der Selbstorganisation für den Zusammenhang von Naturverständnis und Selbstverständnis.In:W.Krohn/G.Küppers (Hg.) Selbstorganisation Braunschweig 1990 S.191)

5. WHITEHEADS ORGANISCHE PHILOSOPHIE

Whiteheads Philosophie, die in den ersten drei Jahrzehnten dieses Jahrhunderts entstanden, gilt für viele als der bedeutendste Beitrag zur Metaphysik und zur Naturphilosophie in der Gegenwart. Seine gedankliche Entwicklung wird normalerweise in drei Phasen eingeteilt: Die Zeit des Mathematikers in Cambridge (1884-1910), die Zeit des Naturphilosophen in London (1910-1924) und die Zeit des Metaphysikers in New York (1924-1947). Diese Einteilungen haben jedoch den Blick auf die Kontinuität von Whiteheads Denken und damit einen günstigen Zugang zu seiner reifen Theorie verstellt.[1] Seine konsequentes Interesse waren die metaphysischen Implikationen naturwissenschaftlichen Denkens. Whitehead betrachtet die Entwicklung der Naturwissenschaft - vor allem der Physik - als eine Bestätigung seiner Ontologie durch eine Anwendung in der empirischen Wissenschaft. Im wesentlichen bezieht sich Whiteheads Philosophie ebenfalls auf die Naturwissenschaften.[2]

Whitehead konstatiert, daß die Naturwissenschaften selbst zu einer kritischen Reflexion ihrer Grundlagen vorgestoßen sind, die zur Ablösung des neuen Weltbildes führt.[3] Für Whitehead

---

[1] Welker,M.:"Die relativistische Kosmologie Whiteheads" Phil.Runds. 32(1985) S.136-137

[2] Whitehead bezeichnet es als sein Ziel "to trace the philosophical outlook, derived from and presupposed by science".(SMW S.51)
Aber seine spekulative Kosmologie kann nicht das Maß an begrifflicher Schärfe und empirischer Einlösbarkeit bieten wie die moderne Naturwissenschaft. Dennoch ist der Vorwurf, daß seine Metaphysik nicht überprüfbar sei, zu scharf. (A.Shimony:Quantum Physics and the Philosophy of Whitehead. In:M.Black(Hg.): Philosophy in America. NewYork 1965 S.256-257)

[3] SMWd. S.7
Die Schriften Whiteheads werden sich mit den folgenden Abkürzungen zeigen;
AI Adventures of Ideas. NY 1933
CN The Concept of Nature. Cambridge 1920
CNd Der Begriff der Natur. Weinheim 1990

kommt die Physik ohne Metaphysik nicht zu einem angemessenen Verständnis der Realität. Und die Physik besteht nicht lediglich aus der Mathematik. Diese beide Sätze beinhalten die Angelpunkte seiner Philosophie. Seine Ontologie entspringt "weder einer analytischen oder transzendentalen Theorie der Naturwissenschaften noch einer idealistischen Metaphysik".[4] Seine Metaphysik beruht doch nicht auf der substantiellen Ontologie, sondern im wesentlichen auf unserer Erfahrung. Seine Philosophie des Organismus ist der Versuch, die Fülle der menschlichen Erfahrung ungeschmälert in ein philosophisches System einzubringen und sie gleichwohl mit den Ergebnissen der wissenschaftlichen Forschung zu verbinden.[5]

Um seine metaphysischen Gedanken mit den Begriffen der Erfahrung darzustellen, war es für ihn notwendig, eine eigene Spezialsprache einzuführen, die gegen die traditionellen Begriffe stehen. Whiteheads Idee läuft darauf hinaus, daß es keine selbständigen wirklichen Dinge gibt und daß der Realitätsbegriff nicht unter einem materiellen Mechanismus, sondern unter einem organischen Holismus verstanden werden muß. Zugleich lehnt er die subjektive Metaphysik ab.[6] Whiteheads kosmologischer Zugang und sein Objektivitätsanspruch werden im Sinne eines erkenntnistheoretischen Realismus gemeinsam gegen die Subjektivität ins Feld geführt.[7]

MT Modes of Thought. Cambridge 1938
PNK An Enquiry Concerning the Principles of Natural Knowledge. Cambridge 1919
PR Process and Reality.Corrected Edition NY 1969
PRd Prozeß und Realität. Frankfurt/M 1979
R The Principle of Relativity. Cambridge 1922
SMW Science and the Modern World. Cambridge 1927
SMWd Wissenschaft und moderne Welt. Ff/m 1984
UA A Treatise on Universal Algebra. Cambridge 1898

[4] Holzhey,Helmut:Das Postulat eines neuen Naturbegriffs. In: Holzhey,H., Rust,A. und Wiehl,R.(Hg.): Natur,Subjekt, Gott. Frankfurt/M 1990 S.25

[5] vgl. Rapp,Friedrich:Der Kreativitätsbegriff Whiteheads und die moderne Naturwissenschaft. In:Rapp,F./Wiehl,R.(Hg.) : Whiteheads Metaphysik der Kreativität. Freiburg/München 1986) S.99

[6] vgl. SMW S.65: "I do not propose to consider either the subjective idealism which has been derived from him [Berkeley], or the schools of development which trace their descent from Hume und Kant respectively."

[7] SMWd. S.109 vgl. Holzhey/Rust/Wiehl(1990), S.144

Seine organische Philosophie geht von der Existenz einer Ordnung der Natur aus: "Vor allem kann es keine lebendige Wissenschaft ohne eine weitverbreitete instinktive Überzeugung von der Existenz einer Ordnung der Dinge und insbesondere einer Ordnung der Natur geben".[8] Aus diesem Glauben entstand das Kausalitätsprinzip und der auf die Kausalität beruhende Realismus. Aber Whitehead betonte immer, daß seine Begriffe von dem Kausalitätsprinzip und dem Realismus vollkommen von dem klassischen Mechanismus abweichen. Whiteheads Naturphilosophie stellt eine grundsätzliche Absage an jede Substanzmetaphysik dar. Sie artikuliert demgegenüber die Realität des relationalen Seienden, die die Substanzphilosophie ablösen kann.[9] Solche Unterschiede zu untersuchen ist das Hauptziel dieses Kapitels.

5.1 Der Naturbegriff Whiteheads

Whitehead beschrieb die Natur als einen großen, sich ausweitenden Nexus[10] von Ereignissen jenseits der Sinnenwahrnehmungen. In seinem Buch "Concept of Nature" bildet seine Hauptthese die Grundlage seiner holistischen Schau der Natur: "Für die neue Naturphilosophie ist alles, was perzipiert wird, in der Natur. Wir können nicht einfach aufsammeln und auswählen. Für uns sollte die rote Glut des Sonnenuntergangs ebenso Teil der Natur sein, wie es die Moleküle und die elektrischen Wellen sind, durch welche Vertreter der Naturwissenschaft das Phänomen erklären würden. Es ist Aufgabe der Naturphilosophie zu untersuchen, wie diese verschiedenartigen Elemente der Na-

---

[8] SMWd. S.14

[9] vgl. SMWd. S.51-52

[10] Alle Einzeldinge sind in der Whiteheadschen Metaphysik als Ereignissysteme zu rekonstruieren. Whiteheads terminologischer Ausdruck für ein Ereignissystem ist 'Nexus'. Dieser Begriff wird auf alle Ereignissysteme angewandet, unabhängig davon, ob sie Prozesse oder andauernde Dinge (enduring objects) darstellen: "the term Nexus does not presuppose any special type of order" (AI 258) - vgl. Hampe,Michael:Die Wahrnehmungen der Organismen. Göttingen 1990, S.187

tur verbunden sind".[11] Um seine Naturphilosophie zu untersuchen, muß sein Naturbegriff expliziert werden. Zunächst beginnt Whitehead beim Naturbegriff mit der Kritik der Abstraktion.

5.1.1 Kritik der Abstraktion

Für Whitehead ist Mathematik ein Werkzeug des Denkens. Dank ihrer Abstraktheit läßt sie sich universell anwenden.[12] Die aus solcher Mathematik bestehende formale "Natur" gibt uns nur geometrische Gestalten. Diese Natur ist nur "eine öde Angelegenheit, tonlos, geruchlos und farblos; nichts als das Hasten von Stoff, endlos und ohne Sinn".[13] Er schrieb: "Wir können nicht ohne Abstraktionen denken; deshalb ist es von äußerster Wichtigkeit, unsere Abstraktionsweisen sehr sorfältig zu überprüfen." Aber die Natur, die aus dem abstraktiven Denken besteht, ist nicht eine wesentliche Natur.[14] Weiter: "Genau hier findet die Philosophie ihren Platz als wesentlicher Beitrag zum gelungenen gesellschaftlichen Fortschritt. Sie ist Kritik der Abstraktionen".[15] Whiteheads Kritik der Abstraktion ergibt sich nicht aus dem Zweifeln an der modernen Physik, sondern aus dem Gedanken, daß die mathematische Physik und die ihr assoziierten Wissenschaften die einzigen Quellen der Bildung unseres Naturbegriffes sind.[16] Die klassische Naturanschauung teilt die Natur in zwei Elemente ein; den Raum und die ihn einnehmenden Materie. Aber diese Einteilung ist nach Whitehead ein Duplikat der physikalischen Entität. Sein Vorschlag: Occams Rasiermesser: "Entities are not to be multiplied without necessity".[17]

---

[11] CNd S.28 f. 3)
[12] vgl. UA S.VIII
[13] SMWd. S.70
[14] "Beispielweise glaubt man gewöhnlich, daß die Gewißheit der Mathematik ein Grund für die Gewißheit unserer geometrischen Erkenntnis vom Raum des physischen Universum ist. Das ist ein Irrtum, dem die Philosophie in der Vergangenheit oft und in der Gegenwart manchmal zum Opfer fiel." (SMWd S.34)
[15] SMWd. S.75
[16] vgl. Hampe,Michael:»Sekundäre Qualitäten und die Verzweigung der Wirklichkeit. In:Holzhey/Rust/Wiehl(1990) S.44
[17] AI S.218 vgl. Mays,Wolfe:Whitehead's Philosophy of Science and Metaphysics. Hague 1977 S.38

Bei dem Whiteheadschen Naturbegriff handelt es sich um "das Konkrete". Die Kritik der Abstraktionen hat sich zu vollziehen als Kritik des 'Trugschlusses der verstellten Konkretheit' (Fallacy of misplaced concreteness). Es ist ein Denkfehler, die falschen Sachen für konkrete Wirklichkeiten zu halten. Als Beispiel verwendet Whitehead die 'einfache Lokalisierung (simple location)'. Bei der 'einfachen Lokalisierung' wird vorausgesetzt, daß die Natur aus Materie zusammengesetzt sei, wobei ein jedes dieser Materialien einen 'Hier' im Raum oder in der 'verräumlichten' Zeit zuzuordnen sei.[18] Die leere Extensivität ohne bestimmte Eigenschaften sei nach Whitehead eine Abstraktion. Die Tatsache, daß die Geometrie als die grundlegendste Wissenschaft von den ewigen und unwandelbaren Gegenständen angesehen wurde, führte dazu, daß die geometrischen Attribute als die der wirklichsten Realität betrachtet werden. Für Whitehead stellt diese Idee einen 'Trugschluß der verstellten Konkretheit' dar.[19] Die geometrischen Gestalten ohne Eigenschaften gehörten nicht mehr zu unseren Naturbild: "The volumes of space have no independent existence. They are only entities within the totality; you cannot extract them from their environment without destruction of their very essence."[20]

Natürlich gibt die leere Extensivität uns die formalen Struktur des Denkens, in der die isolierten Dinge eine eigene mechanische Rolle spielen können. Die leere Extensivität, ob räumlich oder zeitlich gedacht, ist nach Whitehead eine Abstraktion, ebenso wie die reine Materie, die keine anderen Eigenschaften hat als eine bestimmte geometrische Gestalt und einen Bewegungszustand. Diese mechanische Rolle ist nur in dem abgeschlossenen System (Natur) möglich, in der wirklichen Welt ist dies dagegen unmöglich: "Die Konzeption eines isolierten Systems ist nicht die substantieller Unabhängigkeit vom Rest der Dinge, sondern die der Freiheit von einer zufälligen, kontingenten Abhängigkeit von zersplitterten Einzelheiten inner-

---

[18] SMWd. S.64
[19] SMWd. S.66, Kap.3; vgl. PRd S.39
[20] SMW S.91

halb des übrigen Universums. Zudem ist diese Freiheit von zufälliger Anhängigkeit nur gegenüber bestimmten abstrakten Eigenschaften des isolierten Systems erforderlich, nicht aber gegenüber dem System in seiner vollen Konkretheit".[21] Für Whitehead stellt die Identifikation einen Trugschluß der verstellten Konkretheit' dar, die die abstraktesten Begriffe der Mathematik oder des isolierten Systems zur grundlegendsten Realität erhebt. Die Isolation einer Tatsache und die Konstruktion eines Gegenstandes von substantieller Unabhängigkeit sind das Produkt einer Abstraktion. Darauf weist Whitehead hin: "Die einzelne isolierte Tatsache ist der Ur-Mythos für das endliche Denken, d.h., für das Denken, das unfähig ist, Totalität zu erfassen. Der mythodologische Charakter ergibt sich daraus, daß es eine solche Tatsache gar nicht gibt. Verbundenheit (connectedness) ist das Wesen aller Art von Gegenständen".[22] Whitehead hält unsere Natur für eine "interrelated" Struktur der Ereignisse.[23]

Natur ist für Whitehead das, was wir erfahren, und wir erfahren nicht nur geometrische Gestalten, sondern auch die Lockes sekundären Qualitäten. In dieser Hinsicht faßt Whitehead die Dichotomie der Natur epistemologisch auf, die Verzweigung der Natur (bifurcation of nature) genannt wurde: getrennt sind die 'Natur selbst' (causal nature), von der wir in Gestalt empirischer Gesetzeshypothesen wissen, und 'die im Bewußtsein erfaßte Natur'(apparent nature). Natur als das bloß 'hypothetisch angenommene System' wird dabei zur Ursache der direkt erfahren Natur erklärt.[24] Aber man kann nicht sagen, daß die abstrakte Natur auf die in unserer Erfahrung aufgefaßte Natur reduziert werden soll. Während für das Verständnis der Physik Locke die erfahrbare Natur (die sekundären Qualitä-

---

[21] SMWd. S.61

[22] MT S.12

[23] vgl.Mays,Wolfe:Whitehead's Philosophy of Science and Metaphysics. Hague 1977 S.53.
Also liegt die Aufgabe der Naturphilosophie in dem Versuch, die Relationen zu beleuchten: "Natural Philosophy should never ask, what is in the mind and what is in nature. To do so is a confession that it has failed to express relations between things perceptively known...." (CN 30)

[24] CN S.31 vgl. Mays(1977) S.47-54

ten) auf die geometrische Natur (primären Qualitäten) abstrakt reduzieren wollte, wollte Berkeley das Umgekehrte. Whiteheads Naturanschauung ging zwar von der Erfahrung aus, hat er aber den geometrischen Charakter der Natur nicht abgesehen, weil der geometrische Charakter nötig zum Verständnis der mathematischen Struktur der Natur ist. Darin zeigt sich die Verzweigung der Natur.

Die Verzweigung der Natur zeigt lediglich die zwei Schichten des Charakters der Natur: "Zwischen der Natur, wie wir sie erfahren, der Natur für uns, und der Natur selbst oder an sich besteht keine ontologische Scheidung."[25] Er akzeptiert die Verzweigung der Natur nur hinsichtlich der Epistemologie, nicht der Ontologie. Für Whitehead geht es darum, daß die abstrakte Natur nicht für die konkrete Natur gehalten werden soll. Whiteheads Revision des modernen Naturbegriffes ist nur die Kehrseite seiner Interpretation der Mathematik als einer Abstraktion von den Erfahrungen der konkreten Natur.[26]

5.1.2 Schlüsselwort für das Verständnis der Natur - 'Ereignis'(event)

Um diese konkrete Wesenheit der Natur zu verstehen, muß man erst den Begriff 'Ereignis' behandeln, das ein grundlegendes Wort in der Whiteheadschen Naturphilosophie ist. Seine Ontologie geht von der Fragestellung[27] "What are the ultimate data of science?" aus. Dazu führte er als elementaren Objekttyp seiner Ontologie den Begriff des Ereignisses ein. Der Begriff des Ereignisses läßt sich durch zwei Sätze ausdrücken: 1) Ereignisse sind die grundlegende Realität, nicht Substanzen. 2) Jedes Ereignis besteht aus einer Gruppe von elementären Ereignissen, die in dem Sinn unteilbar sind, daß kein Teil allein selbst wieder ein Ereignis sein kann.[28] Jedes wirkliche Ereignis grenzt seine eigene wirkliche Welt ab, aus der es hervor-

---

[25] Holzhey/Rust/Wiehl(1990), S.23
[26] vgl. Holzhey/Rust/Wiehl(1990), S.45
[27] vgl. PNK S.iv
[28] vgl. Jung,Walter:"Über Whiteheads Atomistik der Ereignisse" Phil.Nat. 7(1961/62) S.408

geht. Die Ereignisse der zwei Einzelwesen können niemals identische Welten haben.[29]: "zwei wirkliche Einzelwesen können niemals aus ein und demselben Universum hervorgehen...; obwohl die Differenz zwischen den beiden Universen nur auf einigen wirklichen Einzelwesen beruht, die zu dem einen, aber nicht zu dem anderen gehören".[30]

Unsere Welt bestehe aus einer Aufeinanderfolge von Ereignissen. Whitehead nennt dieses Ereignisse "relationales Wesen".[31] Unsere Natur besteht nicht aus einer Sammlung von Dingen, sondern aus den zu erfassenden Ereignissen: "If science be right, nobody ever perceived a thing, but only an event".[32] Während es 'recognizing' heißt, die Dinge aufzufassen, heißt 'prehension', die Ereignisse aufzufassen. Bei dem Verständnis seines Naturbegriffes handelt es sich also um die 'Prehension'.[33] Nach der Whiteheads Anweisung des 'Erfassen'(prehension), kann der Begriff des Erfassens erklärt werden wie folgend: "Das Wort 'wahrnehmen'(perceive) ist in unserem Alltagsgebrauch durch und durch mit der Vorstellung einer kognitiven Auffassung (apprehension) angereichert. Und das gilt auch schon für das Wort Auffassung selbst ohne den Zusatz 'kognitiv'. Ich [Whitehead] werde das Wort 'Erfassen' (prehension) für nicht kognitive Auffassung verwenden: Damit meine ich Auffassung, die kognitiv sein kann oder nicht".[34] Das Erfassen geschieht sowohl unbewußt als auch bewußt. Also kann Erkenntnis nach Whitehead auch ohne Bewußtsein erfolgen. Der Begriff 'Prehension' als Prozeß kann erklären, wie sein organisches Naturbild sich aus den Ereignissen ergibt.

Die konkrete Tatsache ist ein Prozeß. Ihre primäre Analyse zielt auf die zugrundeliegende Aktivität des Erfassens sowie auf die realisierten erfassenden Ereignisse. Jedes Ereignis ist ein individueller Sachverhalt, der aus einer Individualisierung der zugrundeliegenden Aktivität hervorgeht. Aber die

---

[29] vgl. PRd. S.389
[30] PRd S.65 und vgl.S.137
[31] SMWd S.187
[32] MT S.179
[33] vgl PRd S.57
[34] SMWd. S.86

Individualisierung bedeutet nicht substantielle Unabhängigkeit von Umwelt.[35] "Der Begriff der 'Substanz' wird in den der 'wirklichen Entitäten' (actual entities; Ereignis) transformiert".[36]

Für Whitehead entstand der Realität aus der Aktion des Prehensions: "Das 'Prehension' reproduziert an sich die allgemeinen Charakteristika eines wirklich Seienden: Es bezieht sich auf eine äußere Welt und bekommt in diesem Sinne einen 'Vektor-Charakter' zugesprochen; es impliziert Gefühl, Zwecksetzung, Wertung und Verursachung. Im Erfassen wird tatsächlich jedes Charakteristikum eines wirklich Seienden reproduziert".[37] Zwei Dinge können zwar selbe Menge, besitzen die beide andere Werte (Eigenschaft). In dem Bezug darauf, daß I) die wirkliche Entität keine fixierte Menge hat, daß es II) dabei um die Richtung der Bewegung geht, und daß also III) die skalare Menge andere Entitäten sein werden kann, behauptet Whitehead, daß die äußere Welt nicht aus Punkten, sondern Linien, die eigene Richtungen enthalten, bestehe. Er hält die linearen Entitäten als Vektor für "the ultimate unanalysable entities which compose the material universe"[38]. Und "geometry is to be regarded as a certain limited set of these properties".[39] Die lineare Entität heißt Vektor-Charakter, der nach der Whiteheadschen Vor-

---

[35] vgl. SMWd. S.88

[36] PRd. S.58 In seinem späteren Buch 'Prozeß und Realität' wurde der Begriff des Ereignisses(event) wirkliche Entität(actual entity) oder 'actual occurence' genannt.

[37] PR S.19 PRd. S.59 Whitehead benutzt zur Illustration seiner These von der Gerichtetheit von Erfahrung den mathematischen Begriff des Vektors. Dabei kommt nicht der exakte mathematische Begriff zur Anwendung. Whitehead bezieht sich ledglich auf die vage Umschreibung, daß ein Vektor in der angewandeten Mathematik im Unterschied zu einem Skalar nicht nur einen bestimmten Betrag, eine bestimmte Größe, sondern auch eine Richtung haben muß, und charakterisiert diese Richtung als den qualitiven Aspekt eiens Vektors. vgl: "..when we observe the causal nexus, devoid of interplay with sense-presentation, the influx of feeling with vague qualitative and 'vector' definition is what we find. The dominance of the scalar physical quantity, inertia, in the Newtonian physics obscured the recognition of the truth that all fundamental physical quantities are vector and not scalar." (PR 437)

[38] vgl. MT S.32

[39] AI S.258 ; Geometrie ist nur ein Werkzeug zum Verständnis der "Ultimate"

stellung 'lines of force' bedeutet.[40] Dieser Vektor-Charakter der Entität besteht in dem grundlegenden Begriff des Prehensions, der sich auf "organic realism" bezieht, bei seiner Metaphysik: "In the language of physical science, the change from materialism to 'organic realism'... is the displace ment of the notion of static stuff by the notion of fluent energy. Such energy has its structure of action and flow, and is inconceivable apart from such structure. These are reflections into the physical science of the individual prehensions, and of the individual actual entities to which these prehensions belong. Mathematical physics translates the saying of Heraclitus, 'All things flow', into its own language. It then becomes, 'All things are vectors'."[41]

5.1.3 Organisches Naturbild

Whitehead sieht den zentralen Umschlagpunkt zwischen klassischem und neuem Naturbild nicht in der Physik, sondern in der Biologie. Vor allem handelt es sich dabei um die organische Idee, die eine bedeutendsten Grundlage seiner Metaphysik ist.[42] Whitehead bezeichnete die eigene Philosophie als Philosophie des Organismus. Das Entscheidende der Whiteheadschen Organismusidee ist die Tatsache, daß wir die Gestalt eines Lebewesens als das Produkt der kausalen Interaktion seiner Teile und seiner Geschichte betrachten. Der Organismus hat seine Gestalt nicht unabhängig von der Interaktion erhalten. Im ständigen Materiealaustausch mit seiner Umwelt wiederholt er in Komplexen aus immer neuem Material dieselbe Organisation, d.h. dieselbe Gestalt.

Nach ihm steht die Philosophie der Organismus im Gegensatz zum Massenpunkt-Mechanismus. "The essence of an organism" sagte er, "is that it is one thing which functions in and is spread through space."[43] Daß eine Funktion selbst eine Natur an sich sei, ist bislang sehr fremd für den Punkt-Mechanismus, der die

---

[40] MT S.32
[41] PR S.437
[42] vgl. SMWd. S.124
[43] PNK S.3

Natur für eine Sammlung der einzelnen Dinge hielt. Aber durch den Begriff der Prehension kann man das in einem neuen Licht sehen. Eine Prehension ist ein Prozeß der Vereinigung. Daß nicht das Erkennen (recognizing) der Dinge, sondern das Prozeß der Prehension die Natur ist, weist darauf hin, daß die Natur also ein ständiges Auf und Ab von Entwicklungen ist. Die Natur ist ein expansiver Entwicklungsprozeß, der notwendigerweise von einer Prehension zur anderen übergeht. So ist die Natur eine Struktur von Evolutionsprozessen. Die Evolutionsprozesse hat zwei Seiten; Anpassung und Schöpfung. Auf der einen Seite liegt eine gegebene Umwelt mit Organismen, die sich an sie anpassen. Natur umgibt und umgreift uns: sie hängt nicht einfach von unserem Zugang zu ihr ab.[44] Die andere Seite ist eine Selbstorganisation, die Schöpfungskraft hat. Organismen können ihre Umgebung selbst gestalten.[45]: "Selbstverwirklichung ist die letzte Ultimaten der Tatsachen. Eine Aktualität ist selbstverwirklichend, und was immer sich selbst verwirklicht, ist eine Aktualität".[46]

Die Evolution des Organismus kann nach Whitehead nicht mehr mechanisch erklärt werden, da sie den Begriff des funktionellen Organismus voraussetzt. Dazu kann man seine Worten über die Erklärung des organischen Mechanismus zitieren: "....bleibt es eine unmittelbare Deduktion, daß ein individuelles Einzelwesen, dessen eigene Lebensgeschichte einen Bestandteil innerhalb der Lebensgeschichte irgendeines größeren, tieferen und vollständigeren Musters bildet, die sein eigenes Sein beherrschen, und Modifikationen dieses größeren Musters zu erfahren, die in ihm selbst als Modifikationen seines eigenen Seins widergespielt werden. Das ist die Theorie des organischen Mechanismus".[47] Nach seinem Verständnis des Paradigmas des Organismus geht es zunächst um die Wechselbeziehungen der Organismen[48]: "Die Relation von Ganzem und Teil hat die spezielle Wechselseitigkeit, die mit dem Begriff des Organismus

---

[44] vgl. Holzhey/Rust/Wiehl(1990) S.23
[45] SMWd. S.135
[46] PR S.340
[47] SMWd. S.129
[48] SMWd. S.129,184

verbunden ist, worin der Teil für das Ganze einsteht; aber diese Relation herrscht überall in der Natur und fängt nicht erst bei dem höheren Organismen an."[49] Dieser Punkt zeigt die Idee des Holismus. Die konkreten dauernden Einzelwesen sind Organismen, so daß der Plan des Ganzen genau die Eigenschaften der verschiedenen untergeordneten Organismen beeinflußt:[50] " each actual entity is itself only describable as an organic prozess. It repeats in microcosm what the universe is in macrocosm."[51]

Nach seinem ontologischen Prinzip ergibt sich kein Reduktionismus. Vielmehr beruht sein organisches Denken im wesentlichen auf der Emergenztheorie: "The ultimate metaphysical principle is the advance from disjunction [ein Paradigma des Reduktionismus] to conjunction [ein Paradigma des Holismus], creating a novel entity other than the entities given in disjunction."[52] Hierbei hat Whitehead das Wort "conjunction" im Sinne, da'die "novel entity"[neue Qualität] von den niedrigeren konstituierenden Komponenten abhängige, aber nicht von diesen vollauf bestimmt wird. Genauer gesagt besteht der Organizismus Whiteheads im schwachen Emergentismus.

"Die Natur ist ein Schauplatz für die Wechselbeziehungen von Aktivitäten. Alle Dinge sind im Wandel, die Aktivitäten und die Wechselbeziehungen".[53] Das ist eine Vorstellung des Organismus. Schon gesagt ist die Sammlung der Dinge kein Organismus. Daß die Natur selbst ein Organismus ist, nach Emmet könnte ein Animismus sein: "The total environment - the world as a whole - is not itself an organism. It is a milieu within which organisms arise."[54] Unsere Natur ist nur ein Nexus von Prozeß und Relation. "Natur ist ein Prozeß."[55] Schließlich treten Prozeß und Relation im Naturbegriff ins Zentrum. Das

---

[49] SMWd. S.174-175
[50] SMWd. S.98
[51] PR S.304f
[52] PR S.21
[53] MT S.191
[54] Emmet,Dorothy:Creativity and the Passage of Nature. In: Rapp,F.und Wiehl, R.(Hg.):Whiteheads Metaphysik der Kreativität. Freiburg/München 1986 S.71
[55] CN S.53

Paradigma, das Whitehead für den Zusammenhang von Relation und Prozeß bereitstellt, nennt er Philosophie des Orgaismus. In dieser Hinsicht betracht er die Welt als ein Organismus, d.h. als einen Prozeß der Expansion von Aktualität: "The notion of organism is combined, with that of prozess... The community of actual things is an organism; but it is not a static organism. It is an incompletion in process of production. Thus the expansion of the universe in respect to actual things is the meaning of organism. In this sense an organism is a nexus."

Der Begriff des Organismus ist zugleich konkreter als die Grundvorstellung der klassischen Ontologie, in der sich Materiestücke so in einer absoluten Zeit-Raum befinden, daß diese Lokalisierung in Raum und Zeit ihre innere Natur nicht berührt.[56] Aber das Versagen des klassischen Mechanismus bedeutet gerade nicht, daß man die Entstehung des Vitalismus erfordert. Whitehead kritisiert auch den Vitalismus, da seine Ontologie auf dem kausalen Relationsbegriff beruht.[57] Seine Ontologie muß zwar im Paradigma des Holismus verstanden werden, verzicht er die Kausalität nicht. Die Whiteheadsche Konzeption der Kausalität betrifft eine "interaction within nature".[58] Die "interaction" ist für Whitehead ein Erfahrungsprozeß. Die Entstehung unserer Erfahrungsinhalte muß ebenso ein Prozeß in der Natur sein. Es ist deshalb an der Grundidee der kausalen Theorien der Erfahrung festzuhalten, Erfahrungsprozesse als kausal in der Natur einzubetten. Whiteheads Theorie der Prehensions und seine holistische Idee sind gerade dem Ziel gewidmet, einen (holistischen, oder nach seiner Vorstellung, auf Prehensionsbegriff gestützten) Kausalbegriff zu entwickeln, der eine kausale Theorie der Erfahrung möglich macht und die Verzweigung der Natur vermeidet. Der traditionelle Kausalitätsbegriff ist zu schwach, um eine kausale Theorie der Erfahrung zu stützen, die die Wechselbeziehung von Erfahrung als einen Prozeß in der Natur verständlich machen soll.

---

[56] PNK S.3 vgl. Holzhey/Rust/Wiehl(1990) S.129
[57] vgl. SMWd. S.124
[58] CN. S.31

Eine Reformierung des Kausalitätsbegriffes, wie Whitehead sie in seiner Theorie der Prehensionsrelation anstrebt, muß zwangsläufig auch zu einer neuen Konzeption der möglichen Relata kausaler Relationen führen. Weiterhin kann man leicht verstehen, wie Whiteheads organische Realitätsbegriff sich auf den Begriff des kausalen Holismus richtet, wenn man seinen Relationsbegriff kennt. Nun müssen wir also untersuchen, wie sein Relationsbegriff durch den Realitätsbegriff erklärt werden kann.

5.2 Realitätsbegriff

5.2.1 Aktuelle Entität und ewiges Objekt

Die Natur bildet in sich selbst eine prozessuale Verkettung. In diesem Zusammenhang mit der Naturanschauung ist der Charakter der existierenden Realität aus Organismen zusammengesetzt, die den Fluß der Dinge überdauern.[59] Nach der Whiteheadschen Auffassung geht ein wissenschaftlicher Realismus daher von dem unerschütterlichen Glauben aus, daß unsere Welt aus Organismen aufgebaut ist, die sich selbst bestimmen:[60] "Mir[Whitehead] geht es darum, daß eine weitere Phase des provisorischen Realismus notwendig ist, um das wissenschaftliche Schema umzuarbeiten und auf den elementaren Grundbegriff des Organismus zu stützen."[61]

Das Whiteheadsche Kriterium der Realität ist die kausale Relevanz. Was nicht Ursache oder Wirkung sein kann, ist nicht wirklich. Weder der leere Raum noch die Zeit können mögliche Relata in kausalen Relationen sein. Die Eigenschaften der Realität sind nicht abstrakt, sondern wirklich, sofern sie in eine 'aktuale Entität' eingetreten sind. Das, was unabhängig von der aktualen Entität ist, ist weder real noch aktual, sondern existiert als Potentialität.[62] Aber ein 'eternale Objekt'

---

[59] SMWd. S.233
[60] vgl. SMWd. S.94
[61] SMWd. S.81
[62] Holzhey/Rust/Wiehl(1990) S.66

ist dagegen in völliger Isolation als reine Potentialität aufzufassen.

Also kann man Entitäten in Whiteheads System, die "stand out with a certain extreme finality"[63], auf zwei Arten teilen; aktuale Entität und das 'ewiges Objekt'. Die beide sind "fundamentale Typen der Entität"[64]. Eternale Objekte existieren nur als 'reine Potentialitäten' für die bestimmte Determination der Realität.[65]: "An eternal objekt ... is a pure potential... realized in a particular actual entity."[66] Aktuale Entitäten hingegen haben die Dignität, damit die Sphäre des eigentlich Seienden etabliert werden kann.[67] Eternale Objekte sind ihrer Natur nach abstrakt. Sie sind zwar ohne Bezug auf ein besonderes Erfahrungsereignis, nach ihrem Kontext können sie zur Aktualität umgestaltet werden. D.h. sie sind dispositional. Daß alle 'ewige Objekte' dispositional sind, d.h. von kausalen Kontexten abhängen, bedeutet bei Whitehead also vor allem, daß es keine Attribute von Substanzen gibt und damit keinen Gegenstand, der nur 'aus sich heraus', in Isolation, begriffen werden kann. Mit der Ablehnung der Unterscheidung von dispositionalen Eigenschaften zugunsten eines Begriffs der 'eternalen Objekt' der diese alle in der grundsätzlich selben Weise von kausalen Kontexten abhängig macht, ist Whiteheads bekannte Ablehnung des Substanz-Attribut-Schemas als Modell für die Art und Weise, wie Dinge Eigenschaften haben, verbunden. Also hat jedes ewige Objekt hat seine eigene Verbindung mit jedem Erfahrungsereignis: "Jedes 'eternal object' hat seine eigene Verbindung mit jedem Ereignis, die ich als seine Weise des Eintretens (mode of ingression) in dieses Ereignis bezeichne".[68] Es gibt in der Whiteheadschen Metaphysik nichts, was an sich, in völliger Isolation ohne das Eintreten, d.h. ohne solche kausale Verbindungen existiert, begriffen werden

---

[63] PR S.22
[64] PR S.25, 158,219
[65] vgl. Mays(1977) S.62 :"the realm of eternal objects ... has been compared to Plato's realm of ideal forms"
[66] PR. S.31
[67] vgl. Kasprzik,B.:"Whiteheads metaphysische Option" Allg.Zs.f.Phil. 13(1988) S.36
[68] SMWd. S.186

könnte: "There is no entity, not even God, "which requires nothing but itself in order to exist".[69]

Die Kausalrelation, die zwischen Ereignissen besteht, muß unterschieden werden von der kausalen Bedingheit des 'ewigen Objekts'. Zwischen 'kausal bedingt' und 'verursacht' muß jetzt differenziert werden. Die dispositionellen Eigenschaften *treten* in Ereignisse aufgrund bestimmter Kausalrelationen zwischen Ereignissen *ein*. Auf die Kausalrelation des Ereignisses stützt sich die Prehensionsrelation. Diese Prehensionsrelation ist keine fixe Idee, keine Universalien; sie bilden eine besondere Ebene von Relationen, nämlich die konkreten Relationen oder, wie Whitehead sich ausdrückt, "concrete facts of relatedness"[70]:."The relationship is not a universal. It is a concrete fact with the same concreteness as the relata. The notion of the immanence of the cause in the effect illustrates this truth."[71] Man kann durch diese konkrete Prehensionsrelation das Bild der Realität sehen.

Nach Whitehead muß die Realität prozeßhaft gedacht werden[72], da eine Realität also der (kreative) Übergang von vorhandener Vielheit zu einer neuen Einheit ist. Die Einheit gewinnt jedoch nicht Substantialität. Die vielen Elemente, die in dem Prozeß geeinigt werden, sind von den Prozessen der Einigung durch die Übergang von Potentialität zu Aktualität charakterisiert. Potentialität hat immer ein Moment der Unbestimmtheit. Diese Unbestimmtheit kann im Prozeß der einigung durch 'prehension' beseitigt werden.[73]

Wie gerade oben gesehen ist 'Prehension' definiert als 'concrete fact of relatedness'[74]. Konkrete Ereignis ist von dem Kontext mit Umgebung abhängig. Die kategorischen Eigen-

---

[69] Whitehead:Principia Mathematica. Cambridge 1913 S.104
[70] PR S.29
[71] AI S.201
[72] MT S.88,96 ;, Whitehead stellt Potentialität und Aktualität als "many" (oder disjunction) und "one" (conjunction) dar: "[wirkliche] entities are disjunctively 'many' in process of passage into conjunction unity". (PR S.32) und s. Fuß.48
[73] Holzhey/Rust/Wiehl(199C) S.130
[74] PR S.52

schaften klassischer philosophischen Systeme, die kontextunabhängig sein sollen und auf die dispositionalen zurückzuführen sind, gibt es nicht. Whitehead bezeichnet die kategorischen Eigenschaften als reine Potentialitäten: "Ein 'eternal objekt' ist eine reine Potentialität... , und realisiert in einer bestimmten 'wirklichen Entität'".[75] Der metaphysische Status eines eternalen Objektes ist demnach der einer Potentialität für eine Realität.[76] Whitehead nannt das metaphysischen Prinzip der Relationalität 'ontologisches Prinzip'.[77] Das Prinzip kommt in der Behauptung zum Ausdruck, daß jedes 'eternal object' schon ein <relationales Wesen> hat. Dieses relationale Wesen bestimmt, wie es dem Gegenstand möglich ist, in wirkliche Ereignisse einzutreten.[78]

5.2.2 Relationalität

Whiteheads Ontologie führt zu einer neuen Konzeption einer universalen Relationalität. "Die Theorie der Relationalität (relationship) zwischen Ereignissen ist basiert darauf, daß die Bezogenheiten(relatednesses) eines Ereignisses alle interne [immanent] Relationen sind, soweit dieses Ereignis betroffen ist, allerdings nicht notwendigerweise auch sofern die anderen Relata betroffen sind."[79] Diese Bezogenheiten liegen nicht in Platonschen Existenz, sondern immer in dem Prozeß der Naturerkenntnis: "natural knowledge is exclusively concerned with *relatedness*. The relatedness which is the subject of natural knowledge cannot be understood without reference to the general characteristics of perception. Our perception of natural events and natural objects is a perception from within nature, and is not an awareness contemplating all nature impartially from without."[80] Die objektive Realität wird konstituiert durch die Relationen zwischen Ereignissen.[81] Ferner enthält sie die immanenten Relationen von einer aktualen Entität.

---

[75] PRd. S.65
[76] SMWd. S.186
[77] PRd S.57
[78] vgl. SMWd. S.187
[79] SMWd. S.148
[80] PNK S.12-13
[81] vgl. Rapp/Wiehl(1986) S.41

In der Hinsicht lautet einer der Whiteheadschen Kernsätze: Eine aktuale Entität ist äußerlich frei und innerlich determiniert.[82] Einfach gesagt, mag sie zwar, äußerlich Unordnung zu sein scheinen, aber sie ist innerlich kausal.

Whiteheads Theorie der Kausalität hat wenig mit der Frage nach der Natur kausaler Erklärung zu tun. Seine Kausal-Konzeption unterscheidet sich also von allen anderen traditionellen Theorien der Kausalität, da seine Theorie der Kausalität nicht von der substantiellen Ontologie der Dinge, sondern von der Relation des Ereignisses ausgeht. Also bezieht die Whiteheadsche Kausalitätsauffassung sich eng auf seinen Relationsbegriff von den Ereignissen. Mit seinen Worten kann man sie verstehen: "Die einzige einsehbare Lehre von der Verursachung ist in der Doktrin der Immanenz fundiert. Jedes Ereignis setzt die Welt als aktiv in seiner eigenen Natur voraus. Dies ist der Grund, weshalb Ereignisse einen ganz bestimmten Status relativ zueinander haben. Es ist auch der Grund, weshalb die qualitativen Energien [Vektor-Eigenschaften] der Vergangenheit in einem Muster von qualitativen Energien in jedem gegenwärtigen Ereignissen verbunden sind".[83] Die eigentliche Konzeption der Kausalität betrifft also nach ihm eine 'Interaktion innerhalb der Natur'.[84]

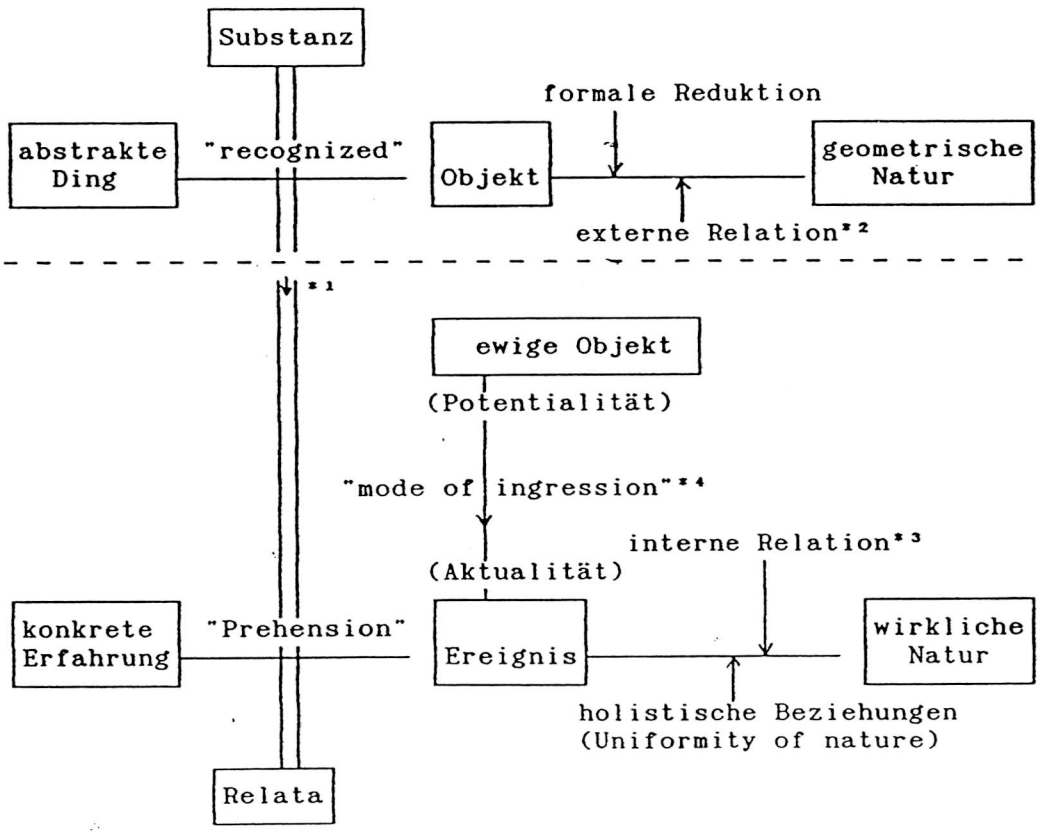
Nun müssen wir nachsehen, wie man die Kausalität unter dem Begriff der internen Relation verstehen kann. Der Kernpunkt der internen Relation liegt in der Theorie der immanenten Kausalität zwischen den Ereignissen, nicht in der phänomenalen Relation der Dingen. Whiteheads Diskussion der Kausalität beruht auf der Beschreibung der unmittelbaren Erfahrungen. Dazu folgen wir wieder seiner Auffassung der Prehension. Eine Reformierung des Kausalitätsbegriffes, wie Whitehead sie in seiner Theorie der Prehensionsrelation anstrebt, muß zwangsläufig auch zu einer neuen Konzeption der möglichen Relata kausaler Relationen führen.[85] Jedes einzelne Ereignis prehendiert nun

---

[82] vgl. Rapp/Wiehl(1986) S.141
[83] MT 226f
[84] CN S.31
[85] vgl. Holzhey/Rust/Wiehl(1990) S.58

alle übrigen Ereignisse der Welt, die es vorfindet und als die seine zu übernehmen hat: "Each actual entity includes the universe, by reason of its determinate attitude towards every element in the universe".[86] Die physische Determination entscheidet sich durch die interne Struktur einer 'actual entity'.[87] Aber wir geben zu, daß man die Bedeutung einer solchen internen Struktur nicht leicht erfassen kann, weil wir gewohnt schon an die externe Struktur der Dinge sind.

Bislang haben wir den Naturbegriff und den Realitätsbegriff von Whitehead durch Prozeß und Relation betrachtet. Ich möchte seine metaphysische Struktur besonderes hinsichtlich seines Naturbildes durch die folgenden Tabelle zusammenfassen;



[86] PR S.71-72 vgl.CN 152
[87] vgl. Holzhey/Rust/Wiehl(1990) S.154

*1: Unsere Welt besteht nicht aus "Substanz", sondern aus "Relata".
*2: Externe Relation bedeutet eine reduzierbare Relation.
*3: Interne Relation bedeutet eine nichtreduzierbare Relation.
*4: Durch unsere Teilnahme wird unsere Welt aktualisiert. Man kann mit Kollaps-Prozeß in der Quantenmechanik vergleichen

< Whiteheads "ontologisches Prinzip" >

5.3 Holismus und der Zusammenhang mit der Quantenmechanik

In Bezug darauf, daß Whitehead und Einstein den klassischen Begriff des absoluten[88] Raum-Zeit abgelehnen, haben sie dasselbe Interesse: "My whole course of thought" sagte Whitehead "presupposes the magnificent stroke of genius by which Einstein und Minkowski assimilated time and space."[89] Aber er akzeptiert Einsteins Naturphilosophie nicht: "The metrical formulae finally arrived at are those of the earlier theory of Einstein, but the meanings ascribed to the algebraic symbols are entirely different...I deduce that our experience requires and exhibits a basis of uniformity, and that in the case of nature this basis exhibits itself as the uniformity of spatio-temporal relations. This conclusion entirely cuts away the causal heterogeneity of these relations which is the essential of Einstein's later theory..."[90] Nach Whiteheads Kritik läge Einsteins spezielle Relativitätstheorie nur in der "a half-way point" auf der Konzept der modernen Physik, da sie die internen Relation ausgeschlossen hat. Whitehead nannte die Theorie der äußerlichen mechanischen Relation zwischen den Dinge, wobei es nur um die externalen Relation geht, eine physikalische Relativitätstheorie, im Gegensatz dazu beinhalte die interne Relation auch eine Theorie der phänomenologischen Relativi-

---

[88] In dem Sinne der Gegensatz von "relativ"
[89] R. S.88
[90] R. S.v-vi

tätstheorie.[91] Whitehead hat gedacht, daß die physikalische Relativitätstheorie nur die externe Relationen ohne die interne Relation enthält. Was bedeutet denn die interne Relation? Für Whitehead bedeutet die interne Relation die Beziehung zwischen den Ereignisse, nicht zwischen den Dinge. Natürlich sind solche Ansichten metaphysisch. Diesen Unterschied hat er nicht physikalisch erklärt, da seine Ansichten im wesentlichen in der metaphysischen Ontologie liegen. Er hat nicht daran gedacht, daß seine Alternative physikalisch angenommen werden sollte.[92]

Whiteheads Philosophie, genau gesagt, seine Metaphysik ist eher von der Quantenmechanik als von Einsteins Relativitätstheorie beeinflußt. Nach Palters Auffassung hat Whitehead die Quantentheorie nur bis etwa 1924 rezipiert, d.h., er hat die uns heute bekannte Quantentheorie, die in der zweiten Hälfte des 20er Jahre entstand, offenbar nicht mehr zur Kenntnis genommen.[93] Obwohl Whitehead die moderne Quantentheorie nicht kannte, lohnt es sich, seine späteren organischen Philosophie im Hinblick auf die Quantenmechanik zu untersuchen.[94]

Zunächst möchte ich das sich auf die früheren Quantentheorie beziehende Wort von Whitehead zitieren: "Die aus der Quantentheorie folgenden Diskontinuitäten müssen durch eine Revision der physikalischen Begriffe ausgeglichen werden. Insbesondere ist gezeigt worden, daß wir eine Theorie der diskontinuierlichen Existenz brauchen. Aus einer solchen Theorie müßte sich ergeben, daß man die Umlaufbahn eines Elektrons als eine Reihe von diskreten Positionen betrachten kann und nicht als eine kontinuierliche Linie".[95] Aus dieser diskontinuierlichen Quanten-Existenz entstand die Idee des 'pulsierenden Organismus': Ereignis ist nur ein "Pulsschlag" des Seienden. Also nannte er

---

[91] vgl. Schilpp,P.A.(Hg.):The Philosophy of A.N.Whitehead. Illinois 1951 S.188-189, 197-198

[92] vgl. PR S.508

[93] vgl. Palter,R.M.:Whiteheads Philosophy of Science. Chicago 1960 S.215

[94] Shimony:"Quantum Physics and the Philosophy of Whitehead" In:Cohen/Wartofsky(Hg):Boston Studies in the Philosophy of Science. NY 1965 S.308

[95] SMWd. S.161

diesen Charakter des Seienden 'pulsierenden Organismus'(vibratory organism). Das Ereignis ist sterblich. Und es wird im gleichen Zuge unsterblich, in dem es sich 'vererbt', das heißt in anderen, nachfolgenden Ereignissen weiterwirkt. Unsere Welt ist in bestimmter organischer Ordnung aus elementären real seinenden Wesenheiten zusammengesetzt.[96]

Der pulsierende Organismus ist die Einheit der aktualen Entitäten, und nach der Whiteheadschen Auffassung des "Prehensions" haben zwei einheitliche aktuale Entitäten, die früher miteinander in Wechselwirkung und jetzt unter anderen physikalischen Bedingungen stehen, miteinander eine unmittelbare Wirkung. Eine Fernwirkung (action at a distance) der aktualen Entitäten entsteht aus dem einheitlichen Prozeß zwischen den aktualen Entitäten. Das ergibt sich aus dem unmittelbaren Prehensionsprozeß: "Let two actual occasions be termed 'contiguous' when the regions constituiting their 'standpoints' are externally connected. Then by reason of the absence of intermediate actual occasions [aktuale Entitäten od. Ereignissen] the objectification [eine Beeinflussung durch Prehension] of of the antecedent occasion in the later occasion is peculiarly complete. There will be a set of antecedent, contiguous occasions objectified in any given occasion; and the abstraction which attends every objectifications will merely be due to the necessary harmonizations of these objectifications. The objectifications of the more distant past will be termed 'mediate'; the contiguous occasions will have 'immediate' objectification.····· Provided that physical science maintains its denial of 'action at a distance', the safer guess is that direct objectification is practically negligible except for contiguous occasions; but that this practical negligibility is a characteristic of the present cosmic epoche, without any metaphysical generality."[97] Er hat versucht, durch die physikalischen Begriff 'action at a distance' das Prehensionsprozeß analogiezuerklären. Man kann sich fra-

---

[96] vgl. Emmet(1986) S.75, SMWd.S.51 Der Charakte dieser Idee erinnert uns an dem Buddhismus. Das wird im Kap.7 behandelt werden.

[97] PR S.468-69

gen, ob es diese Analogie zwischen dem physikalischen Begriff und dem metaphysischen Begriff geben kann. Seine philosophische Ansicht enthält zwar das Problem der Unbeweisbarkeit von dem metaphysikalischen Holismus, gibt uns einen analogischen Hinweis.

Ein aktuale Prozeß enthält schon, um es noch einmal zu sagen, die unmittelbare Beziehung der Ereignissen ohne den Träger, also ist nicht einfach lokalisiert. In der Hinsicht könnte man nach der Whiteheadschen Auffassung die Deutung der Interaktionen der Ereignisse auch in dem Bereich der physikalischen Realität anwenden. Natürlich soll diese Interaktion mit der Grenzgeschwindigkeit des Lichts gemäß der Relativitätstheorie vereinbar sein: "Modern physics has abandoned the doctrine of Simple Location. The physical things.. are each to be conceived as modifications of conditions within space-time, extending throughout space-time's whole range. There is a focal region, which in common speech is where the thing is. But its influence streams away from it with finite velocity throughout the utmost recesses of space and time...For physics, the thing itself is what it does, and what it does is this divergent stream of influence."[98]

Woran der Grund der Beeinflussung liegt? Um darauf zu antworten, nehmen wir nochmal wieder den Prehensionsbegriff. Jede Prehension besteht aus drei Faktoren:[99] 1) dem Subjekt, das die aktuale Entität prehendiert 2) dem prehendierten Datum 3) der subjektiven Form, danach das Subjekt das Datum prehendiert. Hierbei ist die subjektive Form nicht fixiert, sie kann sich nach der Situation des Subjektes und des Objektes in der Zeit-Raum ändern. Die Beeinflussung bedeutet gerade eine Relation, die wechselseitige Interaktion zwischen dem prehendenden (erfassenden) Subjekt und dem prehendierten (erfaßten) Objekt beinhaltet. Könnte man diese Idee auf des Quantenprojekt anwenden, bedeutet das die Störung der Beobachtung bei einem Meßprozeß: "The quantal transition occurs beyond spacetime,

---

[98] AI S.201-202
[99] PR S.35

symmetrically feeling the retarded influence of the 'preparation' and the advanced influence of the 'measurement'. This is 'process' and 'becoming' at the elementary level, ..."[100] Whitehead nach impliziert das Ergebnis der Beeinflußung der 'preparation' die Idee des Kollapses, ist gerade eine Aktualisierung. Die Aktualisierung ergibt sich gemäß der Whiteheadschen Vorstellung aus 'Entscheidung',[101] in der man eine Analogie mit dem Kollaps der Wellenfunktion finden könnte. Die Entscheidung sei eine notwendige Bedingung für das aktuellen Ereignis: "'Entscheidung' kann nicht als oberflächliches Anhängsel eines aktuellen Ereignisse konstruiert werden. Sie bildet den eigentlichen Sinn von Aktualität.[102] Ein aktuelles Ereignis entspringt einer Entscheidung des Subjektes für es, und durch seine Existenz selbst sieht es Entscheidungen für andere aktuelle Ereignisse, die es transzendieren..."[103]

Die Realität ist nach Whitehead in Ereignisse gegliedert, die in kausalen Beziehungen stehen. Aber solche kausale Beziehungen bedeutet kein kausales Nacheinander von Teilereignissen und auch kein temporales Früher und Später; nicht die äußeren mechanistischen Relationen zwischen Ereignissen, sondern die interne Relationen.[104] In diesem Zusammenhang mit dem Kausalitätsparadox, das sich auf das EPR-Ergebnis beziehen könnte, möchte ich nun den Whiteheadschen Ereignisbegriff etwas näher beschreiben. Jede real seiende Wesenheit faßt in sich das ganze Universum zusammen. Seine Vergangenheit ist in ihm enthalten, seine Zukunft ist in ihm angekündigt und vorgebildet. Diese kausale Reihenfolge zeichnet Whitehead als 'contemporary': "An event has contemporaries. This means that

---

[100] Costa de Beuregard(1987) S.282

[101] Nach Emmet kann dieser Transition 'Supersession' genannt werden, die nicht von einer subjektiven 'Selektion' abhängig ist. (Emmet,1986 S.77)

[102] vgl. SMWd. S.87:"Die Dinge, die hier und jetzt in eine realisierte Einheit gezogen werden, sind nicht einfach das Schloß, die Wolke und der Planet an sich; sondern sie sind das Schloß, die Wolke und der Planet vom Standpunkt der erfassenden Vereinigung im Raum und Zeit aus". Eine Entscheidung ergibt sich aus der subjektiven Aktion.

[103] PR S.68

[104] vgl. Holzhey/Rust/Wiehl(1990) S.95

an event mirrors within itself the modes of its contemporaries as a display of immediate achievement. An event has a past. This means that an event mirrors within itself the modes of its predecessors, as memories which are fused into its own content. An event has a future. This means that an event mirrors within itself such aspects as the future throws back on to the present, or, in other words, as the present has determined concerning the future."[105] Wenn Whitehead behauptet, daß die interne Prozeßstruktur seines Ereignisses keine zeitliche ist, meint er dann damit, daß eine Früher-später-Ordnung nicht auf sie angewandet werden kann, oder, daß es in ihr keinen Unterschied zwischen vergangen, gegenwärtig und zukünftig gibt.[106,107]

Gemäß der Whiteheadschen Gleichzeitigkeit sind zwei gleichzeitige Ereignisse zum genauen Zeitpunkt ihrer Gleichzietigkeit ohne wechselseitigen Einfluß aufeinander. Sie hatten gar nicht die Chance, in den äußeren kausalen Interaktionen einzutreten. Ihr wirklicher Einfluß betrifft das unmittelbar folgende Ereignis, und das gilt in Whiteheads System als Kausalität.[108] Zwei Systeme, die schon 'prehendiert' (erfaßt) wurden, befinden sich in den internen Relationen. Also ohne mechanisch gemeinsame Ursache oder ohne Mystik können die beiden Systeme durch die Kausalität der 'Prehension' innerlich interagieren. Die Systeme, die aus den Einzelwesen ohne Prehension bestehe, scheinen zwar in einem Sonderfall als nicht kausal, aber in dem erfaßten Ereignissystem sind die Ereignisse kausal miteinander innerlich verbunden.

Ferner ist gleichsam die ganze gegenwärtige Welt der anderen Ereignisse in ihr mit gegenwärtig, in ihr durch ihre Wirkung vertreten. Diese Tatsache der Wechselwirkung aller Ereignisse

---

[105] SMW S.102-103

[106] vgl. Hampe,Michael:Die Wahrnehmungen der Organismen. Göttingen 1990, S.141

[107] Dieser Whiteheads Begriff 'contemporary' ist eine grundlegende Punkt, die Konflikt mit der Einsteinschen Begriff 'simultaneous' geratet. (vgl. McGilvary,E.B.:Space-Time, Simple Location, and Prehension. S.213-216 in Schilpp(Hg.): The Philosophy of A.N.Whitehead. Illinois 1951)

[108] Wilber S.296

untereinander nennt Whitehead, auf den ersten Blick etwas befremdlich, 'Gefühl'. Die Ereignisse haben ein 'Vektor-Charakter' wie schon erwähnt. Das heißt, sie deuten über sich hinaus, sie dringen in andere Wesenheiten ein. Die einzelne Wesenheit erfüllt alle anderen.[109] Das braucht nicht bewußt zu sein, kann aber bewußt sein. Eine Prehension ist ein Prozeß der Vereinigung. Das Prozeß schließt sowohl die Vereinigung der prehendierten Ereignissen auch eine Vereinigung zwischen Ereignis und Subjekt ein: "We leave to metaphysics the synthesis of the knower to the known"[110]

Erst wenn man die interne Relation des Ereignisses verstehen und akzeptieren kann, erst dann wird die Kausalität der prozessualen Nexus nach seiner Auffassung verständlich sein[111]: "The nexus of actual entities in the universe correlated to a concrescence, is termed 'the actual world' correlated to that concrescence".[112,113] Durch die Vorstellung 'concrescence' geht er an den Holismus heran. Die 'Concrescence' kann wie folgt erklärt werden: I) Sie enthält neue Elemente (the novel entities), die in ihren äußerlichen Teilen überhaupt nicht gefunden wurden; Die 'Concrescence' "presupposes the notions 'creativity',.. The ultimate metaphysical principle is the advance from disjunction [Reduktionismus] to conjunction [Holismus], creating a novel entity other than the entities given in disjunction."[114] Also ist die 'novel entity' "one among others, and including the others which it is among".[115] Also enthält sie sowohl die Selbst auch das Ganzen in selbst. 'Concrescence' ist kein einfaches Sammeln des Komponenten.[116]

---

[109] vgl. PNK S.62 "event is what it is, when it is and where it is. Externality and extension are marks of events". Diesen Satz kann man mit den holistischen Idee vergleichen.

[110] CN S.28

[111] SMWd S.177

[112] PR S.30

[113] Nobo schreibt wie folgt:"Aktuale Ereignis bezieht internal das korrelativen Universum" Nobo zeichnet den holistischen Charakter als "the holographic conception of reality" wie spätere Bohmschen Gedanken. (Nobo 1986 S.326-328) Aber die Begründung dieser Ansicht ist sehr schwach.

[114] PR S.32 Hierbei bedeutet die 'Disjunction' die 'Recognizing' und 'Conjunction' bedeutet 'Prehension'

[115] AI S.231

[116] SMW S.236

II) Wegen dieser 'novel entities' gibt es die physikalische Kausalität nicht mehr. Aber dieses Novum(Kreativität) entsteht sich nicht aus dem Erkenntnissubjekt (recognizing the object), sondern aus dem Prozeß der Verbindungen [Nexus] der Universen.[117]; "the creativity is a reality necessarily involved in the becoming of every actuality".[118] III) Eine Realität ist der kreative Übergang von vorhandener Vielheit zu einer neuen Einheit. Also müsse die Realität prozeßhaft gedacht werden.[119]

Das Prozeß bedeutet ein Netzwerk der ontologischen Relationen zwischen den Dingen oder zwischen den Ereignissen in der Whiteheadschen Philosophie. Das Netzwerk der Relationen ist keine mechanistische Struktur, die auf ihre Komponente reduziert werden kann. Die Whiteheadsche Proßeß-Philosophie bezieht sich auf ein Verständnis der Realität als bestehend im holistischen Netzwerk, dessen Eigenschaften nicht auf solche Einzeldingen oder Einzelereignissen reduziert werden können. Trotzdem haben alle Relationen im holistischen Netzwerk miteinander verbunden. Solche Relationen ist nur durch 'Prehension' zu erfassen. Der Begriff 'Prehension' geht zwar von der erkenntnistheoretischen Ebene aus, aber er setzt einen ontologische Hintergrund voraus. Dieser ontologische Hintergrund Whiteheads ist der Prozeßbegriff. Seine Versuch, die wissenschaftliche Erkenntnistheorie mit der philosophischen Ontologie aus Perspektive des Paradigmas des organischen Holismus zu verbinden, ist viel anerkennenwert. Wir haben gesehen, daß sich aus dem auf dem Prozeßbegriff stützten Paradigma des organischen Holismus der Whiteheadschen Realitätsbegriff ergab. In den übrigen Kapitel möchte ich die Möglichkeit der organischen Weltansicht von dem exotischen Standpunkt der fernostasiatischen Philosophie aus näher behanden.

---

[117] vgl. Nobo,Jorge Luis:Whitehead's Metaphysics. NewYork 1986 S.133

[118] Nobo,Jorge Luis:Whitehead's Metaphysics. NewYork 1986 S.167

[119] s. Fußn.64

6. ONTOLOGISCHE VORSTELLUNGEN VOM TAO - "ALLUMFASSENDEN"

6.1 Fragestellung

Wir können die holistische Naturauffassung auch im chinesischen Denken finden. Wir haben bisher gesehen, daß sowohl in verschiedenen Interpretationen der Quantenmechanik wie auch bei einigen westlichen Philosophien der Holismus thematisiert wurde. Es ist aber keine Übertreibung, davon zu sprechen, daß die chinesische Philosophie generell sich auf einen ganzheitlichen Realismus bezieht. Die chinesische Philosophie stellt sich, einfach gesagt, als ein "holistischer Realismus" dar. Es scheint paradox, einen Holismus und einen Realismus zu verbinden. Aber in der chinesischen Philosophie ergab sich die Versöhnung zwischen beiden Begriffen. Um die Versöhnung zu verstehen, muß man auf die chinesische Mentalität eingehen. Der fernostasiatischen Mentalität lag abstraktes, logisches Denken nicht, und sie entwickelte eine Sprache, die sich von dem westlichen Denken stark unterscheidet. Dieser Unterschied erschwert das Verständnis. Noch schlimmer ist, daß man die chinesischen Begriffe nur sehr schwer ins Deutsche übersetzen kann, weil ihre Bedeutung sich nach dem Kontext ändert.[1] Weiterhin ist die Durchführung der Themen in der alten chinesischen Philosophie nicht systematisch, sondern aphoristisch und anekdotisch. Aber dieser Punkt kann nicht mit dem Charakter der Fragemente in der vorsokratischen Philosophie verglichen werden. Das chinesische Wort ist etwas ganz anderes als ein bloßes Zeichen, mit dessen Hilfe ein Begriff aufgezeichnet wird. Es entspricht nicht einer Vorstellung, deren relative Abstraktion oder Allgemeingültigkeit man so präzis wie möglich

---

[1] Prinzipiell ist die Übersetzung und die Zeichenschrift des philosophischen Vokabulars für Europäer ungewöhnlich. Die Schwierigkeiten bei der Übersetzung chinesischer Philosophen werden aber von dem des Chinesischen Unkundigen meist an der falschen Stelle vermutet.

festzulegen sucht. Er hebt vielmehr einen unumschriebenen Komplex bildhafter Vorstellungen ins Bewußtsein, wobei von diesen die aktivste zuerst in Erscheinung tritt.[2]

Philosophisch gesehen besteht die Schwierigkeit des Verständnisses im wesentlichen darin, daß sich Objektbereich und Subjektbereich in der chinesischen Philosophie nicht voneinander unterscheiden. Dem chinesischen Geiste erscheint die Welt der Natur zusammen mit der des Menschen als ein großes gemeinschaftliches Ganzes. Die Idee der Einheit von Mensch und Natur ist wohl eine grundlegende Voraussetzung der chinesischen Philosophie. Das Ziel der alten chinesischen Denker war eigentlich nicht Welterkenntnis um der Erkenntnis willen, sondern das Erreichen des richtigen Verhaltens der Menschen.[3] Dazu muß man den holistischen Aspekt der Beziehung zwischen Mensch und Natur verstehen. Der Naturbegriff muß also auch zugleich im Zusammenhang mit dem Menschen behandelt werden.

Die chinesischen Denker kümmerten sich nicht um die Abgrenzung von Reichen in der Natur. Jede Gegebenheit stellt in sich ein Ganzes dar. Das Ganze stellt sich als eine ontologische Realität dar, die immanent eine Ordnung der Natur beinhaltet. Bei der chinesischen Philosophie geht es um die Realität, die den von uns beobachteten Dinge und Ereignissen zugrunde liegt und die sie vereinigt. Sie nannten diese Realität das "Tao".[4] Der Begriff 'Tao' hat seit dem Altertum eine große Rolle in der chinesischen Philosophie gespielt. Man müßte den Begriff Tao zuerst verstehen, um sich der chinesischen Naturauffassung zu

---

[2] vgl. Granet,Marcel: Das chinesische Denken. dt.übers. v. Manfred Porkert, Frankfurt/M 1985 S.23

[3] Die chinesische Philosophie zielt von Anfang an nicht auf "Wissen", sondern auf "Weisheit".

[4] Dieses Wort 'Tao' hat viele Bedeutungen. Das chinesische Wort geht von der Bedeutung "Weg" aus, von da aus erweitert sich die Bedeutung zu "Richtung", "Zustand", dann "Vernunft", "Wahrheit". Verbal gebraucht heißt das Wort "reden", ""sagen", in übertragener Bedeutung "leiten". "Weg", "Vernunft", "Wort", "Logos" sind nur einige der vorgeschlagenen Übersetzungen, während ein Teil der Übersetzer einfach das "Tao" unübertragen in die europäischen Sprachen übernimmt. (vgl. Lao-tse:Tao Te King. übers.u. hrsg. v. Richard Wilhelm, Köln 1978 S.24-25)

nähern. Die erste Bedeutung des Wortes Tao ist der Weg. Das Tao bedeutet den Gang der Natur, die Weltordnung und das Weltprinzip. De Groot hat den Begriff des Tao folgendermaßen erklärt: "Tao heißt in diesem Sinne die ganze planmäßige Anlage und Daseinsäußerung des Universums, sein Leben und Wirken, die Gesamtheit aller seiner regelmäßig wiederkehrenden Erscheinungen, kurz die Natur, den Gang von Allem, die natürliche Weltordnung. Im engeren Sinne bedeutet Tao hauptsächlich den regelmäßig wiederkehrenden Umlauf der Jahreszeiten in seinem ewigen Wechsel von Werden und Vergehen, Wachstum und Absterben; es deckt sich demnach mit dem Begriff der schöpferischen und zerstörenden Zeit."[5] Die alten Chinesen hatten beobachtet, daß eine große Ordnung in der Natur existiert. Diese große Ordnung nennen die Chinesen das Tao. Die Chinesen hatten auch geglaubt, daß der Mensch ein Teil der Natur ist. Deswegen kann sich der Mensch nicht von der Natur loslösen, sondern muß ihren Gesetzen folgen. Nicht nur im Taoismus, sondern auch im Konfuzianismus hält man diesen Begriff für wichtig. Zunächst werden wir den Konfuzianismus untersuchen, da er alles spätere chinesische Denken dominiert. Dann gehen wir auf seinen großen Rivalen, den Taoismus, über, durch den wir uns der chinesischen Naturauffassung nähern können.

6.2 "Chi"-Philosophie des Konfuzianismus

6.2.1 Entwicklung des Konfuzianismus

Konfuzianismus ist die Lehre des Konfuzius (551-478 v.Chr.). Der Konfuzianismus beschäftigte sich vor allem mit der Moral und den sozial-politischen Problemen. Der Thema des alten Konfuzianismus war eigentlich der Mensch, seine Stellung in der Natur und vor allem im Staat. Der Konfuzianismus ist Sittenlehre im eigentlichen Sinn des Wortes. Er gab der chinesischen Gesellschaft ein Erziehungssystem und strenge Regeln des Anstands. Sein Hauptziel war die Bildung einer ethischen Basis für das traditionelle chinesische Familiensystem mit seiner

---

[5] De Groot,J.J.M.: Universismus. Berlin 1918 S.5

komplexen Struktur und seinen Ritualen der Ahnenverehrung. Der Konfuzianismus war also eigentlich eine Lehre der Sozialgesinnung.[6] Man kann daher sagen, daß der Konfuzianismus eine praktische Philosophie ist. Konfuzius bemühte sich, nicht, seiner praktischen Philosophie eine metaphysische Grundlage zu geben. Die metaphysische Aspekt entwickelte sich in der späteren Zeit.

Die Yin-Yang-Lehre, die die Vorstellung von einem ewig sich im Wandel befindlichen Universum enthält, ist seit frühester Zeit ein Kernstück der chinesischen Philosophie überhaupt, aber innerhalb des Konfuzianismus wurde sie erst durch die Neokonfuzianer zu einem ontologischen System ausgebaut. Die konfuzianische Ontologie ist ein Werk späterer konfuzianischer Gelehrter. Der alte Konfuzianismus selbst hat sich zu ontologischen Fragen kaum und wenn, dann nur sehr zurückhaltend geäußert. Der Konfuzianismus erkannte in seiner Armut an Metaphysik einen Mangel und war um seine Beseitigung um so eifriger bemüht, je mehr sich ihm die Möglichkeit enthüllte, seine Schwäche gegenüber dem Buddhismus dadurch wettzumachen. Diese Philosophie wurde in der chinesischen Sung-Zeit (960-1279) von vielen hervorragenden Philosophen weiter entwickelt und syste-

---

[6] Während der Han-Dynastie (206 v.-220 n.Chr.) wurde unter der Regierung des Kaisers Wu (140 v.-87 v.) der Konfuzianismus zum Staatskonfuzianismus, zu einem mehr oder weniger standardisierten System mit besonderer Zeremonien, Ritualen, zu einer den Forderungen der Han-Staatsstruktur angepaßten Ideologie. Der Konfuzianismus dieser Zeit war primär eine sozial-ethische Philosophie und zeigte wenig Interesse an metaphysischen Problemen. Die Zeit vom 3. bis zum 7. Jahrhundert - sozialer Wandel und politische Wirren trugen dazu bei - verhalfen dem Buddhismus und Taoismus zu einer Blüte, die den Konfuzianismus überschattete. Beide Gedankenströmungen, den metaphysischen und naturalistischen Aspekt betonend, kamen den Neigungen der Menschen, den Realitäten ihrer Welt zu entfliehen, entgegen. Eine Wiederbelebung des Konfuzianismus setzte im 8. und 9. Jh. ein, wenn neuen Gedanken metaphysischer Prägung - buddhistischen und taoistischen - in exegetischen Kommentarwerken Eingang gefunden hatten. Die Sung-Zeit (960-1279) brachte dann die eigentliche Erneuerung des Konfuzianisnus. Jetzt versucht man durch eine Zusammenschau der verschiedenen philosophischen Lehren ein Weltbild neuer Sicht zu entwerfen. Zur orthodoxen Lehre wurde in dieser Zeit der Konfuzianismus des Philosophen Chu Hsi (1130-1200) erhoben. (Brüll, S.60-68)

matisiert. In dieser Zeit wurde der Konfuzianismus neu interpretiert und rekonstruiert. Diese rekonstruierte Philosophie nennt man Neokonfuzianismus.[7] Der Neokonfuzianismus gab der Lehre des Konfuzianismus die metaphysische Grundlage. Der Grund dafür, daß die Diskussion über ontologische Fragen im Neokonfuzianismus einen verhältnismäßig breiten Raum einnimmt, dürfte wohl in dem Bedürfnis zu sehen sein, der hochentwickelten buddhistischen und philosophischen Ontologie ein adäquates Gebilde entgegenzusetzen.

Der Neokonfuzianismus befaßte sich stark mit der Kosmologie und forschte nach Weltprinzipien, um von dort Grundsätze für die Menschen abzuleiten und somit die Harmonie zwischen Gesamtsystem und Einzelsystem zu verwirklichen. Gemäß ihren kosmologischen Theorien läßt sich die chinesische Naturauffassung näher erhellen.[8]

6.2.2 Die polaren Embleme "Yin und Yang"

Seit dem Altertum hatten die Chinesen versucht, die Natur und all ihr Ereignisses mit Hilfe der zwei Begriffe Yin und Yang zu erklären. Das Bewußtsein, daß alle Gegensätze polar und so-

---

[7] Der Konfuzianismus hat zur Zeit der Sung eine Erneuerung erfahren, daher spricht man vom Neokonfuzianismus. Verschiedene Faktoren haben diese Erneuerung veranlaßt. Vor allem war es der Buddhismus, insbesondere der Meditationsbuddhismus, bekannt unter der Bezeichnung Zen, der die Konfuzianer zwang, sich gegen die seit dem 7. Jh. staatlich vereinheitlichte, dogmatische, philologische Auslegung der Klassiker aufzulehnen. Gegenüber dem Aufschwung des Buddhismus empfand mancher Patriot wegen dessen fremden Ursprungs ein gewisses Unbehagen. Diese Haltung führte zu einer intensiven Beschäftigung mit dem einheimischen Gedankengut. Die Sung-Konfuzianer ignorierten die Erkenntnistheorie der Buddhisten, weil sie an die Existenz der Dinge, die einer festen Ordnung unterworfen sind, glaubten. Es war quasi ein Kampf zwischen Materialismus und Idealismus. Trotz der antibuddhistischen Tendenz waren die Sung-Konfuzianer innerlich stark von dem Meditationsbuddhismus beeinflußt, so daß sie nunmehr ihr Augenmerk auf die Natur der Menschen richteten. Sie wurden vor allem zu spekulativen, metaphysischen Denken angeregt. Gerade die Spekulation und die Metaphysik bilden den Unterschied zwischen dem Konfuzianismus der Han- und Tang-Zeit und dem Neokonfuzianismus der Sung-Zeit.

[8] Liu,Mau-Tsai:Wesenszüge der chinesischen Philosophie. Wilhelmshavener Vorträge 1971 S.8-9

mit eine Einheit sind, gilt als eins der Hauptziele des Menschen in den spirituellen Traditionen des Ostens, und ist eines der Grundprinzipien der östlichen Lebensweise. In der chinesischen Philosophie besteht das Universum aus den zwei polaren Emblemen "Yin und Yang". Das Yang ist aktiv, das Yin ist dagegen passiv und reaktiv.[9] Die von ihnen ausgeübte Wechselwirkung bringt alles in der Welt hervor. Und alle Erscheinungen der Welt entstehen aus dem Zusammenwirken dieser Urkräfte von Yin und Yang.[10] Die Wörter, Yin und Yang, sind also die grundlegenden Begriffe der chinesischen Philosophie. Aber Yin und Yang stellen nicht lediglich Kräfte oder Substanzen dar. Zugleich können sie weder als kosmogonische Prinzipien noch als rein logische Gegebenheiten definiert werden. Sie weisen auf den Gedanken einer konkreten Verteilung und Einteilung hin. Yin und Yang sind die Embleme zweier antagonistischer, miteinander abwechselnder Gruppierungen, für die ihre Lage im Raum-Zeit-Netzwerk charakteristisch ist.[11]

Yin und Yang stellen in jeder Polarität nicht den Gegensatz noch den Widerspruch, sondern das Aufeinanderbezogensein und die gegenseitige Entsprechung dar. Alle Dinge und alle Erscheinungen können also auf die Bewegung des Yin-Yang bezogen werden. Sie sind keineswegs dualistische Prinzipien, sie sind Modus der einen Realität.[12] Sie sind auf keinen Fall antithetisch, sondern polar, man könnte sie also komplementäre Kräfte nennen.[13] Die Vorstellung von Yin und Yang hat sich anläßlich dramatischer Schauspiele entfaltet, bei denen zwei zusammengehörige Verbände, zwei komplementäre Gruppen miteinander stritten und kommunizierten. Die Yin-Yang-Lehre lehrt, alles Geschehen im Kosmos sei bewirkt durch das beständige Wechselspiel zweier Prinzipien: Yin und Yang können sowohl als ein Paar im Wechsel wirksamer Kräfte wie auch als eine zweige-

---

[9] Diese zwei Arten der Begriffe sind aber in Wahrheit nicht voneinander ausgeschlossen, sondern miteinander verbunden.
[10] vgl.Granet(1985) S.88
[11] vgl.Granet(1985) S.237
[12] Lin,Yu-tang:Mein Leben und mein Volk. Stuttgart 1935 S.414
[13] Béky,Gellért:Die Welt des Tao. Freiburg/München 1972 S.101-102

teilte Gruppe gegensätzlicher Gegebenheiten in Erscheinung treten.

Der Versuch, die Verwandlung der Natur durch Yin und Yang zu erklären, rührt von der menschlichen Hoffnung her, daß der Mensch die Ordnungsmäßigkeit und die auf ihr beruhende Realität in der Erscheinung der Natur finden kann. Die Natur bleibt nicht ruhig, sondern wandelt sich stets. Dieser Wandel ist in der chinesischen Philosophie nicht sinnlos, obwohl es kein logisches Wissen davon gibt. Er ist eben nur einem durchgehenden Gesetz unterworfen. Diese Gesetz wird als "Tao" bezeichnet. Sowohl das Tao als oberster Sammelbegriff wie auch das Yin und das Yang als sekundäre Sammelbegriffe stellen wirksame Embleme dar. Sie bedingen die Ordnung in der sichtbaren Welt in gleichen Maße wie im unsichtbaren Bereich. Dann müssen wir das Schlüsselwort der chinesischen Philosophie; "Chi" behandeln, das den konkreten Inhalt von dem Tao angibt.

6.2.3 Die Undifferenziertheit - "Chi"

Untersucht man, was hinter dem Wirken von Yin und Yang und der Bewegung aller Dinge steht, so kann man nichts entdecken, was die Dinge veranlaßt, so zu sein wie sie sind. Alles entsteht aus sich selbst heraus aus der vollkommen Undifferenziertheit (ta hsü); es bringt sich unmittelbar selbst hervor. Es gibt kein Subjekt, das die Dinge schafft. Sie sind vielmehr das Produkt einer geheimnisvollen Entsprechung zu dem ihnen zugrundliegenden Prinzip.[14] In dieser Aussage zeigt sich schon deutlich ein Stück chinesischer Weltsicht. Daß Yin und Yang wirken, das ist das Tao. Yin und Yang sind Chi. Während das Tao metaphysisch ist, ist das Chi das Konkrete.[15] Mit den Kräften Yin und Yang kann man das Chi gleichsetzen. Es ist äußerst schwer, eine Definition für das Wort Chi zu finden: "Yin und Yang sind nur ein Chi. Wenn das Yin von dem Chi ausströmt, dann ist es Yang, und wenn das Yang sich von dem Chi zusammenballt, dann ist es Yin. Es sind in Wirklichkeit nicht zwei

---

[14] Han Kang Po: Kommentar zum I-Ching. 7:372
[15] Cheng shih. I Shu 15:14b

Dinge, welche sich gegenüber stehen. Diese Lehre ist klar."[16] Die Interpretation des Begriffs Chi ist sehr wichtig für das Verständnis des Neokonfuzianismus.[17] Nach dem Neokonfuzianismus bestehen alle Dinge in der Welt aus dem Chi.

Da das Hauptthema von Chang Tsais (1020-1077) Philosophie das Chi ist, nennt man seine Philosophie die Philosophie von Chi.[18] Chang Tsai betonte, daß alle Dinge aus dem Chi bestehen. Er lehnte die absolute Leere ab. Nach Chang Tsai ist die absolute Leere (hsü) in Wahrheit mit dem reinen und dünnen Chi erfüllt. Dies bedeutet, daß es für Chang Tsai keinen absoluten Raum gibt. So bemerkte Chang Tsai: " Die 'große Leere' kann nicht ohne Chi sein, und das Chi muß sich zusammenballen und die Dinge hervorbringen. Die Dinge ihrerseits müssen wieder vergehen und zur 'großen Leere' werden."[19] Obwohl er die absolute Leere abgelehnt hat, nannte er trotzdem die Undifferenziertheit des Chi 'großen Leere'. Er stellt sich das Universum als Reservoir des undifferenzierten Chi, als eine Leere vor. Er schrieb hierzu[20]: "Für Himmel und Erde besteht die Wirkungskraft (te) in der Leere. Die höchste Vollkommenheit (chin shan) besteht in der Leere." Die große Leere - im Sinne einer völligen Undifferenziertheit - ist also ein Grundmerkmal

---

[16] Tschu-tse tch'üan-schu. Kap.49 S.34a; vgl. Forke,Alfred: Geschichte der neueren chinesischen Philosophie. Hamburg 1964 S.184

[17] Die Bedeutung des Chi läßt sich nicht mit einem einzigen europäischen Begriff wiedergeben. In dem europäischen Buch wurde "Chi" manchmal mit der "materia" des Aristoteles verglichen. Chan übersetzt Chi mit "material force" und auch durch "vital force". Es könne sowohl Energie wie Materie bedeuten. (Chan,Wing-tsit: A Source Book in Chinese Philosophy. Princeton 1963, S.784)
M.Porkert gibt eine naturwissenschaftliche Erklärung: er nennt das Chi "energetische Konstellation" (Porkert,Manfred: Untersuchungen einiger philosophisch- wissenschaftlicher Grundbegriffe und Beziehungen in Chinesischen. vgl. Béky 1972, S.101) Und es kann sich dabei um einen festen, gas- oder dampfartigen Stoff, aber auch ebensogut um so subtile Wirkkräfte handeln, wie sie einem heutigen Leser bei der Nennung von Ausdrücken wie elektromagnetische Wellen und Kraftfelder in den Sinn kommen.

[18] Er war wohl hauptsächlich für die Übernahme der akzeptablen Elemente aus dem Taoismus und Buddhismus verantwortlich.

[19] Tschang Heng-tch'ü tchi II, S.3b ; vgl. Alfred Forke 1938, S.58

[20] Chan. Source Book S.500

definiert werden. Bemerkenswert ist, daß die alten Chinesen die Seele von dem Körper nicht streng unterscheiden. Die Unterscheidung zwischen Seele und Körper hat keine große Bedeutung in der chinesischen Auffassung der Welt. Das Chi kann also nicht nur das Wesen der Seele, sondern auch das der Materie sein. Beim Chi gibt es eine Einheit von Seele und Materie. Die Unterscheidung zwischen dem Materialismus und dem Idealismus gilt also nicht für die chinesische Philosophie.

6.3 Taoistische Ganzheit

Während der alte Konfuzianismus vom Thema der Menschen und dem Staat ausging, brachte der Taoismus eine metaphysische Komponente in das philosophische Denken. Der Wert des Taoismus lag in seinem Naturalismus: Sein Fehler bestand in seinem mangelnden Interesse an der menschlichen Gesellschaft. In den Worten Hsün Chings: "Die Taoisten sehen die Natur und vergessen den Menschen."[29] Der Taoismus befaßt sich in erster Linie mit Naturbeobachtung und der Erforschung des Tao.[30] Der philosophische Taoismus stammt von dem Begriff Tao, aus dem eine einheitliche Weltanschauung hervorgeht. Es ist ein uralter Begriff, den die Taoisten zu ihrem höchsten Prinzip machten.

6.3.1 Selbständigkeit des Tao - Lao-tse

---

[29] vgl. Roman,Colin A.:Wissenschaft und Zivilisation in China. Übers.v. Rainer Herbster FFm 1985 S.292

[30] Der philosophische Taoismus, der mit dem Tao Te Ching Lao tzes erste Niederschrift fand, ist die Überhöhung einer weitverbreiteten Weltauffassung, die vor, während und nach der Periode der klassischen Philosophie existiert. In ihm wird sowohl die Verachtung der etabilierten staatlichen Praxis als auch die Wertschätzung des bescheidenen, nur auf sich selbst bezogenen Lebens zum Ausdruck gebracht und schließlich eingebettet in ein kosmisches Geschehen oder in den Weg der Natur. Es ist ein metaphysisches Lehrsystem, aber ohne strenge Darstellungsweise, sondern in Form lose zusammenhängender Sprüche und Geschichten. Die beiden großen Autoren des Taoismus sind Lao-tzu und Chang-tzu.

Als Gründer der taoistischen Richtung gilt Lao-tse (580-500 v.C.). In dem ihm zugeschriebenen Werk Tao Te Ching,[31] "Buch vom Tao und seinem Wirken", finden sich die grundlegenden Lehrsätze des Taoismus. Darin spricht Lao-tse von drei Kostbarkeiten, die er besäße: Barmherzigkeit, Sparsamkeit und Bescheidenheit. Seine Lehre besteht in der Betonung passiver Tugend. Der Geist des Tao Te Ching ließe sich in drei Kernpunkten zusammenfassen. Es sind die Untätigkeit, auf chinesisch wu-wei(keine Handlung gegen die Natur), die Stärke des Schwachen, des Weichen, und die Genügsamkeit.[32] Lao-tsé sagte: "Das Tao ist dauernd ohne Handeln, aber es gibt nichts, was es nicht vollbrächte."[33]

Der Begriff des Tao macht Anfang und Ende des Taoismus aus. Lao-tse hatte mit Hilfe des Begriffes Tao sein eigenes philosophisches System aufgebaut. Bei Lao-tse erscheint das Tao als das einheitliche Prinzip, das nicht in der menschlichen Sprache, sondern über ihr steht. "Es gibt viele Taos, von denen man reden kann, doch das Tao gehört nicht zu solchen Taos".[34] Das Tao wird auch im 32. und im 41. Kap. als namenlos beschrieben.[35] Im 32.Kap. steht das Wort 'Schang' (dauerhaft) Das Bild des Tao ist weder stationär noch dauerhaft, sondern

---

[31] Das Werk "Tao Te Ching" von Lao-tse ist als Fragment erhalten. Das Tao Te Ching ist ein schmaler Band von insgesamt 81 kurzen, teilweise gereimten Sinnsprüchen. Die Einteilung in 81 Kapitel wurde allerdings erst in späterer Zeit vorgenommen, auch scheint die überlieferte Anordnung der Sprüche nicht ganz die Ursprüngliche zu sein. Der Titel der Schrift Tao Te Ching bedeutet "Klassiker des Weges und der Tugend". Davon hat das Wort "Tugend" aber kaum gesellschaftliche Bedeutung, sondern meint eine Tugend der Natur. Die 81 Kapitel des Buches enthalten abstrakte Ausführungen über die Welt und das Tao.

[32] Liu,Mau-Tsai:Wesenszüge der chinesischen Philosophie. Wilhelmshavener Vorträge 1971 S.12-13

[33] Tao Te Ching. Kap.32

[34] Tao Te Ching. Kap.30

[35] Das Tao ist namenlos. Durch seine Tätigkeit (in der phänomenalen Welt) hat es erst einen Namen. Es würde gut in das Gefüge des bisher Gesagten passen. Bezieht sich aber der Satz auf die phänomenale Welt: "Namen gehören ausschließlich der wahrnehmbaren Welt an", würde die ewige, prinzipielle Namenlosigkeit des Tao auch in diesem Fall unangetastet bestehen. (vgl. Béky,Gellért: Die Welt des Tao. Freiburg/ München 1972 S.81)

umfangreich. In dieser Hinsicht sagte Lao-tse, daß das Licht wie Nacht erscheint, der große Klang schwach erschallt, "ein großes Bildnis ohne Gestalt. Tao ist verborgen, namenlos".[36] Das Tao bedeutet einen organistischen Prozeß der Welt und eine holistischen Ganzheit.[37] Alles im Kosmos ist wie der Kosmos. Man kann natürlich diese holistischen Ganzheit (namenloses Ganzes) nicht definieren. Dieser Gedankengang will keine wissenschaftliche Erklärung sein, nicht einmal eine strenge Etymologie im wahren Sinne des Wortes.

Ohama klassifizierte eine Gradation des Tao als Urgrund bei Lao-Tse. Es gäbe nach ihm Stufen, Grade im 'Urgrundsein'. Das Namenlose wäre demgemäß die erste; das Namen-Habende die zweite Stufe. In der ersten Stufe ist das Tao der Ursprung, der Urgrund des Himmels und der Erde; auf der zweiten Stufe aber die Mutter aller Einzelwesen. Nach dieser Hypothese würden Himmel und Erde den ersten Grad der undifferenzierten Welt, die Gesamtheit der Einzelwesen dagegen den zweiten Grad der schon differenzierten Welt bedeuten.[38] In der Tat machen die Chinesen häufig den Unterschied zwischen 'Himmel und Erde' und den 'Einzelwesen'. Das erste ist mehr allgemein, undifferenziert, das zweite mehr konkret gemeint.[39] Aus dem Tao sind alle Phänomene herzuleiten. Lao-Tse schrieb: "Es gibt ein Ding, das ist unterschiedslos vollendet. Bevor der Himmel und die Erde waren, ist es schon da, so still, so einsam. Allein steht es und ändert sich nicht. Im Kreis läuft es und gefährdet sich nicht. Man kann es nennen die Mutter der Welt. Ich weiß nicht seinen Namen. Ich bezeichne es als das Tao."[40] Es gibt ein Wort, welches sozusagen das einzige Synonym für das Tao in Tao Te Ching ist: "Einheit".

---

[36] Tao Te Ching. Kap.41
[37] vgl. Hackmann,Heinrich: Chinesische Philosophie. München 1927 S.25
[38] Ohama,Akira:Roshi no tetsugaku. Tokyo 1966 S.14-16
[39] vgl. Béky,Gellért:Die Welt des Tao. Freiburg/München 1972 S.71-72
[40] Lao-tse:Tao Te King. übers.u. hrsg. v. Richard Wilhelm, Köln 1978 S.25

Das Tao ist bei Lao-Tse ein selbständiges und urewiges Weltprinzip außerhalb der Natur. Es ist die in der ganzen Welt sich offenbarende vernünftige Ordnung der Dinge. Das transzendente Tao objektiviert sich in der Welt, und somit ist die Erscheinungswelt selbst Tao. Das absolute Tao entwickelt sich durch das Chaos hindurch zur Welt der Dinge. Seine Bewegung wird Anlaß der Schöpfung des Tao.[41] Das Tao ist also nicht nur das formale Prinzip des Universums, sondern zugleich auch der Urstoff der Welt. Lao-tse war sich wahrscheinlich nicht bewußt, führt Suzuki fort, daß er offensichtlich zwei verschiedene Begriffe des Tao unterschoben hat.[42] Das Tao als Einheit ist also das Erste und zugleich das Letzte. Alle Dinge werden durch diese Einheit hervorgebracht, und alles gelangt nur durch diese Einheit zur Vollkommenheit.[43]

6.3.2 "Einheit aller Dinge" - Chuang-tse

Als der bedeutendste und selbständigste Denker der taoistischen Schule wird Chuang-tse genannt, der im 4.Jh. v.Chr. lebte. Er führte zwar Lao-tses Ideen weiter, betonte aber besonders stark die "Einheit aller Dinge".[44] Zuerst sehen wir den Inhalt der "Einheit aller Dinge". Nach seiner Hauptphilosphie "Einheit aller Dinge" sind alle Einzeldinge, wie wir sahen, eine Erscheinung, jedoch nicht Realität. Die Realität der Welt ist eine Einheit, die uns allerdings als Scheindasein von räumlich-zeitlichen Relativitäten zu Bewußtsein kommt. In der hinter den Illusionen unserer Auffassungen liegenden Realität sind all die Gegensätze der Welterscheinung aufgehoben, einheitlich gelöst. Zu dieser Einheit nun müssen wir hinstreben, ihr müssen wir bei uns selbst Geltung verschaffen.

Nach seiner Theorie der "Einheit aller Dinge" ist alles relativ und nicht wirklich. Nichts ist absolut, alles nur Schein.

---

[41] Yun,J:Introduction to Taoism. Seoul, S.130
[42] Suzuki,Daisetsu: A brief History on Early Chinese Philosophy. London 1914 S.27f
[43] Tao Te Ching Kap.39
[44] Seine Hauptphilosophie wird auf Koreanisch "Saemulon" genannt, die als "Einheit aller Dinge" oder "Uniformität aller Dinge" übersetzt werden kann.

Er sagte: "Der Himmel und die Erde sind zugleich mit mir eins." "Zu einem Schönen läßt sich immer noch ein Schöneres, und zu einem Häßlichen ein Häßlicheres finden, folglich ist das Schöne zugleich häßlich, und das Häßliche zugleich schön." Da nach Chuang-tse alles in der Einheit des Urprinzips Tao aufgeht und vom Tao aus gesehen alles gleich ist, schwebte ihm ein Idealmensch vor, der sich mit dem Tao vollständig vereinigt und frei von jeglicher Bindung auf den Wolken wandelt.[45] Die Differenzierung der Natur läßt sich durch die "Augen der Einheit"[46] in eine ganzheitlichen Natur verschmelzen: "Des Himmels Kreislauf, der Erde Beharren, die Art, wie Sonne [Yin] und Mond [Yang] einander in ihren Bahnen folgen: Wer ist's, der sie beherrscht? Wer ist's, der sie zusammenbindet? Wer ist es, der weilt ohne Mühe und alles das in Gang erhält? Manche denken, es sei eine Triebkraft die Ursache, daß sie nicht anders können."[47] Dies ist ein Zugang, der die Einheit und Spontaneität des Wirkens der Natur betont. Der Prozeß der Natur ist das Tao selbst. Leider kann man den Prozeß hinsichtlich der mechanischen Kausalität nicht begreifen: nicht wegen des mystischen Charakters des Tao, sondern wegen des selbstorganisierenden Charakters des Tao.

Durch die sprachlichen Symbole oder durch die kausale Sprache läßt das Tao sich nicht vorstellen. Chuang-tzu drückte die Unvorstellbarkeit des Tao wie folgt aus: "Das Tao kann man nicht hören; was man hört, ist nicht das Tao. Das Tao kann man nicht sehen; was man sieht, ist nicht das Tao. Das Tao läßt sich nicht ausdrücken; was man ausdrückt, ist nicht das Tao. Kennt man denn die Form, welche das Formlose formt? Das Tao ist nicht benennbar."[48] Das Tao ist eine Bewegung der Naturphänomene selbst. Somit könnte jedes Ding oder jedes Ereignis auf einem Punkt unterwegs nicht bleiben: "In ihrer Geschiedenheit haben sie ihr Bestehen; durch ihr Bestehen kommen sie zum Vergehen. Alle Dinge, die jenseits sind vom Bestehen und Verge-

---

[45] Liu,Mau-Tsai:Wesenszüge der chinesischen Philosophie. Wilhelmshavener Vorträge 1971 S.14
[46] Die Vorstellung von Chuang tse
[47] Roman(1984) S.116
[48] Chuang-tse. 6:7 - "Saemulon".

hen, kehren zurück zur Aufhebung in der Einheit. Er entfaltet keine Tätigkeit vom Standpunkt seines Ichs aus, sondern beruhigt sich beim allgemein Anerkannten. Das allgemein Anerkannte, diese Tätigkeit ermöglicht Fortschritt ohne Haften, dieser Fortschritt führt zur Erlangung des Lebens; wer das Leben erlangt hat, der ist am Ziel. Zu Ende ist für ihn die subjektive Bedingtheit. Er ist zu Ende und weiß nichts mehr vom So-Seins; das ist der Tao."[49]

6.4 Bedeutung der Chi-Philosophie

Wir haben gesehen, daß der Begriff Chi in der neokonfuzianischen Philosophie die Hauptrolle spielt. Hier wurde der Begriff auf verschiedene Art und Weise interpretiert und weiterentwickelt. Dabei handelt es sich darum, mit diesen metaphysischen Begriffen die Natur und den Menschen einheitlich zu erklären. Das chinesische Denken betont die grundsätzliche Einheit des Universum. Die Hauptziele sind, der Einheit und gegenseitigen Beziehung aller Dinge gewahr zu werden, den Begriff des isolierten Einzelsystems zu überwinden und sich mit der letzten Realität zu identifizieren.[50]

Die Ganzheit der Welt ist so organisch, daß die Einzelsysteme miteinander innerlich verbunden sind. Dieser Gedanke entwickelt sich zur organischen Idee in der chinesischen Philosophie schon seit dem Altertum.[51] In der neokonfuzianischen Philosophie wird dieser Gedanke weiter systematisiert. Der Schlüsselbegriff im chinesischen Denken ist also Organismus.[52] Die Chinesen faßten die Welt als etwas Lebendiges auf: "Großes Tao des Universums ist ein Leben (Produktion)."[53] Ein hervorragender Neokonfuzianer der Sung-Zeit Schao Yung (1011-1077) hat vor allem die Einheit von Mensch und Natur betont. Schao

---

[49] Chuang-tse. 5:2 ; übers.v.Roman(1984) S.134
[50] vgl. Capra:Tao S.21
[51] Ping,Woran.Koreanisch S.183
[52] vgl. Needham,Joseph:Wissenschaft und Zivilisation in China. Bd.I Übers. v. Rainer Herbster, Ff/m 1984 S.214
[53] Yichoung You seu Bd.2 ob.

yung schrieb: "Sonne, Mond, Sterne und Äther sollen die Organe des Himmels sein ebenso wie Ohren, Augen, Mund und Nase die des Menschen. Wasser, Feuer, Erde, Gestein sind wie Blut, Atem, Fleisch und Knochen."[54] Nach seiner Auffassung sind Sonne, Mond, Sterne und Äther die Organe des Himmels. Dementsprechend hat er der Mensch Ohren, Augen, Mund und Nase. Der Kosmos ist ein großer Mensch. Der Mensch ist ein kleiner Kosmos. Der Mensch, Himmel und Erde stimmen somit miteinander überein.[55] Nach Schao Yung sind die Dinge und das Ich ursprünglich eins; Subjekt und Objekt sind ursprünglich ungetrennt. Subjekt und Objekt gehören zusammen, sie sind letzten Endes dasselbe. Sie bilden eine Ganzheit. In dieser Hinsicht kann man die organischen Gedanken in der Yin-Yang-Lehre finden. Nach der alten chinesischen Philosophie gibt es im Universum nur diese zwei grundlegenden Embleme, von denen einmal die eine, dann die andere wie in einer Welle abwechselnd vorherrscht.[56] Diese Ganzheit stellt einen riesigen Organismus dar, in dem bald die eine, bald die andere Komponente die Führung übernimmt, wobei alle Teile einander gegenseitig dienen und dabei zugleich ihre vollkommene Freiheit behalten.

Einzelsysteme in dem Gesamtsystem sind voneinander abhängig. "Die existierenden Dinge waren ungetrennt durcheinander."[57] Sie sind Systeme von in Wechselwirkung stehenden Komponenten, welche wechselseitige Abhängigkeit aufweisen. Zugleich hängen die Einzelsysteme von dem Gesamtsystem des Weltorganismus ab: "Das Tao bewirkt alle Dinge".[58] Mit anderen Worten: Das Tao ist die Einheit, die hinter der Vielfalt steht. In der chinesischen Philosophie wird die Ordnung der Naturprozesse nicht auf die Herrschaft von Gesetzen reduziert, sondern versteht sie als Anpassung an das Leben der Gemeinschaft: "Nicht nur bei menschlichen Beziehungen, sondern in der gesamten Welt der Natur gab es ein Geben und Nehmen, eher eine Art wechselseiti-

---

[54] Hsing-li ta-tch'üan IX, S.5b, vgl. Alfred Forke:Geschichte der neueren chinesischen Philosophie. Hamburg 1964 S.34

[55] Die chinesische Philosophie enthält allgemein solchen naturalistischen Aspekte.

[56] Roman(1984) S.210

[57] Tao Te Ching. Kap.25

[58] Tao Te Ching. kap.21

ger Höflichkeit denn ein Kampf zwischen unbeseelten Kräften und Prozessen."[59]

In einem organischen Gesamtsystem stellt sich die Kausalität nicht als eine Kette von Ereignissen dar, sondern entspricht eher dem, was die moderne Biologie als das 'endokrine Orchester' der Säugetiere bezeichnen, bei dem man, auch wenn alle endokrinen Drüsen arbeiten, nicht einfach feststellen kann, welcher Teil zu einer bestimmten Zeit die Führung übernommen hat.[60] Das chinesische Denken lehnt somit mechanische Erklärungen ab und sucht sich nicht in einem Bereich zu bewähren, wo Bewegung und Menge eine Rolle spielen. Es beschränkt sich beharrlich auf eine Welt von Emblemen, die es nicht als etwas vom wirklichen Kosmos Verschiedenes gedeutet haben will.[61]

Das Tao ist eigentlich keine *prima causa*: Im chinesischen Denken braucht man nicht das Erste (die erste Ursache) dieser Chi-Bewegung zu suchen. Es ist lediglich ein wirksames Ganzes. Es ist nicht schöpferisch. In der Welt wird nichts erschaffen, und die Welt ist nicht erschaffen worden. Das Tao ist nur die Sublimation der Ordnung. Um die Welt zu erklären, bedarf es keineswegs der Unterscheidung von Kräften, Substanzen und Ursachen und braucht man sich keineswegs mit den an die Begriffe Stoff, Bewegung und Leistung geknüpften Problemstellungen zu belasten. Es genügt, die gegenseitige Abhängigkeit der emblematischen Gegebenheiten und ihrer sichtbaren Verwirklichungen wahrzunehmen. Sie geben den Anstoß zu einer Erkenntnis der Zusammengehörigkeiten und Verantwortlichkeiten. Sie entheben ebenso von der Annahme einer ersten Ursache wie auch von der Suche nach Ursachen.[62] Es gibt also keine Gottheit im christlichen Sinne in der Philosophie des Neokonfuzianismus oder im Taoismus. Die Chinesen hatten nie daran gedacht, daß jemand die Welt aus dem Nichts geschaffen hat. Die Welt war nach Ansicht der Chinesen von Anfang an dagewesen. Niemand schuf die Welt aus dem Nichts. Und ein übernatürliches Wesen

---

[59] Tao Te Ching. Kap.25
[60] Roman(1984) S.218f
[61] vgl. Granet(1985) S.253
[62] vgl. Granet(1985) S.252

des Universums. Letztlich ist daher für Chang Tsai der Begriff "Vollkommene Leere" (sin-gong; eine Undifferenziertheit, woaus die Differenziertheit der Dinge - die Identifität der Einzeldinge - entsteht) gleichbedeutend mit der wirkliche Realität des Universums. "Vollkommene Leere"[21] bezeichnet andererseits aber auch die Fülle des Chi. Im Universum steigt das Chi, das die "Vollkommene Leere" ausmacht, auf und ab, es bewegt sich, es verharrt in Ruhe, es krümmt sich, es streckt sich, es schwirrt nach oben und hält keinen Augenblick inne. Das ist es, was als 'Vereinigung' von Himmel und Erde bezeichnet wird. Tao bedeutet also, daß durch die Eigendynamik des Chi die Dinge entstehen. Vollkommene Leere bezeichnt den Kosmos, Tao die Bewegungen des Chi.[22]

Nach den Gedanken Chang Tsais entwickelte sich die Philosophie des großen neokonfuzianischen Philosophes Chu Hsi (1130-1200)[23]. Durch systematisches Durchdenken der von Chang Tsai gelieferten Ansätze kam Chu Hsi zu der Version, die das chinesische spekulative Denken über Chi zu einem Abschluß brachte.[24] Nach Chu Hsi bestehen alle Dinge in der Welt aus dem Li und dem Chi. Das Chi ist ein Stoff, dessen Wesen die Kraft ist. Das Li ist hingegen Prinzip, Gesetz oder Form. Jedes Ding besitzt dieses Prinzip, welches das ganzheitliche Prinzip repräsentiert. Im Universum gibt es nur ein einziges ganzheitliches Prinzip. Dagegen existieren zahllose mikroskopische Prinzipien von den Einzelsystemen. Alle Dinge

---

[21] Chuang Tse: "Chun-Si (Himmel und Erde)"

[22] vgl. Chuang Tse. 1:1

[23] Chu Hsi gab dem Konfuzianismus durch eine Neuinterpretation eine synthetische Zusammenschau. Er war der bedeutenste Vertreter der als "Lehre vom Ordnungsprinzip (Li-hsüeh) bekannten Richtung des Neokonfuzianismus.

[24] "Das Wesen von ganzen Universum ist es, Dinge hervorzubringen. Es ist dies, wie wenn in einem Kochtopf Speisen gegart werden. Das Chi wallt von unten nach oben und dann wieder hinab....Das Universum umschließt eine große Menge Chi, das an keiner Stelle entweichen kann. Das Universum ist allein mit dem Hervorbringen der Dinge beschäftigt, sie unterscheiden sich in diesem Punkt vom Menschen, der sich mit allen möglichen Reizen auseinandersetzen muß. Die Worte 'das Wesen .... ist' bedeutet nicht, daß das Universum absichtlich jedes einzelne Ding hervorbringt." (Chu tzu yü lei. 53:4a)

in der Welt besitzen in der Tat das gleiche Prinzip Li.[25] Aus diesem Grund kann man sagen, daß alle Ding gleich sind. Nach Chu Hsi sind 'die Prinzipien aller Dinge' nicht voneinander verschieden. Aber 'alle Dinge' sind untereinander sehr verschieden. Woraus entsteht nun die Verschiedenheit aller Dinge? Sie wird in der Lehre von Chu Hsi durch die Natur des Chi erklärt. Nach Chu Hsi beruht die Verschiedenheit zwischen allen Wesen auf der Qualität von dem Chi. Chu Hsis Aussagen zum Entstehungsprozeß der Welt lassen sich etwa wie folgt zusammenfassen: Zunächst bestand das Chi nur in verschieden dichter Konsistenz. In seinen beiden Formen Yin und Yang befand es sich in unablässigem Kreisen. Bei Beschleunigung der Bewegung entstand durch Reibung zwischen den verschiedenen Teilen so etwas wie ein Bodensatz, der, da er nirgendwo entweichen konnte, sich im Rotationszentrum sammelte und die Gestalt der Erde annahm. Daher steht die Erde unbeweglich im Zentrum.[26] Bei Chu Hsi heißt es hierüber: "Am Anfang, als sich das Chaos noch nicht geteilt."[27] Nach ihm bildet das Chi alle Dinge. Es handelt sich bei dem Chi im Yin-Zustand und Yang-Zustand nicht um zwei verschiedene Chi, sondern darum, daß sich ein Teil des Chi im Zustand des Yin oder dem des Yang befindet. Hierbei handelt es sich um ein pantheistisches Gefühl. Es ist ein Gefühl der Verbundenheit mit dem Gesamtsystem und Einzelsystem, wie es in Chu Hsis Sätzen zum Ausdruck kommt: "Das Universum ist die Repräsentation aller Dinge im großen Maßstab, und die einzelnen Dinge sind das Universum im Kleinen."[28]

Das Chi bildet nicht nur alle Dinge, sondern auch die Menschen. Das Chi bildet sowohl den Körper als auch die Seele der Menschen. Das Chi ist nicht einfach Materie. Das Chi ist auch kein geistiges Wesen. Das Chi kann im modernen Sinne als Kraft

---

[25] Seine ganze Philosophie beruht auf der Logik, daß das Tao nicht Yin und Yang, sondern der Grund für sie sei. Der Begriff Tao meint zum einen das, was sein soll, ist also normativ. Das ist "Li"(Prinzip). Zum anderen bedeutet das Tao auch den Grund, daß etwas so ist, wie es ist. Das Tao beschreibt also einen ontologischen Zusammenhang. Beide Bedeutungen finden sich bei Chu Hsi.

[26] vgl. Chu tzu yü lei. 1:5a

[27] Chu tzu yü lei.1:5b

[28] Chu tzu yü lei. 68:16a)

bildete jedenfalls kein Thema der Betrachtung für chinesischen Philosophie. Natürlich gibt es den ähnlichen Begriff "Tian" (Himmel). Das Wort Tian kommt im Tao Te Ching vor. Man darf bei diesem Wort aber nicht an den Himmel etwa des Christentums denken; der Himmel des Taoismus ist nicht der Wohnsitz einer Gottheit. Eher könnte man diesen "Himmel" mit "Natur" gleichsetzen. Eine Natur existiert von selbst. Somit spielt das Problem einer eventuellen "Schöpfung" im chinesischen Denken kaum eine Rolle. Das Tao ist von sich selbst so, wie es ist.[63]

6.5 Gibt es innerlich einen Zusammenhang mit der Quantenmechanik?

Wir haben bis jetzt die holistischen Merkmale der chinesischen Naturanschauung behandelt. Und im vorigen Kapitel stellten sich die verschiedene Interpretationen der Quantenmechanik dar. Dazu möchte ich untersuchen, ob es einen inneren Zusammenhang zwischen dem chinesischen Denken und der holistischen Interpretation der Quantenmechanik gibt. Vorerst muß man danach fragen, ob die philosophische Interpretationen der quantenmechanischen Experimente und das chinesische Denken in der Tat miteinander zu vergleichen sind. Solche Vergleiche sind problematisch, weil vorerst einem schwer abschätzbaren inneren Bedürfnis nur karge und widersprüchliche Voraussetzungen gegenüberstehen.

Die Yin-Yang-Spekulation lehrt, alles Geschehen im Kosmos sei bewirkt durch das beständige Wechselspiel zweier Prinzipien. Man könnte also die moderne Idee der Komplementarität in der chinesischen Yin-Yang-Lehre finden, da die Gegensätze von Yin und Yang auf eine polare oder komplementäre Weise in Wechselbeziehung stehen. Im Bezug auf die Yin-Yang-Lehre hat Bohr die Komplementarität der Materie folgendermaßen ausgedrückt: "Je mehr wellenhaft, umso weniger teilchenhaft."[64] Das

---

[63] vgl. Béky(1972) S.129-132

[64] vgl. Landé Alfred:"Einheit in der Quantenwelt" Dialectica 26(1979) S.125

ist zwar eine ziemlich oberflächliche Darstellung von dem Komplementaritätsgedanken, kann man aber vielleicht die versteckte Absicht Bohrs mit der folgenden Vorstellung vergleichen: "Je mehr Yin, desto weniger Yang". Bunge macht aber mit Recht darauf aufmerksam, daß die Yin-Yang-Komplementarität "Je mehr Yin, desto weniger Yang" gar kein wissenschaftliches Prinzip ist, da kein Kriterium vorliegt, wie man zu einem gegebenen Yin das komplementäre Yang finden soll, um dadurch zu vorher unbekannten Ergebnissen zu kommen.[65] In dem wissenschaftlichen Gedankengang ist Bunges Aufmerksamkeit schon richtig. Aber die Yin-Yang-Lehre ist von Anfang an überhaupt keine analytische Theorie für den Beweis der mechanischen Phänomene, sondern ein synthetisches System, das aus der menschlichen Erfahrung von einer ganzheitlichen Natur entstand. Es ist wahr, daß Bohr zwar den komplementären Charakter der Yin-Yang-Lehre später erkannte,[66] aber er wollte auch die Physik durch die Yin-Yang-Lehre nicht beweisen. Als Emblem einer noch viel umfassenderen Vorstellung ist das Tao in keiner Weise mit naturwissenschaftlichen Begriffen der Kausalität zu vergleichen, sondern es muß sehr viel weiter gefaßt werden. Es ist Ausdruck für die Einheit und Ganzheit einer gleichzeitig idealen und tatsächlichen Ordnung.[67]

Welche Rolle spielt ein Mensch als Subjekt hinsichtlich der Yin-Yang-Lehre? Die Yin-Yang-Theorie der Naturphilosophen ist

---

[65] Bunge,Mario:Brit.J.Phil.Sci. 18(1967) S.265

[66] 1927 konzipierte Bohr die Idee der Komplementarität. Er stellt sie im September in Como vor. 10 Jahre später besuchte er China.(E.P.Fischer:Niels Bohr.München 1987, in Zeittafel) Es gibt natürlich keine Beeinflussung für seine physikalische Überlegungen. Als er 1937 China besuchte, als seine Deutung der Quantentheorie schon ausgearbeitet war, wurde er von dem alten chinesischen Begriff der polaren Gegensätze tief beeindruckt, und von der Zeit an behielt er Interesse an der östlichen Philosophie. Man kann also annehmen, daß Bohr sich der Parallele zwischen dem Komplementaritätsprinzip und der Yin-Yang-Lehre wohl bewußt war. In der Tat, als er ein geeignetes Motiv für sein Wappen suchte (im Jahr 1947), fiel seine Wahl auf das chinesische Symbol für Tai-Chi, das die komplementäre Beziehung der Gegensätze Yin und Yang darstellt.(vgl. Fritjof Capra:Das Tao der Physik. Übers.v.Erwin Schuhmacher, Bern/München 1983 S.160)

[67] vgl. Granet(1985) S.60

fest in das Lehrgebäude des Konfuzianismus aufgenommen und mit der sogenannten Systemtheorie in Verbindung gebracht worden. Demnach wirkt nicht nur das Universum auf die Menschen, sondern auch umgekehrt. Der Himmel und der Mensch beeinflussen sich gegenseitig.[68] Ein Mensch gehört, wie schon erwähnt, nicht nur zur Natur, sondern ist auch ein Teilnehmer der Natur-Bewegung. Das Subjekt verhält sich also nicht bloß als "Systemkomponente", sondern auch als Systemerzeuger. Hierzu schrieb Bohr: "Um zur Lehre der Atomtheorie eine Parallele zu finden, müssen wir uns den erkenntnistheoretischen Problemen zuwenden, mit denen sich bereits Denker wie Lao-tse auseinandersetzten, wenn wir einen Ausgleich schaffen wollen zwischen unserer Position als Zuschauer und Akteure im großen Drama des Daseins".[69] Eine Einheit des Menschen mit der Natur kann unter dieser Voraussetzung nur durch eine Wiedereinbindung des "hybriden" Menschen in die systemische Naturordnung erreicht werden.[70] Aber für den Taoisten war die Natur nicht nur eins und unabhängig von menschlichen Normen; sie war sich selbst genügend und ungeschaffen. Könnte man trotzdem sagen, daß der Mensch ein Systemerzeuger sei, wäre ein solcher Begriffe vom Menschen schon in der Groß-Harmonie mit der Natur angelegt. Lao-tse sagt: "Die Wege des Menschen folgen denen der Erde, die Wege der Erde denen des Himmels, die Wege des Himmels denen des Tao und das Tao kam durch sich selbst ins Dasein."[71] Der Mensch ist zwar ein winziges Wesen. Indem er jedoch seine Existenz auf die Vereinigung von Universum als den kosmischen Kräften zurückführt, ist er ein Wesen, das dem Universum beisteht und zum Gedeihen im Universum beiträgt.

---

[68] Vor allem reagiert der Himmel auf das Verhalten des Herrschers, des Vertreters der Menschheit, empfindlich. Ist der Herrscher tugendhaft, so harmonieren die beiden Ursubstanzen Yin und Yang, und glückverheißende Phänomene zeigen sich. Ist seine Regierung verwerflich, so geraten Yin und Yang in Disharmonie, und Naturkatastrophen suchen das Reich heim als Warnsignal des Himmels.

[69] Bohr,Niels:Atomic Physics and Human Knowledge S.20

[70] vgl. Heuser:Wissenschaft und Metaphysik. In:Krohn/Küppers (1990) S.60

[71] Tao Te Ching Kap.22

Obwohl die Taoisten akzeptieren, daß das Gesamtsystem sich durch ein Einzelsystem beeinflusssen läßt, sind sie anderer Ansicht als einige Interpreten der Quantenmechanik, die die Rolle des Subjekts betonen. Nach der taoistischen Ansicht kann man die Aktion des Menschen als Subjekt als Ursache und [oder] zugleich als Wirkung ansehen. Könnte man den Begriff Ursache in eine kausale und eine holistische Ursache differenzieren, wäre die holistische Ursache eine Wirkung aus sich Selbst. Was holistische Ursache bedeutet, ist, daß die zeitliche Aufeinanderfolge der Ursache-Wirkung anders als die Irreversibilität der physikalischen Kausalität ist. Bei dem taoistischen Denken muß man darauf achten, daß eine Wirkung von den vorherigen Ereignissen als Ursache nicht abhängt, genauer gesagt, eine Wirkung davon nicht abhängen darf.[72] Das soll auf abendländische Begriffe paraphrasiert werden: 1) Das ist zwar ähnlich der Humeschen Interpretation der Kausalität, aber die Ursache und die Wirkung beziehen sich innerlich einander. 2) Die Kausalwirkungen sind zwar ungerichtet, wie Costa de Beauregards annahm, aber es gibt keinen rückwärtsgerichteten Kausaleinfluß. In dieser Hinsicht könnte man eine mittelbare Parallele zwischen dem chinesischen Denken und derInterpretation der Quantentheorie von de Beauregard sehen. Wie bereits erwähnt, ist das Tao das Erste und zugleich das Letzte. In dieser Hinsicht ist einer der wichtigsten Gedanken Lao-tzus sein Rückkehrgedanke: Alle Wesen kehren zu dem Tao als ihrem Ursprung zurück. Das Problem des Hervorgehens aller Wesen aus dem Tao und ihrer Rückkehr zu ihm hin wirft die Frage nach der Richtung der Weltzeit auf. Weiterhin ist die Richtung der Weltprozesses in dem alten Konfuzianismus rückwärts. Denn das gesellschaftliche Hauptziel lag in den ursprünglichen Fürsten, und das Ende greift immer mit dem Anfang ineinander. Vor allem bei der Kausalität ist die Richtung der Zeit nicht linear. Solchen altchinesischen Ansichten könnte man mit dem Gedanken Costa de Beauregards vergleichen. Natürlich gibt es keine direkten Beziehungen dieser Gedanken. Trotzdem kann man bei beiden den holistischen Charakter auffinden.

---

[72] Man kann diese Überlegung in dem taoistischen "wu wei"-Gedanken ("keine Handlung gegen die Natur") finden.

Und man könnte die kausalen Ursache noch einmal unterscheiden; phänomenale Ursache, winzige Ursache (z.B. Schmetterlingseffekt) und verborgene Ursache. Hierzu sprechen die Taoisten nicht nur von der holistischen Ursache, sondern auch von der verborgenen Ursache.[73] Die äußere Welt ist wirklich, aber unser Wissen von ihr ist zutiefst abhängig von der Art, wie wir sie wahrnehmen, so daß wir ihre volle Realität nicht erfassen können. Nach Chuang-tse ist nur das Tao wirklich real. Alles andere ist relativ, und deswegen können uns unsere Sinnesorgane nie ein absolutes Bild der Außenwelt vermitteln.[74] Obwohl die Ursache der Phänomene verborgen ist, muß sie durch ein Gesetz (Tao) beherrscht werden. Das ist ein Kernpunkt zum Verständnis der taoistischen Naturauffassung: "Alle Zustände der Dinge haben ihre Ursache, kennt man diese Ursache nicht, so ist es, obwohl man den Tatbestand kennt, gerade so, als wüßte man gar nichts, und schließlich kommt man sicher in Verlegenheit. Daß Wasser die Berge verläßt und ins Meer läuft, kommt nicht davon her, daß es die Berge haßt und das Meer liebt, sondern es ist eine Folge der Höhenverhältnisse. Überall herrscht dasselbe Gesetz. Denn alles muß einen Grund haben. Darum fragt der Weise nicht nach Bestehen und Untergang, sondern nach deren Gründen."[75]

In der holistischen Interpretation der Quantenmechanik wäre das Universum nicht einfach eine Ansammlung physikalischer Objekte, sondern ein kompliziertes Gewebe von Beziehungen zwischen den verschiedenen Teilen eines vereinigten Ganzen. Vergleichsweise fassen die Chinesen die Realität als etwas Ganzes auf, das nicht aus Gegensätzen, noch weniger aus Widersprü-

---

[73] Was Ursache und Wirkung in der Natur anbetrifft, so war sich Yun darüber im Klaren, daß man auf bestimmende Faktoren zu achten habe, die recht unauffällig sein können.
Die verborgene Ursache unterscheidet sich von der holistischen Ursache:
Die holistische Ursache ist die nichtlokale verborgene Ursache und nicht von der Raum-Zeit abhängig.
Die verborgene Ursache ist lokal und von der Raum-Zeit abhängig

[74] Chuang-tse: "Duk-Chung (Tugend)"

[75] Lü Shih Chhun Chius. Kap.I. Übersetzt von Needham in Roman(1985) S.122

chen, sondern aus gegenseitigen Entsprechungen zusammengesetzt ist. Treffend charakterisiert Needham diese Art von Denken als eine "Korrelation", in welcher die Bedeutung eines Begriffes durch sein Korrelat voll ausgedrückt wird.[76]

In dieser Hinsicht hat der ganzheitliche Charakter der Quantenphysik innerlich großen Anklang bei den Anhängern östlicher Philosophie gefunden. Das heißt, zwischen der Quantenvorstellung vom Ganzen und seinen Teilen und der traditionellen östlichen Vorstellung der Harmonie und Einheit der Natur kann man eine Parallele vom Aspekt des Holismus aus finden. Dieser Anklang ist nicht erstaunlich, sondern ebenso die Tatsache, daß die Entwicklung der Quantenphysik zu einer Ansicht der Natur geführt hat, die das mechanistische Denken der klassischen Physik überwunden hat. Zum Schluß möchte ich nach der Analyse von Ohamas folgendes sagen: Der chinesische Philosoph versteht die Wurzeln des Tao - den ersten Grad der undifferenzierten Welt, aber nicht den zweiten Grad der schon differenzierten Welt; Wissenschaftler verstehen den zweiten Grad, aber nicht den ersten Grad im Urgrundsein.

---

[76] Needham:Science and civilisation in China. 2Bd. Cambridge S.199

7. DIE EINHEIT DES UNIVERSUMS IM BUDDHISMUS

7.1 Verbreitung des Buddhismus in China

Der Buddhismus ist im Grunde eine Philosophie, schon weil er in seiner Urform atheistisch ist. Er hat keinen persönlichen Gott und keinen Schöpfungsbegriff.[1] Vor allem versuchte der chinesische Buddhismus, das buddhistischen Weltprinzip und den traditionellen Begriff des Taos zu verbinden. Der Taoismus und der Hua-yen-Buddhismus vereinigten sich zu einem breiten Strom. China verspürte einen starken Hauch seines Geistes, wie er in Lao Tses Lehre von der Erlangung des Tao Ausdruck fand. Jetzt wurde das Wort Tao zur Bezeichnung der buddhistischen Erleuchtung. Dabei wurde der philosophische Weg zur Unifikation mit dem Kosmos und das direkte Erleben des buddhistischen Taos zugleich betont.[2] Für das Erleben des buddhistischen Taos ist das Erkennen der Harmonie des Universums erforderlich. Was hier möglich ist, ist die Beschreibung des holistischen Charakter des Mayahana-Buddhismus durch unsere Sprache.

---

[1] Nichts Einmaliges ist das menschliche Leben aus der Hand eines Schöpfers, wie der Abendländer es sieht, und die menschliche Persönlichkeit ist genau das, was das lateinische Wort besagt. Es gibt für Buddha auch keine Seele und keine Seelenwanderung, sondern Wiederverkörperung. Der Tod ist nicht Heimkehr zu Gott. Jeder Wiedergeburt folgt ein Wiedertod und umgekehrt, bis einmal das Karma erschöpft ist.

[2] Für die chinesische Taoisten stellte der Buddhismus eigentlich, wie er anfangs in China verstanden wurde, eine neue Methode der Lebensverlängerung dar und nichts anderes. Denn nach dieser Lehre starb der aus feinster Materie bestehende, vom Himmel empfangene Teil des Menschen nicht, sondern nahm nach dem Tode wieder Gestalt (Existenz) an. Der ursprüngliche Buddhismus hatte Aussagen über das Wesen der Welt in ontologischem Sinne nicht gemacht. Gegenüber der metaphysischen Frage, was und woher das Existierende sei, stand Buddha ablehnend gegenüber; er wollte auf solche Fragestellung nicht eingehen, da sie von der einzig wichtigen Erlösungsfrage abführe. Sein Gesichtspunkt gegenüber dem Lebensproblem war immer der rein psychologische. (vgl. Wei-Chin su-hsiang lun S.30)

Nach der buddhistischen Begründung durch die zweifellos historische Gestalt Buddhas hat er sich ungemein vielgestaltig entwickelt. Buddha wurde um die Mitte des 6.Jh. v.C. in Kapilavastu (nahe dem heutigen Nepal) geboren. Er war ein Sohn des Königs Suddhodana aus der Familie Gautama. Mit 29 Jahren verließ er jedoch seine Familie und wurde Bettelmönch. Nach 7 Jahren erlangte er die Erleuchtung. Seine erste große Predigt hielt er auf einem Berge bei Benares. Achtzigjährig ist er 477 v.C. in Kysinagara in Nepal gestorben. Sein Leben wurde später von der Legende reich ausgeschmückt.

Nach Buddhas Tod entwickelte sich der Buddhismus in zwei Hauptrichtungen, Hinayana und Mahayana.[3] Die Hinayana-Schule etabilierte sich in Ceylon, Burma und Thailand, während sich Mahayana in Nepal, Tibet, China, Korea und Japan entwickelte. Hinayana ist eine orthodoxe Schule, die auf der wörtlichen Lehre Buddhas beharrt, während Mahayana eine flexiblere Haltung einnimmt und glaubt, daß der Geist der Lehre wichtiger ist als ihre ursprüngliche Formulierung. Die Hinayana-Schule stützt sich auf den Pali-Kanon, der im ersten Jahrhundert auf Ceylon in der Pali-Sprache geschrieben wurde. Die Mahayana-Schule stützt sich auf eine Reihe der Sutren, die in Sanskrit geschrieben wurden. Die Avatamsaka-Sutren sind eine von diesen Sutren. Solche Sutren haben sich auf dem chinesischen Boden stark verändert. Hinsichtlich des Holismus möchte ich den modifizierten und weiter entwickeltenden chinesischen Buddhismus hauptsächlich durch die Grundthemen der Avatamsaka- und Herzsutra untersuchen.

Zuerst werde ich die Geschichte der Einführung des Buddhismus in China kurz behandeln. Auf die Han-Dynastie (25-220) folgten Jahrhunderte der Uneinigkeit und Instabilität. In dieser Zeit

---

[3] Das Sanskritwort 'yana' bedeutet sowohl 'Gehen,Fahren, Reiten' wie auch Fahrzeug, Vehikel'. Da das Mahayana mehrfach mit einem großen zur Erlösung führenden Vehikel vergleichen und dem kleinen Vehikel der älteren Lehre gegenübergestellt wird, ist es üblich geworden, das Wort Mahayana mit großes Wagen zu übersetzen und dann den älteren Buddhismus als Hinayana, d.h. das kleine Wagen zu bezeichnen.

wurde das konfuzianische Denken allmählich vom Buddhismus verdrängt. Die Verbreitung des Buddhismus in China wurde durch mehrere Faktoren begünstigt. Politische Unsicherheit lenkte das Denken der Menschen vom Staatweg zur individuellen Existenz. Der Buddhismus war längst eine hochentwickelte Weltanschauung mit einer beeindruckenden Literatur. Und er war dem Taoismus, gerade in der Form, die dieser im Tao Te Ching gefunden hatte, in mancher Hinsicht recht ähnlich. Nach einer längeren Phase der Rezeption, in der eine intensive Übersetzungsarbeit aus dem Sanskrit in das Chinesische geleistet wurde,[4] setzte eine eigenständige Weiterentwicklung des Buddhismus in China ein.

Es ist unmöglich, die chinesische Geschichte oder ihre Kultur zu erörtern, ohne den buddhistischen Einfluß zu berücksichtigen. Dabei handelt es sich um Mahayana-Buddhismus. Die Umbildung zum Mahayana war in vollem Gange, als der Buddhismus in China Eingang fand. Das gilt wenigstens, wenn wir der herrschenden chinesischen Überlieferung zustimmen, daß der Buddhismus unter dem Kaiser Ming in den sechziger Jahren des ersten Jahrhunderts nach China eingedrungen sei.[5] Um den Mahayana-Buddhismus zu verstehen, müssen wir nicht nur die Art und Weise betrachten, in der er von Indien nach China überbracht wurde, sondern auch die Veränderung, die er in China erlebte.[6] Man datiert allgemein die Einführung des Buddhismus in China in das 10. Jahr der Yung-Ping-Ära der Regierungszeit des Kaisers Ming der späten Han-Dynastie (25-220), einem Zeitpunkt, der dem Jahr 67 des westlichen Kalenders entspricht.[7]

Bei dem Mayahana-Buddhismus handelt es sich um die universelle Beziehung zwischen Buddhaschaft und Einzelmenschlichkeit oder zwischen Buddhaschaft und Einzeldingen. Diese Buddhaschaft

---

[4] Die Mühen der Übersetzung der buddhistischen Sutras und anderer Schriften ins Chinesische, die in der Zeit des Kaisers Huan der späten Han-Dynastie begannen, dauerten bis in die Zeit der Nördlichen Sung-Dynastie (960-1125). Sie dauerten somit fast ein Jahrtausend.

[5] Hackmann 242

[6] Ikeda(1987) S.8

[7] Ikeda(1987) S.11

nennt man in China und Korea ein buddhistisches Tao.[8] Im ursprünglichen, kosmischem Sinn ist das Tao die letzte, undefinierbare Realität und damit das Gegenstück zu dem buddhistischen "Dharmakaya". Dies buddhistische Tao bedeutet eine grundlegende Wahrheit. Darüber sagt Yoitsch einen Kernsatz: "All Substances and Phenomena in nature are made an origin that is only one but one. This origin of nature must be the ability to make all things, therefore, its character must coincide with definition of the energy in the physical sense. The origin or thing exists as the particle which fills up the space of nature. All things (all Substances and Phenomena) are made this thing, do not stand alone, and one of the things is always associated with other things each other. All things are stable in harmony with conditions in the environment. But, if this harmony is broken, some of the things will be gone to their stabilities with conditions in harmony again. Thus, the change of things occurs repeatedly depending on the surrounding conditions. But the fundamental truth shows that the change and harmony of things remains unchanged forever."[9] Um die Möglichkeit des kausalen Holismus zu begründen, werde ich die Bedeutung der Begriffe wie Unbeständigkeit, Wechselbeziehung, Ganzheit, Harmonie, die grundlegende Bilder des buddhistischen Tao sind, untersuchen. Das ist eine Aufgabe dieses Kapitels. Ich möchte hierbei die Aufmerksamkeit auf den Mahayana-Buddhismus lenken. Im Mittelpunkt steht die Hua-yen-Sutra.

7.2 Der holistische Charakter der Hua-yen-Philosophie

7.2.1 Eine Erkenntnis zur Einheit - Herzsutra

Die Herz-Sutra enthält eine der wichtigsten Vorstellungen des Mayahana-Buddhismus. Die Herz-Sutra (Prajnaparamita-Sutra) ist

---

[8] Der Taoismus und der Zen-Buddhismus vereinigten sich zu einem breiten Strom. Jetzt wurde das Wort Tao zum Symbol der buddhistischen Erleuchtung. Z.B. wurde der buddhistische Mönch als der Erleuchtete "Tao-In (Tao-Mensch)" genannt.

[9] Yoitsch,Y.:Buddhismus und Naturwissenschaft. Tokyo, 1982 S.20-21

eine der ältesten Urkunden der Sutras der Erkenntnisvollkommenheit, die sich als eine dynamische Einheit gibt. Von den im 1.Jh. entstandenen Sanskrit-Originalen der Sutra sind nur geringe Reste erhalten geblieben; aber chinesische Übersetzungen haben ihren Inhalt bewahrt. Einzelne Sutren sind wiederholt übertragen worden - ein Zeichen ihrer Beliebtheit. Schon im Jahre 179 hat Lokaraksha das Sutra von der Erkenntnisvollkommenheit in 8000 Strophen ins Chinesische übersetzt. Eine Übertragung der Schriftengruppe durch Kumarajiva, rund zweihundert Jahre später, füllte bereits dreißig Bände. Die Übersetzung des Hsüan-tsang aus den Jahren 660-663 hat 600 Bände. Zwei Sutras traten immer wirkungsvoller aus der Gruppe hervor: das Diamant- und das Herz-Sutra. Besonderes das Herz-Sutra, das die Verkündigung von der Erkenntnisvollkommenheit in einem kurzen, einprägsamen Auszug enthält, ist zu einer Kernschrift des Mahayana geworden.

Was ist "Vollkommenerkenntnis" des Wesens aller Dinge? Betrachten wir, um das zu klären, daß die All-Einheit dem Trug (Maya) der Erscheinungen zugrunde liege. Daß wir Vielheit sehen, ist der Herzsutra nach nur eine Täuschung, hervorgerufen durch den trügerischen Schleier der Maya, der über das Wesen gebreitet ist. Die Welt der Erscheinungen spiegelt lediglich das wahre Sein. Das Wesen der Erscheinung liegt in der Unbeständigkeit(Kor. Musang). Das bedeutet mit einem anderen Wort "immer beweglich". Das ist die Basis der buddhistischen Gedankenwelt. Auch das Ich, die Seele rechnet zu diesem Vergänglichen. Alles, was ist, besteht nicht als Absolutes, sondern ist gleichsam ein Komplex unbeständiger Daseinselemente, der sogenannten 'Karma'. Dieses unbeständige Sein aber ist in seiner nichtigen Existenz der Weltgesetzlichkeit unterworfen, wonach jede seiner Äußerungen, d.h. jede Tat; Gedanken und Gesinnungen, sich sogleich im Metaphysischen auswirkt und so das Karma bildet, wonach mit zwingender Notwendigkeit sich nach dem Ende dieses Wesens ein neues als dessen Erbe bilden muß. Alles ist also letzten Endes Verwandlung. Es entsteht auf diese Weise ein unendlicher Kreislauf der Existenzen. Die Welt

ist voller Wechsel und Veränderung. Alles ist im unendlichen Kreislauf.

In der Herz-Sutra wird alles Gegenständliche und Gegensätzliche in der überwindenen Schau der verborgenen Einheit aller Wesen und Dinge untereinander und der Höchsten Wirklichkeit überwunden. Die Erkenntnis ist keine Stufe des Heilspfades mehr, sondern zum Heilsziel selbst geworden, sie ist Erleuchtung, Allerkenntnis, Nirvana, Buddhaschaft. Sie stellt sich als "Leerheit" dar. So lautet die Herz- Sutra: "Die Welt der Erscheinungen ist nichts anderes als Leerheit, Leerheit ist nichts anderes als die Welt der Erscheinungen [passive Darstellung]. Die Welt der Erscheinungen ist dasselbe wie Leerheit, Leerheit dasselbe wie die Welt der Erscheinungen [aktive Darstellung]. Gleicherweise wie mit dem Komplex der Körperlichkeit ist es auch mit den vier anderen Komplexen: Empfindungen, Vorstellungen, Betätigungen, Bewußtsein. Da nun alle diese Träger die Natur der Leerheit haben, so gibt es kein Geboren- und gibt es kein Vernichtetwerden, keine Befleckung und keine Reinheit, gibt es kein Zugefügt- und kein Gemindertwerden. Und so kann es denn in der Leerheit keine Welt der Erscheinungen geben, noch Empfindungen, Vorstellungen, Betätigungen, Bewußtsein. Weder sind da die Sinnesorgane; Auge, Ohr, Nase, Zunge, Körper oder Geist noch die Sinnesgegenstände; Farbe, Ton, Dufte, Geschmack, Tastbarkeit oder Denkobjekte, und es existiert kein Augen-Bewußtsein, Geistbewußtsein. Weder existiert das Nichtwissen noch die Aufhebung des Nichtwissens, nicht Betätigungen"[10] Wer der Leerheit innegeworden ist, der besitzt die Erkenntnisvollkommenheit. Er ist kein Einzelbuddha, sondern ein Bodhisattva (Buddhaschaft; buddhistische Tao). Die Vollkommenheit kann in dem Wissen um das wahre Wesen der Erscheinungen liegen. Das wahre Wissen entsteht aus dem Erkennen der Leerheit. Die Leerheit ist also als eine universelle Ordnung verstanden, die hinter den Erscheinungen ist.[11]

---

[10] Wiedergegeben nach E.Lehmann und H.Haas: Textbuch zur Religionsgeschichte.Leipzig 1922 S.35

[11] Die Annährungsmethode zur Leerheit ist nicht positiv, sondern negativ. Die universellen Ordnung, die als ein Hinter-

Die universelle Ordnung existiert aber nicht extra. Sie ist immanent, zeigt sich als die harmonische Penetration der Dinge in der Erscheinungswelt: Jedes Ding kann ins andere Ding eintreten (penetration). Durch dieses Eintreten entsteht die Kausalkettung. Da jedes Ding von anderen Dingen bewirkt werden kann, d.h., es gibt alle Möglichkeiten des Eintretens, deshalb seien alle Dinge leer. Die Leerheit ist also Soheit. In der Leerheit besitzen Wesen und Dinge ihre Erfüllung.[12]

Es ist nach buddhistischer Ansicht der Grundirrtum des Menschen, daß er sich für ein selbstständiges Individuum hält. Ein Beispiel: Es gibt keinen Wagen, sondern nur ein Gebilde aus Deichsel, Rädern, Wagenkasten und Joch, das man Wagen nennt.[13] Ebenso ist der Mensch nichts anderes als ein sich im

---

grund der Erscheinungen ist, kann man nicht durch den Lehren, sondern nur durch Erleben. Nagarjuna versuchte immer, mit den negativen Vorstellungen eine Realität zu erleuchten. Die Mittlere Lehre von Nagarjuna beginnt mit einem achtfachen "Nein", die auch die Leerheit-Lehre heißt: "Ohne Entstehen, auch ohne Vergehen, nicht ewig, auch nicht abgeschnitten, nicht eines, auch nicht verschieden, ohne Kommen, auch ohne Gehen." Wer das stille Erlöschen der Entfaltung lehren kann, der ist für Nagarjuna der 'Beste der Lehrenden'. Seine Lehre bewirkt, daß "das Haften an Ich und Mein" vernichtet wird. In Wirklichkeit aber "ist 'leer' nicht zu lehren, 'nichtleer' ist nicht zu lehren; beides zugleich, nicht beides zugleich kann man nicht lehren. Nur durch Fiktion und Namen lehrt." Es gilt zu erkennen, daß auch die Träger, ob sie schon da sind, dennoch nicht existieren, weil sie ohne Substanz sind. Solche Erkenntnis des Wesens der Dinge jenseits ihrer Erscheinung führt zum Innewerden ihrer Nichtwirklichkeit, der Leerheit als ihrer wahren Wirklichkeit. Indem sie der Erneuerung der Dinge ein Ende setzt, bewirkt sie die Erlösung.(vgl. Walleser,W.:Die Mittlere Lehre des Nagarjuna. Heidelberg 1912 S.140-6)

[12] Darum heißt es vom Bodhisattva:
"Er soll diesen Gedanken wecken: Alle Lebewesen sind durch mich in dem restloen Nirvana-Elemente zur Erlöschung zu bringen: und wenn er so die Lebewesen zum völligen Erlöschen gebracht hätte, ist nicht irgendwelches Lebewesen zum völligen Erlöschen gebracht. Aus welchem Grunde? Wenn bei einem Bodhisattva der Begriff 'Lebewesen' wirksam ist, so ist er nicht als Bodhisattva zu bezeichnen. Aus welchem Grunde? Es ist nicht irgendwelches Ding, das als auf dem Fahrzeug des Bodhisattva befindlich bezeichnet werden könnte." (Diamant-Sutra 17. übers. v. M.Walleser: Prajnaparamita. Göttingen 1914 S.151)

[13] Nyanatiloka:Die Frage des Milindo. München 1914 S.46f

Kreisfluß der Wiedergeburten vollziehendes momentanes Gebilde aus verschiedenen Bestandteilen. Diese Bestandteile sind Fünf-Ergreifenskomplexe (Upadanaskhandas), mit denen der Mensch die Sinnenwelt ergreift, so daß sich das Trugbild seiner Individualität bildet.[14] Den Anlaß dafür, daß in ihm das Trugbild seines "Ichseins" entsteht, bilden seine Willensakte und Betätigungen. Die Macht aber, die über das Zustandekommen jeder neuen Existenzform entscheidet, indem sie die fünf Daseinsfaktoren gruppiert, ist das Karma - keine göttliche Instanz, sondern die automatische Wirkung positiver und negativer Taten in der vorhergehenden Existenz. So schließt sich die Kette der Erscheinungen aneinander. Die Grundlage des Daseins ist also für den Buddha nicht das Sein, sondern das Werden; Es gibt nirgends ein 'Ding an sich', sondern immer nur einen Komplex von Beziehungen und Abhängigkeiten. Das Merkmal des Werdens ist nicht die Dauer, sondern der Wechsel. Beides, Werden und Wandel, vollzieht sich nicht willkürlich, sondern in innerer Bedingtheit.

Nach buddhistischer Ansicht ist die allen Phänomenen zugrundeliegende Realität jenseits aller Formen und jeder Beschreibung und Definition. Es heißt darum oft, daß sie formlos, leer oder Nichts sei. Aber diese Leere darf nicht als bloßes Nichts aufgefaßt werden. Es ist im Gegenteil das Wesen aller Formen und die Quelle alle Lebens. Deshalb kann diese Realität im Buddhismus natürlich nicht mit der physikalischen Realität identifiziert werden, weil sie als das Wesen aller Erscheinungen unserer Welt gesehen wird und folglich jenseits aller Begriffe und Vorstellungen liegt.

Alle Dinge kommen durch das gesetzmäßige Zusammenwirken von letzten, nicht mehr reduzierbaren, momentan auftretenden und wieder verschwindenden Daseinselementen (Dharmas) zustande. Dharmas können keine selbständige, aus allen kausalen Beziehungen gelöste Realität haben. Denn jede Gegebenheit läßt sich überhaupt nur dadurch identifizieren, daß man ihr Ver-

---

[14] 1.Körperlichkeit 2.Empfindungen und Gefühle
3.Vorstellungen 4.Wahrnehmungen 5.Bewußtsein

hältnis zu anderen Gegebenheiten in Betracht zieht, reißt man sie aus ihrem Zusammenhang heraus, so bleibt nichts übrig. In dieser Hinsicht zitiere ich die Worte Nagarjuna: "Dinge leiten ihre Natur und ihr Sein von gegenseitiger Abhängigkeit her und sind nichts in sich selbst."[15] Nach der Herz-Sutra ist Realität nur das Ganze, das Leere heißt. Das Leere (Die Leerheit) ist zwar eine Realität, in sich weder Materie, noch Phänomen. Also kann man das Leere nicht direkt beschreiben. Das Leere läßt sich deshalb nur durch das intuitiven Erleben erfassen.

7.2.2 Der Holismus in der Hua-yen-Philosophie

Die Lehre von der Analogie zwischen Makrokosmos und Mikrokosmos gehört zum chinesischen Buddhismus. Die Lehre von der Analogie zwischen Makrokosmos und Mikrokosmos macht einen wichtigen Teil der buddhistischen Philosophie aus. Allerdings hatte sich diese Lehre ursprünglich schon im indischen Buddhismus entwickelt. Die chinesischen Buddhisten hatten diese Lehre übernommen und weiter entwickelt.[16] Von allem geht es hierbei um die Hua-yen-Schule, die die Avatamsaka-Sutra modifiziert und übersetzt hat.[17] Die Grundlehre der Hua-yen-Schule besteht in dem ganzheitlichen Holismus des Universums. Die Hua-yen-Philosophie enthält hauptsächlich "die Theorie der Kausalität

---

[15] Nagarjuna, zitiert in:T.R.V.Murti:The Central Philosophy of Buddhism. London 1955 S.138

[16] Die Avatamsaka-Sutren, wahrscheinlich während der ersten Jahrhunderte in Südindien entstanden, sind uns vornehmlich durch die chinesischen Übersetzungen in "60 Büchern", in "80 Büchern" und in "40 Büchern" bekannt. Die letzten "40 Bücher" nennt man die Gandavyuha-Sutren. Der erste Text in "60 Büchern" wurde von Buddhabhadra zwischen 418 und 420 übersetzt. Das zweite Sutra in "80 Büchern" wurde von Siksananda zwischen 695 und 699 ins Chinesische übersetzt. Der dritte Text, d.h. Gandavyuha-Sutra, in "40 Büchern" wurde von Prajana zwischen 796 und 798 übertragen. (Dumoulin 1985 S.284) Das Sanskritwort "Avatamsaka" bedeutet Girlande oder Kranz. Das Wort "Gandavyuha": "Ganda" ist Blume, "Vyuha" ist Schmuck. Die beide entsprechen dem Namen der chinesischen Hua-Yen-Schule. (Dumoulin 1985 S.50)

[17] Das Hua-yen-Sutra ist nur in chinesischer und tibetischer Übersetzung erhalten: die älteste chinesische stammt aus dem 5.Jh. Erst geraume Zeit nach der Übersetzung des grundlegenden Sutrentextes blühte in China die Hua-yen-Schule auf. Die Patriarchen dieser Schule sind schon Zeitgenossen der frühen Zen-Bewegung in China.

von dem Prinzip"[18], auf die sich der kausale Holismus stützt. Sie zeigt, daß die Ereignisse im Universum nicht nur korrelativ, voneinander abhängig und durcheinander durchdringend, und sondern auch kausal sind.

Ein wichtiges Thema dieser Sutren ist die Beziehung und gegenseitige Durchdringung aller Bereiche der Realität:[19] Alles in Einem, Eines in Allem.[20] Das All ist zu einem einzigen Ganzen verschmolzen: Die Hua-yen-Schule lehrt, daß der menschliche Geist das Universum selbst und identisch mit dem Buddha ist, und daß Buddha, Geist und alle Lebewesen und Dinge ein und dasselbe sind: "In jedem Stäubchen ist der Buddha gegenwärtig; seine Kraft wirkt überall und begeistert die Bodhisattvas. ... Er wohnt im Wesen aller Dinge. Sein höchst reiner Blick reicht bis zu den Grenzen des Weltalls, das ohne Grenzen ist.... die Stimme des Prinzips tönt für alle Lebewesen auf einem Meer allumfassender Erlösung."[21] In dieser Hinsicht kann man diesen holistischen Charakter mit der Monadenlehre Leibnizs vergleichen. Um die Harmonie zwischen Einzelnen zu erklären, es ist aber bei der Leibnizschen Monadenlehre nötig, die Existenz eines Daseins der noch höheren Ebene anzunehmen, da jede Einzelmonad kein Fenster hat. Dagegen in der Hua-yen Philosophie hat jede Einzelding das Fenster, durch das das All zu einem einzigen Ganzen verschmolzen ist, dabei ist also kein höchste Dasein nötig. Deshalb ist der Buddhismus von dem abendländischen Aspekt aus keine Religion.

---

[18] Takakusu,J.:Essentials of Buddhist Philosophy. Indiana edition 1956 S.118

[19] Das Hua-yen-Sutra (Avatamsaka-Sutra) bemüht sich um die Beschreibung der schlechterdings unbeschreiblichen Unendlichkeit der Buddha-Welt, es bedient sich dabei astronomisch anmutender Zahlen. Die Realität ist unaussprechlich, unbegreiflich, unvorstellbar, unbeschreiblich. Diese immer wiederkehrenden Worte meinen nicht bloß die Unendlichkeit in Raum und Zeit, sondern auch die Unaussprechlichkeit der Buddha-Erkenntnis und der Realisierung im Samadhi (Gleichheit). (Domoulin S.52)

[20] Oberflächlich gesehen kann man mit der Monadenlehre Leibnizs vergleichen. Aber das Eines hat doch die Fenster, durch die jedes Eines einander weselwirken kann

[21] Hau-yen-Sutra wiedergegeben von E.Steinilber-Oberlin: The Buddhist Sects of Japan. London 1938 S.66

Die kosmische Buddhaschaft ist die Realität des menschlichen Daseins mit seinem umweltlichen Umfang (in der Verbindung mit dem Universum) und auch der Urstand alles Seinenden, das in dem alltäglichen Ereignis überhaupt erzeugt wird. Das alltägliche Ereignis entfaltet sich aus der kosmischen Realität. Ein Auge für die kosmische Buddhaschaft,[22] d.h. das Erfassen der Realität bewegt sich nicht mehr auf der Ebene der alltäglichen an die Sinne gebundenen Gemütstätigkeit des Erkenntnissubjekts, sondern es dringt in die Wesenheit des Seins durch. Es will die Mannigfaltigkeit des Seienden in der kosmischen Einheit in seinem ontologischen Zusammenhang durchleuchten. Das einzelne Sein läßt sich in diesem Auffassen nur in bezug auf das andere Sein begreifen, weil das Sein des einzelnen Seienden in dem Sein des anderen liegt. D.h. kein einziges Seiendes kann als einzelnes sich durch sich selbst rechtfertigen, sondern nur in seiner Relation mit allem anderen Seienden. Durch dieses Realitätserfassen wird der Seinsgrund alles Seienden objektiv in dem ontologischen Zusammenhang festgestellt.

In der Ganzheit der Realität gibt es keine getrennten Teile. Jeder Teil des Kosmos ist wiederum ein Kosmos. Ein Teil des Ganzen wird wiederum ein Ganzes. Der dritte Patriarch der chinesischen buddhistischen Hua-Yen-Schule, Fa-tsang (643-712), stellte diese Theorie vom Makrokosmos und Mikrokosmos auch metaphorisch wie folgt dar: "Das Verhältnis des Einen zum Vielen läßt sich im "Traktat vom Goldenen Löwen" vergleichen. Der Goldene Löwe ist in jeder einzelnen Pore seines Körpers, in seinen Sinnesorganen, Augen, Ohren, seinen Gliedern usw. als ganzer Löwe enthalten, insofern sie alle das Gold sind. Jeder einzelne dieser goldenen Löwen geht gleichzeitig ein in ein jedes einzelne Haar, jeder seine unterschiedliche Individualität, während; eine unendliche Zahl von Löwen ist jetzt manifest vorhanden. Jeder aus dieser unendlichen Zahl von Löwen, alle übrigen mit sich führend, geht seinerseits ein in jedes andere Haar, auf diese Weise den Körper des Löwen bedeckend mit unendlich komplizierten Systemen, die ihn selber

---

[22] Man nennt es 'round doctrine' (Wonkyun,Koreanisch) im Buddhismus.

immer widerspiegeln."[23] Diese Darstellung der Theorie vom Mikro- und Makrokosmos findet man im "Traktat vom Goldenen Löwen". Dieses Traktat ging aus einem Vortrag hervor, den Fa-tsang vor der Kaiserin Wu Tse-tien der Dang-Dynastie (618-907) gehalten hatte. Hier erklärte Fa-tsang mit Hilfe der Metapher vom Goldenen Löwen die Theorie vom Mikro- und Makrokosmos der Hua-Yen-Philosophie.[24] Fa-tsang schrieb weiter: "Wenn das Auge den Löwen aufs intensivste erfaßt, ist das Auge selber der ganze Löwe und es gibt nichts anderes mehr. Wenn das Ohr aufs intensivste den Löwen erfaßt, ist das Ohr selber der ganze Löwe und es gibt nichts anderes mehr. Wenn alle Sinne gleichzeitig den Löwen erfassen, besitzt jeder von ihnen den ganzen Löwen ausschließlich.··· Wenn jede Pore in jedem Sinnesorgan des Löwen in vollständiger Weise den ganzen Löwen erfaßt, identifiziert sich jedes Organ mit jedem andern, und das Auge wird das Ohr, das Ohr wird die Nase usw., und es gibt zwischen ihnen weder Behinderung noch Gegensätzlichkeit."[25,26] Nach Fa-tsang 'stellt jedes Einzelteil des Löwen den ganzen Löwen dar', d.h. jeder Teil der Materie ist aus all den anderen Teilen aufgebaut.

In den Hua-yen-Sutren begegnen wir noch anderer eindrucksvoller Darstellung der Lehre der Ganzheit. Diese Lehre wurde durch die Metapher von "Indras Netz" dargestellt. Ein Netz-

---

[23] Suzuki,Daisetz Teitaro:Ur-Erfahrung und Ur-Wissen:Die Quintessenz des Buddhismus. übers. v. Ernst Schönwiese, Wien 1983 S.91f

[24] s. Dumoulin,Heinrich:Geschichte des Zen-Buddhismus Bd.I München 1985 S.50

[25] Suzuki(1983) S.92

[26] Ich nehme ein anderes Beispiel: Fatsang ließ eine Halle des Kaiserpalastes an allen Seiten, auch an Decke und Boden, mit Spiegeln ausstatten. In der Mitte stellte er neben eine brennende Fackel ein Buddha-Bild. Die Kaiserin schaute das leuchtende Buddha-Bild nicht bloß einmal in allen Spiegeln ringsum, sondern zugleich die Spiegelungen der zahllosen Spiegel und Wiederum die Spiegelungen der Spiegelungen, ein unendliches Schauspiel. Sie begriff, hoch erfreut und geistig erschüttert, den Sinn der Symbolsprache. Doch Fatsang erklärte ihr„ das Spiegelgleichnis stelle zwar die unbegrenzte Durchdringung aller Dinge im Raum dar, es gäbe jedoch keine analoge Ausdrucksweise für die gegenseitige Durchdringung aller Zeitmomente und erst gar nicht für das Zugleich-Sein und Ineins-Sein von Raum und Zeit. (Domoulin 52)

werk, welches aus kostbaren Perlen geknüpft ist, hängt über Indras Palast. Alle Perlen hängen zusammen. In jeder Perle spiegeln sich die anderen. Wenn man eine Perle greift, greift man alle. Die Metapher von Indras Netz gab Charles Eliot wieder: "Im Himmel Indras, so sagt man, hängt ein Netzwerk von Perlen so angeordnet, daß du beim Anblick einer Perle alle anderen in dieser widergespielt siehst. Genauso ist jeder Gegenstand in der Welt nicht bloß er selbst, sondern ein Teil jedes anderen, er ist in Wirklichkeit alles andere. In jedem Staubkörnchen sind Buddhas ohne Zahl vorhanden."[27] Diese Lehre gehört zu dem Paradigma des Holismus, da nach Hua-yen-Auffassung alle Dinge in Einem münden und dieses Eine sich in Vieles spaltet, so daß alles Vielfaltige in dem Einen vereint ist. Die Grundlehre des Hua-yen besteht darin, daß alles im Universum gleichzeitig aus sich heraus entsteht.[28]

Die Welt stellt sich dar als perfektes Netzwerk von gegenseitigen Beziehungen dar, wo alle Dinge und Ereignisse miteinander auf unendlich komplizierte Weise zusammenwirken. Suzuki hat die Weltanschauung des Buddhismus gut interpretiert. So sagte er: "Das Eine durchdringt alle andern und gleichzeitig umschließt es sie alle in sich. Und wenn das Eine alle andern durchdringt, durchdringen ihrerseits alle übrigen einander darin; das Durchdringen ist das Durchdrungenwerden, und das Durchdrungenwerden ist das Durchdringen; beides erfolgt gegenseitig und gleichzeitig. Dasselbe gilt im Fall des In-sich-Hereinnehmens und In-etwas-Eingehens. Das In-etwas-Eingehen wird gleichzeitig als ein In-sich-Hereinnehmen erkannt; denn das In-etwas-Eingehen ist das Hereingenommen-werden und das Hereingenommenwerden ist das In-etwas-Eingehen."[29]

---

[27] Eliot,Charles:Japanese Buddhismus. London 1958 S.109f

[28] In dieser Hinsicht zitiere ich Suzuki: "Wenn the one is set against all the others, the one is seen as pervading them all and at the same time embracing them all in itself." (Suzuki,D.T.: The Essence od Buddhism.RKP,1959 S.29)

[29] Suzuki(1983) S.84

[30] Also ist das Ganze in jedem Teil anwesend und umgekehrt. Daher sind alle Phänomene Manifestationen des einen Prinzips und jedes Phänomen umfaßt alle anderen. Fa-tsang sagt, daß jedes Ding der phänomenalen Welt das Prinzip ("Li") repräsentiert. "Wer dies Prinzip des Seinsbezuges sieht, der sieht die Wesenheit des Seins. Wer diese Wesenheit sieht, sieht alle Buddha."[31]

Die Hua-yen-Philosophie betont immer, daß alle Wesen mit Buddha-Natur oder Buddha-Wesen begabt sind, daß unser Geist der Buddha-Geist ist und daß unser Körper der Buddha-Körper ist. Dies bedeutet eine holistische Weltauffassung. Die Natur von Buddha verwirklicht sich nicht nur im Makrokosmos, sondern auch im Mikrokosmos.[32] Die Allwirklichkeit Buddhas gilt nicht nur räumlich, sondern auch zeitlich. Deswegen betonte Fa-tsang außer der unbegrenzten Durchdringung aller Dinge im Raum auch die gegenseitige Durchdringung aller Ereignisse in der Zeit.[33] Hierzu schrieb er in seinem Traktat vom Goldenen Löwen: "Der Löwe ist dem Wandel unterworfen und ändert jeden Augenblick seine Form. Der Augenblick läßt sich in drei Phasen teilen: Vergangenheit, Zukunft und Gegenwart, und jede einzelne der drei Phasen ist wieder in drei teilbar, und dieser Prozeß läßt sich ad infinitum wiederholen. Alle diese Phasen umschließt der Begriff Zeit und jede kann sich in die andere wandeln. Die Zeit erstreckt sich nicht unendlich zwischen Vergangenheit und Zukunft; sie ist nicht mehr oder weniger als dieser Augenblick."[34] Dieser Augenblick schließt Vergangenheit und Zukunft ein. Dieser Augenblick ist in Wirklichkeit also die Vergangen-

---

[30] Das Prozeß der Durchdringung entsteht aus dem Erleben der Ganzheit. Vom praktischen Aspekt aus bedeutet das das Zen. Suzuki hebt die enge Beziehung der Hua-yen-Schule zum Zen-Buddhismus hervor. Für ihn ist das Zen "die praktische Vollendung des buddhistischen Gedankens in China und die Avatamsaka-Philosophie ihr theoretischer Höhepunkt". (Suzuki,D.T. in derEinführung zu B.L.Suzuki S.34)

[31] Mu,J.J.:Introduction to Buddhism.(koreanisch) Seoul 1978, S.209

[32] Suzuki:Der Zen-Weg zur Befreiung. Übers. v. Jochen Eggert, München 1987 S.65

[33] Der jetzige Zeitpunkt kann dem vergangenen (oder zukünftigen) Zeitpunkt entsprechen. Das bedeutet die zeitlose Relation.

[34] Suzuki(1983) S.93

heit und die Zukunft. Die Gegenwart ist die Vergangenheit. Die Gegenwart kann auch die Zukunft sein. Jeder Augenblick enthält in sich Vergangenheit, Zukunft und Gegenwart. Die Grenzen von Raum und Zeit sind weggeschmolzen. Der Erleuchtete besitzt in jedem Staubkorn das All,[35] da jedes Teil das Ganze gleichzeitig spiegelt.

Die Hua-yen-Schule unterscheidet sich in einem wichtigen Punkt von den anderen mahayanistischen Richtungen: Sie konzentriert sich nicht nur auf die Beziehungen zwischen Phänomenen und Grundlagen der Phänomene, sondern auch auf die zwischen Phänomenen untereinander. Alle Dinge befinden sich in vollkommener Harmonie miteinander, da sie alle Manifestationen des einen Prinzips sind. Ihre Lehre wird also als Holismus bezeichnet. Hierbei möchte ich untersuchen, ob die Kausalität sich auch in dem Holismus entstehen kann. Dieses Problem gehört zur wichtigsten Aufgabe dieser Arbeit. Man könnte eine Möglichkeit dafür in dem Hua-yen-Buddhismus finden.

7.2.3 Der Holismus und die Kausalität

Die Einzeldinge werden in Beziehung zueinander stehend angesehen. Diese Relation beruht auf Kausalität. Sie bestimmt das Verhältnis der Einzeldinge zueinander und gibt Aufschluß darüber, weshalb manche stets in Verbindung mit anderen auftreten oder das Erscheinen des Einen das des Anderen zur Folge hat. Die Begriffe Ursache und Kausalität werden im Buddhismus im allgemeinen mit 'Yongi' wiedergegeben, das Entstehen (gi) durch Ursache oder Abhängigkeit (yon) bedeutet. Der Kausalitätsgedanke hat im Buddhismus von Anfang an eine bedeutsame Rolle gespielt. In diesem Zusammenhang ist auf den wichtigen 'Lehrsatz vom Entstehen in Abhängigkeit' oder die Kette von Ursachen und Wirkung zu verweisen. Das Kausalitätsproblem im buddhistischen Denken hat die wichtigsten Ebene hinsichtlich der Erkenntnistheorie inne. Hierbei rückten zwei Begriffe in den Mittelpunkt: der Begriff Abhängigkeit und der Begriff Ursache. Die Wechselbeziehungen der Phänomene sind von

---

[35] vgl. Dumoulin(1985) S.53

den sogenannten vier Bedingungen und den sechs Ursachen abhängig. Allerdings ist einschränkend festzuhalten, daß diese Bedingungen und Ursachen nicht den Anspruch erheben, alle möglichen Kausalzusammenhänge aufzuführen. Die vier Bedingungen sind folgende:[36]

1. Die direkte Bedingung: Die kausale Beziehung zwischen Dinge oder zwischen Ereignisse, bei der das Eine das Andere - im Gegensatz zur passiven Ursache (die erste der sechs Ursachen) - aktiv bedingt.
2. Die unmittelbare Bedingung: Das Erscheinen in gleichmäßiger Aufeinanderfolge von Dingen; d.h. alle vergangenen, gegenwärtigen und zukünftigen Phänomene bilden die unmittelbare Bedingung für alle auf sie folgende. Z.B. ist das Verschwinden des vorangehenden Gedankenmomentes für das Auftreten des folgenden notwendig Voraussetzung.
3. Die objektive Bedingung: Da das Bewußtsein strenggenommen auf den Sinnesorganen und den ihnen entsprechenden Objekten beruht, sind diese die Bedingung, wörtlich die Stütze, für das Bewußtsein und die mit ihm verbundenen Phänomene.[37] Sie gilt nur für Bewußtseinsinhalt.
4. Die universale Bedingung: Alle Realitäten stehen zu allen anderen in bedingender und bedingter Relation. Man kann die Ursache von der Wirkung nicht unterscheiden, aber nach Buddha unterscheidet sich die Ursache davon im Zusammenhang der "Ereignis-Situation". Diese Bedingung bezieht sich auf die holistischen Kausalität wie ich auf Seit 171 beschrieben habe.

Die sechs Ursachen sind folgende:

1. Die Ursache im weitesten Sinn oder die produzierende Ursache: Jedes Daseinselement wirkt beim Auftreten eines anderen passiv mit, indem kein Daseinselement das Auftreten eines anderen hindert. Nur unter dem Aspekt dieser ersten Ursache ist das Auftreten eines jeden Daseinselementes möglich und eine organische Verknüpfung derselben untereinander gewährleistet.

---

[36] vgl. Brüll,Lydia:Die japanische Philosophie. Darmstadt 1989 S.20-22
vgl. Lee,C:Hua-yen-Philosophie. Seoul 1989 S.223-235

[37] Das ist eine Bedingung, die nur für Bewußtseinsinhalte gilt.

2. Die Ursache der Mitexistenz: Zwei oder mehr Dinge treten stets zusammen auf und sind voneinander abhängig. Sie bezieht sich auf Bedingung 4
3. Die Ursache der Gleichartigkeit: die Beziehung der Homogenität zwischen Ursache und Verursachtem. In Betracht kommen die im Blick auf die Erlösung günstigen, ungünstigen und neutralen Dinge; d.h. ein Ding aus dem günstigen Bereich verursacht nur eines aus dem gleichen Bereich usw.
4. Die Ursache des Zusammenbestehens oder der gemeinsamen Stütze: Die kausale Beziehung zwischen Geist und den mentalen Funktionen. Strenggenommen gehört diese Ursachenart zu der zweiten.
5. Die universal vorherrschende Ursache: ein Einzelfall der dritten Ursache. Sie ist die gemeinsame Ursache für alle sich in Bewegung befindenden Daseinselemente. Die Ursache ist mit allen moralisch negativen mentalen Funktionen verbunden, wie Unwissenheit, Zweifel, welche die Illusion des Menschen hervorrufen und den Bewußtseinsstrom nicht zur Ruhe kommen lassen.
6 Die Ursache der Heterogenität: Das Gegenteil von Ursache drei und fünf; das Verursachende und das Verursachte sind nicht gleichartig. Diese Ursache ist unter dem Aspekt der Erlösung bedeutsam und besagt, daß günstige und ungünstige Dinge im Hinblick auf die Erlösung neutrale bewirken können.

Bei näherer Betrachtung der vier Bedingungen und sechs Ursachen ist zu bemerken, daß die vier Bedingungen eigentlich auf zwei reduzierbar sind, nämlich auf die erste und vierte, weil die zweite und dritte strenggenommen unter die vierte fallen und beide nur ihrer Bedeutung wegen gesondert aufgeführt werden. Somit sind die erste und vierte die beiden wichtigsten. Weiterhin sind die erste Ursache und die vierte Bedingung identisch und die aktiven Ursachen zwei bis sechs können als nähere Erläutungen zur ersten Bedingung aufgefaßt werden.

Da mit der Eliminierung des Substanzbegriffes die Vorstellung von dem Beharrenden, der Dauer, aufgehoben ist, mußte die an ihre Stelle tretende These von dem ständigen Wechsel der

Phänomene eine nähere Ausarbeitung erfahren. Unter der Bedingungskategorie vier werden die vier Grundkräfte aufgeführt, die gemäß der zweiten Ursache der Mitexistenz voneinander abhängig sind und stets zusammen auftreten. Erst durch deren Verbindung mit einem Daseinselemente tritt dieses überhaupt in Aktion. Die Schwierigkeit besteht nun darin, zu erklären, wie es möglich ist, daß ein durch diese Grundkräfte aktiviertes Daseinselemente in dem Moment seiner Existenz zur gleichen Zeit entsteht und vergeht, letztlich also nicht mehr als einem Punkt in Raum und Zeit gleicht. Denn unter dem Terminus Moment wird die minimalste Zeiteinheit verstanden.

Aus diesem buddhistischen Kreislauf kann man Folgendes ableiten:1) Es gibt überhaupt keine Zufälligkeit. 2) Ein Ereignis ist durch die zahllosen Variablen determiniert, die die Rolle der Ursache spielen. Man könnte die Variablen die verborgenen Variablen nennen. 3) Die verborgenen Variablen können in der phänomenalen Welt nicht erkannt - nach der buddhistischen Terminologie "erleuchtet" - werden. 4) Es gibt keine festhaltende Substanz der Dinge. Schließlich gibt es zwar die verborgenen Variablen, auf die die Kausalität sich vollkommen stützt, man kann sie aber weder wissenschaftlich erklären noch auf die Empirie reduzieren. Sie sind kein Gegenstand der Physik, sondern nur ein Objekt des religiösen Erlebens. Deshalb kann man keine unmittelbare Beziehung zwischen dem buddhistischen Holismus und der Physik finden. Aber die Physik, vor allem die Quantenmechanik, könnte meines Erachtens eine gewisse philosophische Implikation aus der Hua-yen-Philosophie übernehmen.[38]

7.3 Der Zusammenhang mit der Quantentheorie

Das Ziel der Hua-yen-Schule besteht in dem Erkennen der Realität, die sowohl den holistischen Charakter als auch kausale Verkettung enthält. Hinsichtlich der philosophischen Interpre-

---

[38] wird im Kap.8 näher behandelt

tation der Quantentheorie können wir den Kern der Hua-yen Philosophie wie folgend zusammenfassen:

H-1) Theorie der Korrelation: Alle Dinge haben Ko-Existenz und sind simultan; Ding A kann sowohl eine Ursache wie zugleich auch eine Wirkung von Ding B sein.

H-2) Theorie der vollständigen Freiheit: i)Alle Dinge sind miteinander harmonisch und kausal verbunden ii)aber nicht Leibnizsch iii)nicht stützt auf Gott iv)sondern Jeder selbst hat Autonomie hat.

H-3) Theorie der Penetration: Jede Teil entspricht oder projiziert dem anderen Teil; "Many in One, One in Many, All in Unity".

H-4) Theorie der Identifikation (Theorie der Zuordnung): Jede Teil entspricht dem Ganzem.

H-5) Theorie der Komplementarität: Das Gefaltete (Folding) und das Entfalte (Unfolding) ergänzen sich einander.

H-6) Theorie der Interreflektion: Ein Ding reflektiert ein anderes Ding.

Die Buddhisten sehen alle Objekte als Vorgänge in einem universalen Fluß und verneinen die Existenz einer materiellen Substanz. Die Grundlage der Realität ist also für den Buddha nicht, wie für das Abendland, das Sein, sondern das Werden; sein Merkmal ist nicht die Dauer, sondern der Wechsel. Die Existenz der Realität und seine Aktivität können nicht voneinander getrennt werden. Sie sind nur verschiedene Aspekte der gleichen raumzeitlichen Realität.[39] Buddhisten suchen die Realität in der Relation statt in der Substanz. Die Welt der Relation ist nach Hua-Yen-Schule die reale Welt, die immanent holistischen Charakter hat. Diesen holistischen Charakter der realen Welt kann man nicht direkt erkennen, da sie immer verborgen ist. Trotzdem kann man natürlich die Existenz der realen Welt nicht verneinen, weil die Welt in unserer konkreten Umwelt vorhanden ist. Die Konkretheit der holistischen Welt entsteht nicht aus der Sammlung der substantiellen Dinge. Nach des Hua-Yen-Schule kann das Universum in vier Welten einge-

---

[39] Lee,C:Hua-yen-Philosophie. Seoul 1989 S.160

teilt werden. Die vier Weltenbereiche des Universums sind folgende:[40]

1. Die Welt der raumzeitlichen Dinge: der Bereich der Phänomene.
2. Die Welt des Prinzips: der Bereich der Substanz.
3. Die Welt, in der Phänomene und Absolutes einander gegenseitig durchdringen.
4. Die Welt, in der alle Phänomene sich in vollkommer Harmonie befinden und einander nicht behindern: Interrealitätsbereich - eine reale Welt.

Hierbei könnte man die erste Welt für die alltägliche Welt, die zweite Welt für die platonische Ideewelt, die dritte Welt für die religiöse Welt und die vierte Welt für die holistische Welt halten. In dieser Hinsicht könnte man die vierten Welt mit der holistischen Interpretation der Quantemechanik vergleichen.

Vorher muß man bezüglich der Quantenmechanik den Grund der holistischen Relationen erklären. Dazu möchte ich über die mayahanistische Konstruktion des holistischen Netz-Universums sprechen. Die Ursachen 4 und 5 , wie auf dem Seiten 189-91 erwähnt, weisen darauf hin, daß gleichzeitig verschiedene Wirkungen eine gemeinsame Ursache haben können. Um die Relationen zwischen den verschiedenen Wirkungen zu erkennen, braucht man die Existenz eines Trägers, wie etwa eines Signals, nicht. In der Weltsicht der Hua-yen-Sutra ist der Spielraum des Ursache-Wirkung-Prozesses nicht auf den lokalen Raum begrenzt. Dabei geht es nicht um Mystik oder Telepathie. Daß ein Ursache-Wirkung-Prozeß I in einem Raum sich immer auf einen anderen Ursache-Wirkung-Prozeß II in einen anderen Raum bezieht, zeigt die Hua-yen-Kausalität. Obwohl die Ursache und die Wirkung in Prozeß I nicht am gleichen Ort liegen, bezieht die Ursache in Prozeß I auf die Wirkung in Prozeß I durch Prozeß II auf einem Umweg ein.[41] Ich werde die Situation der Korrelation wieder mit den Worten Lincoln Moses' beschreiben, trotz anderer Situation : "When x and y have a high correlation, we can

---

[40] Lee,C:Hua-yen-Philosophie. Seoul 1989 S.218
[41] vgl. Lee,C:Hua-yen-Philosophie. Seoul 1989 S.191-199

conclude that (1) x causes y, or (2) y causes x, or (3) some joint cause(s) influenced them both, or (4) some combination of these applies."[42]

Nun gehen wir wieder zu dem Problem der EPR-Korrelationen. EPR-Korrelationen implizieren dem Anschein nach eine Idee der superluminalen Verbindung. Daraus ergibt sich eine große Schwierigkeit, weil die Idee der superluminalen Verbindung die SR verletzt. Eine Informationsverbindung, die die Korrelation zwischen den Systemen ermöglicht, ist nur unter folgenden Voraussetzungen möglich: 1) Es muß Signale geben, die beiden Systeme miteinander verbinden können. 2) Das Signal pflanzt sich durch den zwischen beiden Systeme liegenden Raum kontinuierlich fort. Das ist eine gewöhnliche Übermittelungsart der Information. Auf dieser Art ist die Idee der Überlichtgeschwindigkeit notwendigerweise erforderlich, um die EPR-Korrelation zu erklären, wenn man die Existenz verborgener Variablen nicht akzeptiert.

Aber in der Weltauffassung von der Hua-yen-Philosophie könnte man mithilfe ihre holistischen Charakteres das EPR-Phänomen ohne Verletzung der speziellen Relativitätstheorie erklären. Ich werde eine noch exotischere Darstellung von Yoitsch erörtern. Hinsichtlich der physikalischen Interpretation wird die Weltauffassung der Hua-yen-Schule nach ihm wie folgend zusammengefaßt:[43] 1) Das Universum besteht aus den kontinuierlichen Fluida, die das Leere genannt wird. 2) Nach der buddhistischen Kausalkette verbindet jedes Fluidum sich einander vollkommen. 3) Das Universum ist zwar unendlich, doch abgeschlossen; ein wichtiger Charakter des buddhistischen Holismus.

---

[42] Moses,Lincoln:Think and Explain with Statistics. Mass. 1986, S.317

[43] Nach der Auffassung des japanischen Naturwissenschaftlers Yoitsch spricht man über Fluidum wie folgend: 1.Man kann es mit der Wirkungsquantum vergleichen. 2.Aber es gibt keinen räumlichen Abstand zwischen Fluida, d.h.die aus Fluida bestehende Welt ist kontinuierlich. 3.Jeder Fluidum reflektiert das organischen Ganze. (Yoitsch,Y.: Buddhismus und Naturwissenschaft. Japanisch. Tokyo 1982 S.92-98)

Weil es keine Raum zwischen den Fluida - kontinuierlichen Fluida - gibt, kann der Impuls an Fluidum I (S1) simultan auf der selben Impulsmenge an Fluidum II (S2) in dem unendlichen abgeschlossenen Universum überliefert werden. Bei der aus den kontinuierlichen Fluida bestehenden Welt handelt es sich darum, daß der Impuls an S1 ohne Verlust vollkommen an S2 überliefert werden kann. D.h., die homogene Kondensationskraft der Universumsstruktur hält den äußeren Impuls unter Kontrolle. Man kann also sehen, daß die holistische Weltauffassung in dieser Konzeption die kontinuierliche Konstruktion erfordert. Diese Bedingung kann der Hua-yen-Buddhismus erfüllen. Schließlich gesagt, liefert die Information des S1 simultan in das S2. Also könnte man die EPR-Korrelation ohne Beziehung auf die Lichtgeschwindigkeit erklären.

Dieser Vergleich ist ziemlich exotisch, und der Zusammenhang mit der Quantentheorie wurde nicht sehr tiefgehend behandelt. Woran könnte es liegen, daß der Holismus im Buddhismus leichter verständlich ist: Ist es die Vorstellung, daß Raum nicht trennt, d.h. Wirkungen sich nicht durch den Raum ausbreiten müssen? Ich werde darauf mit Hinweisung über die Begrenzung und die Möglichkeiten der fernostasiatischen Philosophie im Zusammenhang mit der Quantentheorie antworten.

8. DIE MÖGLICHKEIT DER SYNTHESE

8.1 Kann man die physikalischen Probleme der Quantenmechanik mit dem östlichen Denken lösen?

Aus der Sicht des Holismus, der ein Aspekt dieser Arbeit war, wird die Realität zu einem dynamischen Gewebe zusammenhängender Vorgänge, in dem kein Einzelsystem losgelöst vom Ganzen betrachtet werden kann. Wir haben gesehen, daß der Begriff dieser Realität nicht auf die erkenntnistheoretischen Ebene beschränkt ist. Dies ist eine Gemeinsamkeit mit holistischen Tendenzen der heutigen Philosophie. Kein Verhalten des Einzelsystems läßt sich erklären, ohne das Ganze zu verstehen. Und so sind auch die wesentlichen Aspekte der Whiteheadschen Philosophie und der östlichen Philosophie in der Interpretation der Quantenmechanik zumindest ansatzweise enthalten. Die grundsätzliche Einheit des Universums ist nicht nur der zentrale Charakter der fernostasiatischen Philosophie, sondern auch eine der bedeutendsten Interpretationen der Quantenmechanik. Sie manifestiert sich immer deutlicher, wenn man tiefer in die Materie eindringt, bis in das Reich des Quantenobjekts. Wenn man die Quantentheorie holistisch verstehen kann, können wir sehen, daß die Quantenphysik immer wieder auf verschiedene Weise die gleiche Einsicht ausdrückt: daß die Bestandteile der Materie und die daran beteiligten Grundphänomene alle zusammenhängen, zueinander in Beziehung stehen und voneinander abhängen, daß sie nicht als isolierte Einheiten, sondern nur als integrierter Teil des ganzen Systems verstanden werden können.

Die östliche Philosophie enthält grundsätzlich die Denkweise der Relationalität und der Nichtseparabilität. Zuerst werde ich erörtern, ob das Paradigma der Relationalität im östlichen

Holismus sich in der Tat auf die holistischen Interpretationen der Quantenmechanik beziehen läßt. Die Relationalität des östlichen Holismus kennzeichnet zwei Merkmale: Erstens die Art der Relation zwischen dem Menschen und dem Ereignis, zweitens die Art der Relation der zwischen den Ereignissen. Im Neokonfuzianismus oder Hua-yen-Buddhismus gehört die erste Relation zu der Erkenntnistheorie, und die zweite gehört zu der Ontologie. Bei der östlichen Philosophie lautet die erste Art der Relation: Das Objekt dringt nicht zum Subjekt durch, wie fälschlicherweise vermutet wurde, es ist viel mehr so, daß es keine Begrenzung zwischen beiden gibt, und auch keine isolierten Dinge, die vom Menschen unabhängig sind. Gemäß dieses Merkmals können sich die Phänomene von Mensch zu Mensch (Natur-Beobachter) ändern.

Trotzdem kann man an der Objektivität der Dinge festhalten, weil die Erkenntnis der Menschen nach dem alten Taoismus und dem chinesischen Buddhismus zur Konvergenz neigt. Diese Objektivität wurde auch in der östlichen Philosophie Intersubjektivität genannt. Besonders betonen die Neokonfuzianer diese Intersubjektivität. Nach ihnen werden der Beobachtete und der Beobachtende aus dem selben Chi konstruiert. Deswegen sind sie einen inneren zusammenhang zu sehen. Das Erkennen der Natur bedeutet, die Bewegung des Chi zu ergreifen. Wie man den Prozeß des Chi ergreifen kann, konnten die östlichen Philosophen naturwissenschaftlich leider nicht beantworten. Sie haben nur festgestellt, daß man durch "suyang" (menschliche Ausbildung, ethische Geistesbildung, geistige Disziplin) die vollkommene Erkenntnis des Chi erreichen kann. Deshalb kann man die östliche Philosophie, grob gesagt, "Ethik für die Geistesbildung" nennen. Die östliche Philosophie setzt bei der zweiten Art der Relation zwischen den Dingen an. Sie ging zwar vom ethischen Ansatz zur Relation zwischen den Menschen aus, aber ist doch über die Relation zwischen dem Menschen und den Dingen nach die Relation zwischen den Dingen hingelangen. Die späteren Neokonfuzianer, die vom Buddhismus beeinflußt worden sind, betonen, daß man die Relationalität zwischen den Dingen vorher erleuchten muß, um anschließend auf die Relationalität

zwischen dem Menschen und den Dingen oder zwischen den Menschen einzugehen. Das heißt, daß die wahre Erkenntnis die Ontologie voraussetzt, die aus der zweiten Art der Relation zwischen den Dingen entstand.

Oberflächlich gesehen wäre das östliche Paradigma der Relationalität mit der orthodoxen Interpretation der Quantenmechanik wie von Neumann oder Jordan vergleichbar. Solche Interpretationen der Quantenmechanik lehnen zwar den erkenntnistheoretischen Realismus ab. Sie verharren jedoch in der erkenntnistheoretischen Betrachtung. Dagegen geht es bei dem Neokonfuzianismus oder bei der Hua-yen-Philosophie letztlich um die Ontologie. Die östliche Ontologie ist anders als die Platonsche Ontologie oder christliche Ontologie, auf die der Begriff Gottes sich stützt. Die Ontologie in der östlichen Philosophie ist ein Gebiet, das auf der Suche nach dem wirklichen Gang der Natur ist, der vom Menschen unabhängig ist. Hieraus entsteht ein schweres Problem. Hinsichtlich der Standardinterpretation der Quantenmechanik von Bohr habe ich häufig die Abhängigkeit des Naturereignisses vom Menschen behandelt. Nur wenn man von der Warte des Subjekts die Natur beobachtet, ist das Naturereignis vom Menschen als Beobachter abhängig. Wenn man von der Warte der Natur das Naturereignis in dem Sinne sieht, daß der Mensch ein Teil der Natur ist, ist die anscheinende Abhängigkeit der Naturereignisse lediglich eine unabhängige Relation zwischen den Naturereignissen und dem Menschen, da der menschliche Beobachtungsakt in einem Naturereignis besteht. Das bedeutet, daß sich die erste Art der Relation zwischen dem Menschen und dem Naturereignis in der zweiten Art der Relation zwischen Naturereignissen auflöst, wenn man den östlichen Standpunkt akzeptiert, daß die Existenz des Menschen ein Teil des Naturereignisses ist. Diese Vorstellung ist eine typische buddhistische Denkweise hinsichtlich der Beziehung zwischen der Erkenntnistheorie und der Ontologie.

Wir haben bereits gesehen, daß das Hauptproblem der Quantenmechanik das Problem des Meßprozesses ist. Nun muß man darauf achten, daß die Bohrsche Ablehnung der Isolierung des Quanten-

objekts nicht die Isolierung zwischen Quantenobjekten, sondern zwischen dem Quantenobjekt und dem Menschen als Beobachter betrifft. Die buddhistische Vorstellung der Relationalität läßt sich also nicht direkt auf die Interpretation der Quantenmechanik anwenden.

Der zweite Aspekt, dem ich mich zuwenden möchte, ist die Nichtseparabilität. Sie ist zwar dem Bohrschen Denken nahe verwandt, aber verharrt sie doch in der Kausalität. Wir haben gesehen, daß die Nichtlokalität, die auf die Nichtseparabilität beruht, mit der physikalischen raumzeitlichen Kausalität nicht verträglich ist. Um damit bei der Interpretation der Quantentheorie verträglich zu sein, ist eine superluminale Wirkung nötig. Aber jede superluminale Wirkung verletzt die spezielle Relativitätstheorie. Wenn der östliche Holismus mit den möglichen holistischen Interpretation der Quantenmechanik vereinbart werden soll, so geht es dabei um die Korrelation zwischen räumlich separierten Systemen. Aber es geht beim östlichen Holismus nicht darum, ob es die superluminalen Wirkung gibt, da der östliche Holismus nicht die Korrelationen zwischen dem leeren Raum, sondern die Wechselwirkungen zwischen dem Raum, das mit dem Chi von Anfang an erfüllt wurde annahm.

Wie im Kap.1 gesehen, implizieren die EPR-Korrelationen dem Anschein nach eine Idee der superluminalen Verbindung. Das Signal, das die Korrelation zwischen den Systemen ermöglicht, pflanzt sich durch den zwischen beiden Systeme liegenden leeren Raum fort. Es gibt aber kein leeren Raum im östlichen Holismus. Sowohl in dem Neokonfuzianismus als auch in dem Buddhismus ist schon der Raum nicht leer. Er besteht aus kosmischer Energie, die Chi (im Konfuzianismus) oder Fluida (im Buddhismus) heißt. Wegen ihre vollen Erfüllung gibt es keine leeren Stellen im Chi oder Fluida. Deswegen kommt die Information des System 1 simultan bei System 2 an. Nach der Hua-yen ontologischen Darstellung umfaßt der Beobachtungsakt an dem System 1 zugleich die Beobachtung an dem System 2. Sowohl die Existenz der Signale, die System 1 und System 2 miteinander verbinden können als auch die superluminale Verbindung sind

also im östlichen Holismus nicht erforderlich. Diese östliche Interpretation wird aber unter der Annahme gemacht, daß unsere Welt sich vollkommen mit Chi[1] füllt. Hierbei muß man danach fragen, wie sich die Korrelationen gestalten. Wissenschaftlich gesehen kann man darauf nur mit der Existenz der Chi natürlich nicht antworten, da der östliche Holismus keine Naturwissenschaft ist.

Vergleichen wir noch einmal die östliche Nichtseparabilität und die quantenmechanische Interpretation der Nichtseparabilität. Wenn es keinen Raum zwischen System 1 und System 2 gibt, gibt es auch kein Problem der Korrelation getrennter Systeme mehr. Diese Bedingung des östlichen Holismus ist mit der Lokalität nicht verträglich, die eine Grundannahme des EPR-Argumentes ist. Wenn die Systeme nicht getrennt sein könnten, dann wäre das EPR-Phänomen zweifellos kein Problem mehr. Während Einstein am Anfang des EPR-Argumentes annahm, daß die beide Systeme schon getrennt sind, hat der östliche Holismus die Nichtseparabilität der Systeme von Anfang an angenommen. Ihre verschiedene Annahme wurden von ihren veschiedenen metaphysikalischen Grundlagen erzeugt. Um den östlichen Holismus auf den physikalischen Realismus zu pfropfen, muß man, meines Erachtens, vorher ihren Weltanschauungen verstehen. Es ist falsch, mit dem östlichen Denken oberflächlich Probleme wie die EPR-Korrelationen direkt lösen zu können. Dies führt mich zu den nachfolgenden Überlegungen zur "New Age-Bewegung".

Die verschiedenen Versuche, eine Verbindung zwischen moderner Physik und östlichem Denken herzustellen, muß man in Ruhe bedenken. Das Programm, das unter dem Stichwort "New Age" bekanntgeworden ist, enthält eine unwissenschaftliche Tendenz. Das New Age-Programm entzündet sich nicht an einer fehlerhaften Entwicklung der Naturwissenschaft, sondern an soziologischen Defiziten, die sich aus dem Umgang der Gesellschaft mit ihrem Wissenszuwachs ergeben.[2] Zweifellos ging der Ansporn der

---

[1] Hierbei bedeutet das Chi nicht etwa einen Äther, sondern etwa die in dem ganzen Universum verteilte Energie.

[2] vgl. Thomas,Hans(Hg): Naturherrschaft. Herford 1991, S.210-11

New-Age-Bewegung von den Bücher Capras[3] aus. Ich denke, daß er nicht nur tiefes Wissen über die Physik, sondern auch über östliche Philosophie hat. Seine Betonung der weltumspannenden Ökologie vom soziologischen Aspekt aus in seinem späteren Denken ist anerkennenswert.[4] Seinen Worten nach könnte seine ökologische Anschauungsweise unser bankrottes mechanistisches Weltbild ablösen. Aber seine Anschauungsweise der Quantenmechanik und die östliche Philosophie erhältet viele problematische Punkte.[5] Man darf sagen, daß die New-Age-Bewegung nach ihm nicht nur die Physik, sondern auch den östlichen Holismus mißbraucht hat.

Ich werde nun die Kritik an der New-Age-Bewegung von zwei Punkten aus vorstellen: 1) Es ist falsch, die Quantentheorie als Argumentationshilfe für New-Age anzusehen. 2) Es ist ein Irrtum, mit dem östlichen Denken fragliche physikalische Probleme direkt lösen zu können. 3) Zugleich ist es auch ein Irrtum, das östlichen Denken einfach für mystisch zu halten.

Erstens: Die New-Age-Bewegung geht von der totalen Ablehnung der traditionellen physikalischen Kausalität aus. Um diesen Schluß zu gewinnen, führt sie die Quantenmechanik als Wortführer der Selbstorganisation, des Nichtdeterminismus oder der Nichtseparabilität ein. Aber diese Einführung ist einseitig. Die Auffassung, daß strikt korrelierte Ereignisse immer eine lokale Ursache haben, ist mit der Quantentheorie unvereinbar, wie im Kap.3 gesehen. Aber Quantenphysik kann auf Kausalität nicht ganz verzichten, obwohl die quantenmechanistische Phänomene nichtlokal zu sein scheinen, wie im Abs.4.2 gesehen. Bohm behauptet, daß alle Wahrscheinlichkeitsaussagen grundsätzlich auf Kausalität reduzierbar seien. Die Wahrscheinlichkeitsaussagen sind für Bohm nur etwas Vorläufiges in der Quantentheorie. Die Bohmsche Deutung der Quantentheorie

---

[3] "The Tao of Physics"(1976) von Fritjof Capra und "The Dancing WuLi Masters"(1979) von Gary Zukav

[4] vgl. Capra:The turning point. 1982

[5] vgl. Thomas,Hans(Hg): Naturherrschaft. Herfold 1991, S.204; darin sagt Mittelstaedt: "Das Buch [von Capra] gibt ihm [dem nicht physikalisch vorgebildeten Leser] eine Begründung, die nicht existiert."

beschreibt somit alle Vorgänge als kausal. Weiterhin ist die Selbstorganisation ursprünglich eine Rückkopplung, und die Rückkopplung ist eine uralte Idee der Physik.

Zweitens: Ich habe bereits geschildert, daß der ganzheitliche Charakter der Quantenphysik Anklang bei den Anhängern östlicher Philosophie gefunden hat. Hierzu muß man bemerken, daß die Quantenphysik sich von dem östlichen Holismus hinsichtlich ihrer Methodologie vollkommen unterscheidet, obwohl die Quantentheorie als holistisch interpretiert werden kann. Ich habe sowohl den holistischen Aspekt als auch den kausalen Aspekt in der Quantentheorie betont; bei dem holistischen Aspekt der Quantentheorie geht es um die Nichtseparabilität. Die Nichtseparabilität kann zwar die physikalische Kausalität nicht retten, aber impliziert doch die Bohmsche Theorie der verborgenen Variablen, auf die die Kausalität sich stützt. Die Nichtseparabilität der Quantenmechanik konnte bislang noch nicht klar erkärt werden. Trotzdem versuchen Naturwissenschaftler immer, sie nicht metaphysikalisch, sondern physikalisch zu erklären. Naturwissenschaft ist der Bereich wissenschaftlicher Erklärungen und Feststellungen, die Wissenschaftler durch die Anwendung des Kriteriums wissenschaftlicher Erklärungen hervorbringen. Dagegen ist der östliche Holismus eine Weltansicht, die auf der Geschichte beruht, nicht ein Ergebnis, das sich aus wissenschaftlichen Schlußfolgerungen ergab.

Zum Beispiel vergleiche ich eine negentropische Interpretation der Quantentheorie - wenn sie möglich wäre - mit dem Zeit-Rückkehrgedanken Lao tzus.Alle Wesen kehren zu dem Tao als ihrem Ursprung zurück. Das Problem des Hervorgehens aller Wesen aus dem Tao und ihrer Rückkehr zu ihm hin wirft die Frage nach der Richtung der Weltzeit auf. Die Richtung des Weltprozesses im alten Konfuzianismus ist rückwärts. Denn das gesellschaftliche Hauptziel lag in den ursprünglichen Fürsten, und das Ende greift immer mit dem Anfang ineinander. Obwohl man dem Zeit-Rückkehrgedanken der Taoisten akzeptieren kann,, ist er ganz anders als eine mögliche negentropische Interpretationen der Quantenmechanik.

Es gibt keine unmittelbare Beziehung zwischen dem östlichen Holismus und der holistischen Interpretation der Quantentheorie. Obwohl beide Ergebnisse gleichformig sind, haben sie voneinander unterschiedliche logische Denkformen. Wir haben gesehen, daß der östliche Begriff der Realität sich grundsätzlich von dem Begriff der physikalischen Realität unterscheidet. Während der östliche Begriff der Realität von der **ontologischen Ebene** ausgeht, geht der naturwissenschaftliche Begriff der Realität von der **erkenntnistheoretischen Ebene** aus. Die New-Age-Bewegung beging den großen Fehler, als sie das erkenntnistheoretische Objekt mit dem ontologischen Objekt verwechselt hat. Die Erkenntnistheorie und die Ontologie sollten nicht verwechset werden, sondern zueinander komplementär sein.

Drittens: Die New-Age-Bewegung hat auch die östliche Philosophie mißbraucht. Sie hält das östliche Denken für mystisch. Nach dem Historisches Wörterbuch der Philosophie wird die Deutung der Mystik im abenländischen Sinne folgendermaßen geschildert: (1) einziger geistlicher Weg, Gott (oder das göttliche Geheimnis) zu finden (2) Übersprung von Begriffen zum Undenkbaren, Erwartung von Geheimnissen (3) jede Anleitung zum unmittelbaren Innewerden dessen, wohin weder Anschauung noch Begriff, also überhaupt keine Erkenntnis reicht.

Wie auf Seite 167 erwähnt gibt es keinen Begriff der Welt-Schöfung in dem östlichen Denken. Es gibt also keine Gottheit im christlichen Sinne. Es gibt zwar den mit der Gottheit vergleichbaren Begriff "Himmel", hierbei bedeutet der Himmel jedoch eine Natur. Obwohl das Geheimnis der ganzheitlichen Natur die direkte menschliche Erkenntnisfähigkeit übersteigt, ist es überhaupt keine undenkbare Ebene. Die chinesische Naturalisten (Yin-Yang-Schule) betonten immer, daß die Anschauung der unendlichen Natur von der empirischen Annährung an der Natur ausgehen soll. Bei der empirischen Annährungsweise in der östlichen Philosophie mangelt es zwar an der Methodologie der wissenschaftlichen Verifikation, aber sie ist überhaupt kein mystischer Weg. In der chinesischen Philosophie wird die Ord-

nung der Naturprozesse nicht auf die Herrschaft von Naturgesetzen reduziert, sondern versteht sie als Anpassung an das Leben der Gemeinschaft.

Manchmal hält man das buddhistische Zen für die typische östliche Mystik. Ich kann sogar dies nicht akzeptieren. Der Zen-Buddhismus zielt zum Beispiel auf das 'Kaak' - die Erlösung von der menschlichen Kettung.[6] Das Zen kennt keine mystischen Phänome, die während der Zen-Tätigkeit auftreten könnten. Für das Zen zählt die subjektive Erfahrung nicht. Die Zen-Tätigkeit zielt nicht auf Übernatürliches, sondern auf Natürliches, das auf der Mitmenschlichkeit beruht.

Der Konfuzianismus, der Taoismus und der chinesische Buddhismus gingen vom Naturalismus aus. Sie befaßen sich in erster Linie mit Naturbeobachtung und der Erforschung des Tao.
Wenn die New-Age-Bewegung nicht darauf verzichten kann, daß 1) das fernostasiatische Gedanken von Mystik ausgeht und daß 2) einige naturwissenschaftliche Grundlagen direkt auf die östliche Philosophie bezogen werden können, kann die New-Age-Bewegung dem Vorwurf des Okkultismus nicht entgehen. Wegen dem begrifflichen Unterschied zwischen Erkenntnistheorie und Ontologie oder zwischen dem abendländischen Denken und dem östlichen Denken kann ein Mißverständnis entstehen, zum Beispiel bei dem Begriff der Realität oder dem organistischen Weltbild. Der erkenntnistheoretische Realismus der Quantenphysik und der ontologischer Realismus der Whiteheadschen Philosophie und der chinesischen Philosophie sind nicht unterschiedliche Wege zur selben Realität, sondern unterschiedliche Wege zu ganz verschiedenen Ebenen der Realität. Es ist allerdings genauso töricht, wenn der ontologische, metaphysische Realismus versucht, sich durch den erkenntnistheoretischen, physikalischen Realismus bestätigen zu lassen, wie wenn Physiker den letzten umgekehrt durch den ersten beweisen wollen. Trotz der unterschiedlichen Methodologien sollten alle Türen für ein besseres gegenseitiges Verständnis offenbleiben.

---

[6] Das heißt "Nirvana", das eine buddhistische Befreiung des sich von allen weltlichen Sorgens. Einfach gesagt das Erreichen des Tao.

Vom physikalischen Aspekt aus könnte das östliche Denken ziemlich exotisch, mystisch aussehen. Die Tendenz dieses Mißverständnisses liegt, meines Erachtens, in der unterschiedlichen Sprache der östlichen Philosophie und der abendländischen Wissenschaft. Ein Beispiel: Dem Holismus der Hua-yen-Philosophie nach sind Begriffe wie Nichtseparabilität, Komplementarität oder 'Korrelität' üblich. Die Weltanschauung des östlichen Holismus, die das Universum für eine organische Einheit hält, wird "Round Doctrine" genannt. Nach dieser 'runden Doktrin' stellt die Welt sich als perfektes Netzwerk von gegenseitigien Beziehungen dar, wo alle Dinge und Ereignisse miteinander auf unendlich komplizierte Weise zusammenwirken. Ich möchte die Realität in diesem Netzwerk 'Korrealität' nennen. Sie zeigt sich in der "runden Doktrin". Obwohl man den Begriff der Korrealität physikalisch 'noch' nicht fassen kann, braucht man auf das philosophische Verständnis der Korrealität nicht zu verzichten. Natürlich liegt der buddhistischen Begriff der Korrealität schon in der ontologischen Ebene jenseits der Erkenntnistheorie. Hierbei bleibt es noch immer das offene Problem bestehen, ob das ontologische Dasein durch die menschliche Sprache beschrieben werden kann.

8.2 Sprache und Ontologie

Die Quantenmechanik entstand im ersten Drittel unseres Jahrhunderts. Sie ist sicher einer der Eckpfeiler unserer heutigen Physik. A. Shimony hat von der "Shift" des quantenmechanischen Paradigmas gesprochen: "Wir leben in einer bemerkenswerten Zeit, in der man beginnt, philosophische Fragen über die physikalische Realität allmählich experimentell zu klären. Besonders dramatisch sind die Ergebnisse in der Quantenmechanik."[7] Philosophisch betrachtet erforderten die Entdeckungen der Quantenphysik besonders eine neue Phase in der Er-

[7] Shimony,A.:"Die Realität der Quantenwelt" Spektrum der Wissenschaft März(1988) S.78

kenntnistheorie der Naturwissenschaft. Zugleich ging aus der neuen Phase eine neue Ontologie hervor, die immer noch dem Prozeß der Umbildung durch die laufende wissenschaftliche Forschung unterworfen ist. Bislang habe ich die ontologische Deutung der Quantenmechanik in dem holistischen Sinne behandelt. Leider übersteigt die ontologische Suche nach dem Bild, 'was die Realität in Wirklichkeit ist', die positivistischen Interessen der Physik. Aber die Frage nach der Ontologie einer physikalischen Theorie ist kein Pseudoproblem, sondern eine wohldefinierte Aufgabe der Grundlagentheorie der Physik.[8] Die Ontologie in der Physik muß von der Semantik der physikalischen Interpretation ausgehen, geht es doch hierbei darum, ob die Ontologie sich aus epistemologischen Filterungen oder nur durch reine Spekulationen entwickelt hat. Die physikalische Erkenntnistheorie kann von der Ontologie nicht abgesondert werden. Entlang der Entwicklung der Physik ändert die Ontologie der physikalischen Welt sich und mit ihr die in ihr verankerte Epistemologie.

Diese Arbeit behandelt nicht die physikalische Analyse, sondern das Problem, welche Rolle die Ontologie in der Quantentheorie spielt. John Bell schreibt über das Verständnis unserer Welt, das die Quantentheorie uns liefert: "The continuing dispute about quantum measurement theory is not between people who disagree on the results of simple mathematical manipulations. Nor is it between people with different ideas about the actual practicality of measuring arbitrarily complicated observables. It is between people who view with different degrees of concern or complacency the following fact: so long as the wave packet reduction is an essential component, and so long as we do not know exactly when and how it takes over from the Schrödinger equation, we do not have an exact and unambiguous formulation of our most fundamental physical theory."[9] Die philosophische Annährung an die physikalische Welt müsse zwar von den physikalischen Sachverhalten ausgehen, sich aber nicht darauf beschränken.

---

[8] Mainzer,K.:Symmetrien der Natur. Berlin 1988 S.620
[9] Bell,J.(1987) S.51

In der Debatte um den Realismus kann man jetzt die organische Idee in den Bereich der Ontologie einführen. Das organistische Paradigma gehört zum 'fernen Realismus'.[10] Vom Aspekt des erkenntnistheoretischen Realismus aus betrachtet, handelt es sich bei dem 'fernen Realismus'[11] darum, daß die Darstellung der Realität manchmal die empirische Ebene übersteigt. Bezüglich des organistischen Paradigmas kann man an das Komplementaritätsprinzip erinnern: Bohr argumentierte, daß ein vollständiges Verständnis der Physik eines lebenden Organismus derart detaillierte Experimente erfordert, daß der Organismus dadurch getötet würde. Daraus leitet er eine Komplementaritätsbeziehung zwischen dem lebenden Organismus und seiner wissenschaftlichen Beschreibung ab.[12] Beide Aspekte sind wichtig und sollten betrachtet werden, sie widersprechen einander jedoch - und dieser Widerspruch kann im Prinzip nicht eliminiert werden. Bohr schloß daher: "Dieser Sachverhalt [die Komplementarität] bringt es ja auch mit sich, daß der Begriff der Zweckmäßigkeit, der in der mechanischen Analyse keinen Platz hat, einen gewissen Anwendungsbereich bei Problemen findet, wo Rücksicht auf die Kennzeichen des Lebens genommen werden muß."[13] Niemand versteht wirklich, warum die Quantentheorie funktioniert und daß die Erkenntnistheorie in dieser Beziehung weit hinter der Physik zurückgeblieben ist.[14] Die Quantentheorie ist in ihrer gegenwärtigen Formulierung weder eine positi-

---

[10] D'Espagnat,B:Auf der Suche nach dem Wirklichkeit. Berlin 1983 S.99 "Es scheint angemessen, eine Unterscheidung zwischen einem 'nahen Realismus' und einem 'fernen Realismus' einzuführen. Ich werde jede Sicht der Welt, die annimmt, daß alle Elemente der Wirklichkeit durch Begriffe, die uns nah und vertraut sind, angemessen beschrieben werden können, 'nahen Realismus' nennen. Ich nenne jede Auffassung, die dieser Bedingung nicht genügt, fernen Realismus....Die Weltsichten von Buddha, von Tao sind ferner Realismus."

[11] Dieser ferne Realismus stützt sich auf philosophische Ontologie. Hierbei geht es nicht nur um den physikalischen Realismus, sondern auch um den metaphysikalischen Realismus.

[12] Dieser Sachverhalt der Komplementarität innerhalb der Physik führt nach der Auffassung Paulis in natürlicher Weise über das engere Gebiet der Physik hinaus zu analogen Situationen bei den allgemeinen Bedingungen der menschlichen Erkenntnis. (Pauli:Physik und Erkenntnistheorie. S.15)

[13] Bohr,N.:Atomphysik und menschliche Erkenntnis. 1958 S.11

[14] Selleri(1983) S.73

vistische Theorie, die nicht durch eine formale, auf ein Objekt bezogene Sprache beschrieben werden kann, noch ist es eine realistische Theorie, die mit Hilfe einer realistischen Sprache formuliert werden kann.

Eine Theorie muß ihre Ergebnisse in vernünftigen Begriffen ausdrücken. Aber die moderne Wissenschaft überschreitet manchmal die alltägliche Gedankenstruktur. Dies erscheint zunächst paradox. Feynman hat die Situation wie folgt beschrieben: "Das Paradox ist lediglich ein Konflikt zwischen der Realität und ihrem Gefühl, was Realität sein sollte."[15] Zugespitzt gesagt ist Realität nicht holistisch, nicht dynamisch, nicht organisch - alle diese Begriffe sind nur Vorstellungen von der Realität. "Alle physikalischen Modelle können immer nur vereinfachende symbolische, oder niemals ikonische Darstellungen der Natur liefern."[16] Solche physikalischen Theorien haben sich immer mehr von den täglichen Erfahrungen abgesondert, um die beobachteten Phänomene genauer beschreiben zu können. Aber die physikalische Realität, die mittels theoretischer Bilder repräsentiert wird, besteht nicht in dem Symbol. Wie Wittgenstein sagte, "er[man] muß sozusagen die Leiter [das Symbol] weit wegwerfen, nachdem er auf ihr hinaufgestiegen ist".[17] Allerdings darf man die Leiter wie die physikalische Theorie nicht wegwerfen, trotzdem man muß die Deutung dieser Metapher überlegen.

Wissenschaft ist der Bereich wissenschaftlicher Erklärungen und Feststellungen, die Wissenschaftler durch die Anwendung des Kriteriums wissenschaftlicher Erklärungen hervorbringen. Wissenschaftler befassen sich in der Wissenschaft mit der Erklärung und dem Verständnis der Wirklichkeit der Natur, als wären diese objektiven Bereiche der Existenz unabhängig von Menschen. Wir erleben Erfahrung als etwas, das sich in uns und für uns anpaßt, wie wir es in Sprache fassen. Wir existieren in der Sprache, und unsere menschliche Erfahrung findet in der Sprache statt. Wenn man akzeptiert, daß sich die menschlichen

---

[15] Zitat in: Gribbin(1988) S.246
[16] Kanitscheider(1979) S.315
[17] Wittgenstein:Tractatus Logico-Philosophicus. 1922 §6.54

Gedankenstruktur in der Begrenzung der sprachlichen Vorstellung beschränkt, findet Wissenschaft in der Sprache statt, indem wir Sprache benutzen, um sie zu erzeugen, aber nicht als die Abstraktion, sondern als etwas ebenso Konkretes.

Der Mensch wird immer wieder die spontane Erfahrung einer Wirklichkeit erleben und diese in Worten beschreiben, die ihm angemessen scheinen.[18] Physikalische Theorien sind natürlich von abstrakter Gedankenstruktur; auch in der Quantentheorie wird die Operation der Abstraktion erfordert: "Every isolation of a subsystem from a quantum system requires a process of abstraction which discards potential properties present in the original system. In science abstractions are indispensable."[19] Die Formulierung des Begriffes ergibt sich nicht aus der direkten Wahrnehmung des Objektes, sondern aus der Filtrierung der Erfahrungen. Bohr hat auch betont, daß man keinen Inhalt ohne Begriff begreifen kann.[20] Aber das wirkliche Verständnis der Natur entsteht nicht aus der Abstraktion. Alle Versuche, die Fragen der Realität zu lösen, müssen fehlgehen, wenn sie von bestimmten physikalischen Erfahrungen getrennt werden. Nun muß man sich von der Abstraktion wieder zum Konkreten wenden. Dies Konkrete geht davon aus, die dynamische Relationalität der Ereignisse zu verstehen, die die Hauptfrage dieser Arbeit war. Nach Putnams Worten[21] kann der Verstand einige seiner Begriffe zu den Erscheinungen beobachtbarer Ereignisse in Beziehung setzen. Auf diese Weise können einige unserer sprachlichen Zeichen ihren Bezugsobjekten zugeordnet werden.

8.3 Zusammenfassung

Zuletzt soll eine tabellenartige und kapitelweise Zusammenfassung der Hauptthesen der vorliegenden Arbeit versucht werden:

---

[18] vgl. Pauli:"Phänome und physikalische Realität" Dial.11 (1957) S.37

[19] Primas(1983) S.326

[20] vgl. Feyerabend:Wissenschaftstheoretische Realismus und die Autorität der Wissenschaften. Braunschweig 1978 S.10

[21] Putnam:"Realismus in der Philosophie und Realismus in der Physik" Phys.Bl.42(1986) S.107

	Einstein	Bohr	Bohm	Whitehead	Chi-Phil.	Taoismus	Hua-yen-Phil.
Realität ?	Substanz	Relation	Potentialität (Phil.:Ganze)	Prozeß	Einheit	Tao	Leerheit (Buddhaschaft)
Kausalität?	in Prinzip determiniert	Wahrscheinlichkeit	mit verborgenen Variablen	Prehension	Bewegung der "Chi"	überphänomenen	Kausalkettung
Effekt?	Nahewirkung	Nichtlokalität	Nichtlokalität	Unifikation	Undifferenziertheit	Undifferenziertheit	innerlich verbunden
Epistemologisch Objektivität?	Unabhängigkeit von Beobachter	Abhängigkeit von Beobachter	Unabhängigkeit von Beobachter	interrelativ	-	-	-
Realismus?	Realismus	Phänomenalismus	Realismus mit verbo.Variablen	Realismus mit Prozeß	Realismus	ontologisch Realismus (epistemologisch Phänomenalismus)	ontologisch Realismus (epistemologisch Phänomenalismus)

Von Anfang an haben wir die Debatte zwischen Einstein und Bohr verfolgt. Einstein hält an dem physikalischen Realismus fest. Im Gegensatz dazu hält Bohr an einer positivistischen Position fest. Während Einstein bezüglich der Kausalität die Autonomie des Teilsystems betont, geht es für Bohr um "feature of wholeness". Weiterhin habe ich die philosophische Position Bohms betont. Bohm hat sich bereits zwischen Einstein und Bohr eingeordnet. Bohm akzeptiert nicht die Autonomie des isolierten Subsystems, sondern die Autonomie des ganzen Systems. Er nimmt aber an, daß die Realität des Universums als Ganzes nicht von uns abhängt. Also verzichtet er auf die Kausalität des ganzen Systems nicht. Für ihn stützt die Kausalität sich auf den Begriff verborgener Variablen, d.h., durch die Existenz verborgener Variablen wird diese Autonomie des ganzen Systems unterstützt. Philosophisch gesehen liegt Bohms Hauptgewicht aber auf dem ganzheitlichen Holismus. Hierbei hatten wir die Schwierigkeit, wie man die holistische Idee und die Kausalität harmonisch miteinander vereinbaren kann.

Um solche Möglichkeiten auszuforschen, habe ich die Prozeß-Philosophie Whiteheads und die fernostasiatische Philosophie betrachtet. Diese beiden Philosophien basieren grunsätzlich auf dem Holismus. Zugleich wurden die kausalen Verbindungen der Phänomene dabei betont. Es scheint paradox, Holismus und Kausalität vereinbaren zu wollen. In der Whiteheadschen Naturansicht aber entsteht die Relation der Phänomene perfekt aus der kausalen Durchdringung der Dinge. Wir haben gesehen, daß Whitehead solche kausalen Durchdringungen mit dem eigenen Begriff "Prehension" bezeichnet hat. Der physikalische Realismus ist üblicherweise eine These der Erkenntnistheorie. Whiteheads Realismus aber geht von dem Hintergrund der philosophischen Ontologie aus. Physikalisch gesehen liegen die beiden Arten des Realismus zwar auf verschiedenen Ebenen, beide versöhnen jedoch Erkentnistheorie und Ontologie in der Whiteheadschen Prozeß-Philosophie. Prigogine und Stengers schreiben, bezogen auf die Philosophie Whiteheads: "Physik und Metaphysik treffen sich heute in einer Konzeption der Welt, die den Prozeß, das Werden als konstituitiv für die physikalische Existenz annimmt..."[22]

Die Hua-yen-Philosophie betont in besonderer Weise die Kausalverkettung der Phänomenwelt. Alle Dinge der Welt sind verknüpft in einem kausalen Netzwerk, das die holistische Ganzheit ist. Menschen können bloß die Kausalverkettung nicht erkennen, da das Netzwerk für Menschen zusammengefaltet, verborgen ist. Der buddhistische Begriff 'Nirvana' oder 'Erleuchtung' bedeutet im Grund das Erkennen der verborgenen Kausalelemente, d.h., das Erkennen - buddhistischer Vorstellung nach "Erreichen" - von Realität. Ein Erkennen ist allein mit der analytischen Methode des Reduktionismus nicht möglich. Hierbei gibt es einen Konflikt zwischen unserer sprachlichen Vorstellung und der metaphysischen Realität. Diese Schwierigkeit bleibt noch als tiefes Problem bestehen.

---

[22] Prigogine,I./I.Stengers:Dialog mit der Natur. München/ Zürich 1981 S.291

Literaturverzeichnis

Abriss,E.:Geschichte der Physik.Berlin

Audretsch/Mainzer (Hg.) Wieviele Leben hat Schrödingers Katze?. Mannheim 1990

Ballentine,L.E.,etc.:"Quantum-mechanics debate" Physics Today Apr.1971

Ballentine,L.E.:"The Statistical Interpretation of Quantum Mechanics" In:Reviews of Modern Physics 42(1970)

Baumann,K. / Sexl,R.U.:Die Deutungen der Quantentheorie,1984

Baumann,K.:"Realistische Interpretation der Quantenmechanik" in:Philosophie und Physik R.Haller/J.Götschl Hrsg. Braunschweig 1975

Béky,Gellért:Die Welt des Tao. Freiburg/München 1972

Belinfante,F.J.:A survey of hidden-variables theory.1973

Bell,J.:Speakable and unspeakable in quantum mechanics. NY 1987

Bell,J:"On the EPR Paradox" Physics 1(1964)

Bell,J:"On the Problem of Hidden Variables in Quantum Mechanics" Rev.of Mod. Phys. 38(1966)

Bohm,David und Basil.J.Hiley:On the Intuitive Understanding of Nonlocality as Implied by Quantum Theory. Foundations of Physics 5(1975)

Bohm,David/B.Hiley:"On the Intuitive Understanding of Nonlocality as implied Quantum Theory" Found.Phys.5(1975)

Bohm,David/Bub:"A Proposed Solution of the Measurement Problem in Quantum Mechanics by a Hidden Variable Theory" Rev.of Mod.Phys. 38(1966)

Bohm,David:"A Suggested interpretation of the Quantum Theory in terms of 'Hidden'Variables" Phys.Rev.85(1952)

Bohm,David:"Hidden Variables in the Quantum Theory" In:Quantum Theory,D.R.Bates(ed) New York 1962 vol.3

Bohm,David:"S Matrix Interpretation of Quantum Theory" Phys.Rev. D3(1971)

Bohm,David:Causality and chance in modern physics.London 1957

Bohm,David:Quantum Theory as an Indication of a New Order in Physics.In:d'Espagnat(Hg.);Foundations of Quantum Mechanics New York 1971 S.430

Bohm,David:Wholeness and the implicate order. London 1980

Bohr,Niels:"Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?" in Physical Review 48(1935)

Bohr,Niels:"Über die Begriffe Kausalität und Komplementarität" In Dialectica 7(1948)

Bohr,Niels:Atomphysik und menschliche Erkenntnis I. Braunschweig 1958

Bohr,Niels:Atomphysik und menschliche Erkenntnis II. Braunschweig 1958

Bohr,Niels:Atomtheorie und Naturbeschreibung.Springer, Berlin 1931

Boltzmann:Populäre Schriften.Braunschweig 1979

Born, Max:Atomic Physics.N.Y. 1957

Bratoev,G.:Heisenberg und die philosophische Begründung der Broda,Engelbert:Ludwig Boltzmann.Wien 1986
Bub,J.:"Hidden variables and the Copenhagen Interpretation" Brit. J. Phil.Sc. 19(1968) S.185-210
Bub,J.:"The Philosophy of Quantum Mechanics" Brit.J. Phil. Sci. 40 (1989)
Büchel,W.:"Quantenphysik und kritischen Realismus" Phil.Nat.5 (1958) Hf.1
Büchel,W.:Der Bellsche Beweis. Eine Fallstudie. In ZAW 8 (1977)
Bunge,Mario: Die Wiederkehr der Kausalität. In: Kanitscheider (1984)
Bunge,Mario:Epistemologie.Zürich 1983
Bunge,Mario:Quantum Theory and Reality.Berlin 1967
Busse,H.G.:"Einheit von physikalischen und biologischen Theorien als Systeme der nichtlinearen Thermodynamik" In:Walter Saltzer(Hg.),Zur Einheit in Geschichte und Gegenwart. Darmstadt 1990
Chan,Wing-tsit: A Source Book in chines Philosophy. Princeton 1963
Cheng shih. I Shu 15:14b
Chu tzu yü lei. 1:5a, 53:4a
Chuang Tse. 1:1
Clauser,J./ Horne,M.:"Experimental Consequences of Objektive Local Theories" In Physical Review D 10(1974)
Clauser,J/Horne/Shimony/Holt:"Proposed experiment to test lokal hidden-variable theories" Phys.Rev.Lett.23(1969)
Cohen,I.B.:Isaac Newton's Papers & Letters.Cambridge,1958
Costa de Beauregard(Hg.):Einstein.Editions du CNRS,Paris 1980
Costa de Beauregard:"Mon Interpretation De La Correlation D'Einstein" In:Einstein.Symposion. 1979
Costa de Beauregard:Time Symmetry and interpretation of Quantum Mechanics. In:Physical Sciences and History of Physics hg. von R.S.Cohen und M.W.Wartofsky
Costa de Beauregard:Time,the physical magnitude.Dordrecht 1987
Cushing,James T./McMullin,E. (Hg.): Philosophical Consequences of Quantum Theory. Notre Dame 1989
D'Espagnat,B.:"Quantentheorie und Realität" Spektrum der Naturwissenschaft(1980) dt.Ubers.
D'Espagnat,B.:Auf der Suche nach dem Wirklichen. Berlin 1983
D'Espagnat,B.:Conceptional Foundations of Quantum Mechanics 1976
D'Espagnat,B.:The Quantum Theory and Reality" Sci.Am.241 (1979)
D'Espagnat,B:Grundprobleme der gegenwärtigen Physik.Vieweg, Braunschweig.
Davies,P.C.W. und J.R.Brown Hg.:Der Geist im Atom. Berlin 1988
Davis,Paul:Chaos.London 1988
Dawydow,A.S.:Quantenmechanik. Berlin,1987
De Groot,J.J.M.: Universismus. Berlin 1918
DeWitt,B.S.:"Quantum Mechanics and Reality" Phys.Today 23(1970)
DeWitt,B.S.:The Many-Universes Interpretation of Quantum Mechanics.In:Foundations of Quantum Mechanics.d'Espagnat Hg., New York 1971
Diamant-Sutra 17. übers. v. M.Walleser: Prajnaparamita. Göttingen 1914

Drieschner,Michael:Voraussage-Wahrscheinlichkeit-Objekt.Berlin 1979
Duch,W./D.Aerts:"Mikrophysical reality" Physics Today. June/1986
Dumoulin,Heinrich:Geschichte des Zen-Buddhismus Bd.I München 1985
Einstein,A./Leofeld Infeld:Evolution der Physik,München 1966
Einstein,A./Leopold Infeld:The Evolution of Physics,Simon& Schuster,NY 1938
Einstein,A./Michele Besso:Correspondance. Paris 1972
Einstein,A.:"Autobiographical Notes", in Paul Schilpp(ed): Albert Einstein,Philosopher-Scientist,H&R,NY 1949
Einstein,A.:"Quanten-Mechanik und Wirklichkeit" Dial.2(1948)
Einstein,A.:Essays in Science. NY,1934
Einstein,A.:Physics and Reality In:Franklin Inst.221 (1936)
Einstein,Podolsky und Rosen, "Can Quantum Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?" in Physical Review 47(1935)
Einstein,Podolsky und Rosen, "Can Quantum Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?" Phys. Rev.47(1935) ; Dt.Übers. von Baumann/Sexl:Die Deutungen der Quantentheorie. Braunschweig 1984
Eliot,Charles:Japanese Buddhismus. London 1958
Emmet,Dorothy:Creativity and the Passage of Nature. In: Rapp,F.und Wiehl, R.(Hg.):Whiteheads Metaphysik der Kreativität. Freiburg/München 1986
Feyerabend:Wissenschaftstheoretische Realismus und die Autorität der Wissenschaften. Braunschweig 1978
Fischer,E.P.:Niels Bohr.München 1987
Fock,V.A.:"Criticism of an attempt to disprove the uncertainty relation between time and energy" Soviet Phys. JETP 15(1962)
Forke,Alfred: Geschichte der neueren chinesischen Philosophie. Hamburg 1964
Gibbins,Peter:Quantum Logic and Ensembles.In:Richard Swinburne(Hg:):Space, Time and Causality. Dordrecht/Boston 1983
Götschl,Johann:Zur philosophischen Bedeutung des Paradigmas der Selbstorganisation für den Zusammenhang von Naturverständnis und Selbstverständnis.In:W.Krohn/G.Küppers (Hg.) Selbstorganisation Braunschweig 1990
Granet,Marcel:Das chinesische Denken. dt.übers. v. Manfred Porkert, FFm 1985
Greiner,Walter:Quantenmechanik.Ff/m 1989
Hackmann,Heinrich: Chinesische Philosophie. München 1927
Haller,R./Götschl,J:Philosophie und Physik.
Hampe,Michael:Die Wahrnehmungen der Organismen. Göttingen 1990
Hampe,Michael:Sekundäre Qualitäten und die Verzweigung der Wirklichkeit. In:Holzhey/Rust/Wiehl(1990)
Han Kang Po: Kommentar zum I-Ching. 7:372
Hedrich,R./Kuhn,W:"Der drohende infinite Regreß materieller Strukturen" PdN-Ph.38(1989)
Heisenberg,Werner:"Entwicklung der Deutung der Quantentheorie" In:Erkenntnisproblem der Naturwissenschaften.BERLIN 1970 s.412
Heisenberg,Werner:"The Development of the Interpretation of the Quantum Theory" In:N.Bohr and the Development. Pauli (ed.) London 1955

Heisenberg,Werner:Das Naturbild der modernen Physik.
Heisenberg,Werner:Physik und Philosophie.Ullstein,Berlin 1973,
Hennemann,Gerhard:"Zur Frage nach dem ontologischen Hintergrund der modernen Atomphysik" Phil.Nat.6(1960)
Herbert:Quantenrealität
Hermann(Hg.):A.Einstein, M.Born, Briefwechsel, Stuttgart 1968
Heuser:Wissenschaft und Metaphysik. In:Krohn/Küppers (1990)
Holzhey,Helmut:Das Postulat eines neuen Naturbegriffs. In: Holzhey,H., Rust,A. und Wiehl,R.(Hg.): Natur,Subjekt, Gott. Frankfurt/M 1990
Hooker,C.A.:A realitic theory of science.NY 1987
Howard,Don:"Einstein on locality and separability". In:Studies in History and Philosophy of Science 16(1985)
Howard,Don:"Holism,Separability and the Metaphysical Implications of the Bell Experiments". In:Cushing(1989)
Hsing-li ta-tch'üan IX, S.5b
Hübner,Kurt:"Diskussion der Quantenmechanik" in Phil.Na. 9(1965)
Hübner,Kurt:"Über die Philosophie der Wirklichkeit in der Quantenmechanik" in Phil.Nat.14(1973)
Jammer,Max:"Albert Einstein und das Quantenproblem" in H. Hermann(ed.):Einstein Symposion Berlin,Springer,Berlin 1979
Jammer,Max:The philosophy of quantum mechanics.New york 1974
Jauch und C.Piron:"Can hidden variables be excluded in quatum mechanics?" In:Helvetica Physica Acta 36(1963) S.827-837
Jones, Martin Richard: Locality and Holism. Stanford 1989
Jordan,Max:Anschauliche Quantentheorie. 1936
Jung,Walter:"Über Whiteheads Atomistik der Ereignisse" Phil.Nat. 7(1961/62)
Kanitscheider,Bernulf:Das Weltbild Albert Einsteins. München 1988
Kanitscheider,Bernulf:Philosophie und moderne Physik,1979
Kanitscheider,Bernulf:Schrödinger - Physiker und Philosoph.In: Conceptus 42(1983)
Kanitscheider,Bernulf:Wissenschaftstheorie der Naturwissenschaft. de Gruyter 1981
Kasprzik,B.:"Whiteheads metaphysische Option" Allg.Zs.f.Phil. 13(1988)
Kochen / Specker:"The Problems of Hidden Variables in Quantum Mechanics" In:J.of Mathematics and Mechanics 17(1967)
Körner,S.:"Observation and Interpretation in the Philosophy of Physics.New York 1962 S.51 Zitat in Jammer(1974)
Krohn, Wolfgang/Günter Küppers(Hg.): Selbstorganisation-Aspekte einer wissenschaftlichen Revolution. Braunschweig 1990
Kutschmann,Werner:"Zur Interpretation der Quantenmechanik" Phil.Nat.19(1982)
Lande,Alfred:"Einheit in der Quantenwelt" Dial.14
Lao-tse:Tao Te King. übers.u. hrsg. v. Richard Wilhelm, Köln 1978
Lin,Yu-tang:Mein Leben und mein Volk. Stuttgart 1935
Liu,Mau-Tsai:Wesenszüge der chinesischen Philosophie. Wilhelmshavener Vorträge 1971
Lü Shih Chhun Chius. Kap.I. Übersetzt von Needham(1984)
Ludwig,G.:Die Grundlagen der Quantenmechanik.Berlin 1954
Mainzer,Klaus:Naturphilosophie und Quantenmechanik. In: Audretsch,J./K.Mainzer(Hg.):Wieviele Leben hat Schrädingers Katze?. Mannheim 1990

Mainzer,Klaus:Symmetrien der Natur. Berlin 1988
Margenau,Henry:Physics and Philosophy,Reidel,Dordrecht 1978
Maturana,Henry:Wissenschaft und Alltagsleben. In: Krohn/ Küppers (1990)
Mays,Wolfe:Whitehead's Philosophy of Science and Metaphysics. Hague 1977
McGilvary,E.B.:Space-Time, Simple Location, and Prehension. S.213-216 in Schilpp(Hg.): The Philosophy of A.N.Whitehead. Illinois 1951
Mittelstaedt,P.:"Objektivität und Realität in der Quantenphysik. in Audretsch,J./K.Mainzer(Hg.):Wieviele Leben hat Schrödingers Katze?. Mannheim 1990 S.129-133
Mittelstaedt,P.:"Sprache und Realität in der Quantenphysik" in Philosophia Naturalis 25(1988)
Mittelstaedt,P.:Philosophische Probleme der modernen Physik Zürich 1989
Moses,Lincoln;Think and Explain with Statistics. Mass. 1986
Mückenheim,W.:"Das EPR-Paradoxon und die Unbestimmtheit der Realität" in Phys.Bl.39(1983) Nr.10
Murti,T.R.V.:The Central Philosophy of Buddhism. London 1955
Needham,Joseph:Science and civilisation in China. 2Bd. Cambridge
Needham,Joseph:Wissenschaft und Zivilisation in China. Bd.I Übers. v. Rainer Herbster, Ff/m 1984
Nobo,Jorge Luis:Whitehead's Metaphysics. New York 1986
Nordin:"Determinism and Lokality in Quantum Mechanics" Syntheses 42(1979)
Nyanatiloka:Die Frage des Milindo. München 1914 S.46f
Ohama,Akira:Roshi no tetsugaku. Tokyo 1966
Pauli,Wolfgang:"Phänomen und physikalische Realität" Dial.11 (1957)
Pauli,Wolfgang:Matter. In:Man's right to knowledge. New york 1955
Pauli,Wolfgang:Physik und Erkenntnistheorie.
Peres,Asher:"Einstein,Gödel,Bohr" Foundations of Physics 15(1985)
Pfarr:"Zur Deutung der many-worlds Interpretation der Quantentheorie. In:Grundlagen der Quantentheorie.Peter Mittelstaedt(Hg.) Zürich 1980
Ping,Woran:A Short History of chinese Philosophy. Koreanisch
Planck,Max:Vorträge und Reden.Vieweg,Braunschweig 1958
Polikarov:"Einsteins philosophischer Realismus" in:Philosophie,Physik,Wissenschftsgeschichte.W.Muschik(Hg.) TUB 1989
Prigogine,I./I.Stengers:Dialog mit der Natur. München/ Zürich 1981
Prigogine,Ilya:Vom Sein zum Werden.München 1985
Primas,Hans:Chemistry,Quantum Mechanics and Reductionism. Berlin 1983
Putnam."Realismus in der Philosophie und Realismus in der Physik" Phys.Bl.42(1986)
Rapp,Friedrich:Der Kreativitätsbegriff Whiteheads und die moderne Naturwissenschaft. In:Rapp,F./Wiehl,R.(Hg.) : Whiteheads Metaphysik der Kreativität. Freiburg/München 1986)
Redhead,Michael:Incompleteness,Nonlocality and Realism. Oxford 1987

Redhead,Michael:Nonlocality and Peaceful coexistence. In:Richard Swinburne(Hg.) Space, Time and Causality. Dordrecht/Boston 1983
Roman,Colin A.:Wissenschaft und Zivilisation in China. Übers.v. Rainer Herbster FFm 1985
Rozental,S.(Hg:):Niels Bohr.Amsterdam 1968
Sachta,Peter:Die Theorie der Kausalität in Kants <Kritik der einen Vernunft> Meisenheim 1975
Schilpp,P.A.(Hg.):Albert Einstein,Philosopher-Scientist.Illinois 1949
Schilpp,P.A.(Hg.):The Philosophy of A.N.Whitehead. Illinois 1951
Selleri,Franco:Die Debatte um die Quantentheorie.Vieweg, Braunschweig 1983
Shimony,A.:"Quantum Physics and the Philosophy of Whitehead" In:Cohen/Wartofsky(Hg):Boston Studies in the Philosophy of Science. NY 1965
Shimony,A.:Die Realität der Quantenwelt. In:Spektrum der Wissenschaft 3/88
Stapp,Henry.:"S-Matrix interpretation of quantum theory" Phys.Rev. D3 (1971)
Stapp,Henry:The copenhagen interpretation and the nature on space-time In:AJP 40(1972)
Steinilber-Oberlin,E.: The Buddhist Sects of Japan. London 1938
Stöckler,Manfred:"Philosophen in der Mikrowelt-ratlos?" Zeits.f. allge.Wiss.17(1986)
Stöckler,Manfred:Philosophische Probleme der relativistischen Quantenmechanik
Suzuki,Daisetsu: A brief History on Early Chinese Philosophy. London 1914
Suzuki,Daisetsu:Der Zen-Weg zur Befreiung. Übers. v. Jochen Eggert, München 1987
Suzuki,Daisetsu:Essays in Zen Buddhism,Bd.3.
Suzuki,Daisetz:Ur-Erfahrung und Ur-Wissen:Die Quintessenz des Buddhismus. übers. v. Ernst Schönwiese, Wien 1983 S.91f
Takakusu,J.:Essentials of Buddhist Philosophy. Indiana edition 1956
Tao Te Ching. Kap.32
Tetens,Holm:"Ist die Quantenphysik vollständig?" In:ZAW 17 (1986)
Theo Mayer-Kuckuk:"Was ist in der Physik ein Gesetz" In:Philosophie,Physik und Wissenschaftsgeschichte(Scheibe Hg.) Berlin 1988
Thomas, Hans (Hg): Naturherrschaft: Wie Mensch und Welt sich in der Wissenschaft begegnen. Herford 1990
Tschu-tse tch'üan-schu. Kap.49 S.34a
Von Neumann,J.:Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik Berlin 1932
Walleser,W.:Die Mittlere Lehre des Nagarjuna. Heidelberg 1912
Wegener,Ursula:"Quantenmechanik und Wahrscheinlichkeit" Dia.37(1983)
Wei-Chin su-hsiang lun S.30
Weizsäcker:"Zur Deutung der Quantenmechanik" Zs.f.Physik 11(1941)
Welker,M.:"Die relativistische Kosmologie Whiteheads" Phil. Runds. 32(1985)

Wheeler,J:"Assessment of Everett's 'Relative State' formulation of quantum theory" Rev.of Mod. Phys.29(1957)
Whitehead,Alfred North:A Treatise on Universal Algebra. Cambridge 1898
Whitehead,Alfred North:Adventures of Ideas. NY 1933
Whitehead,Alfred North:An Enquiry Concerning the Principles of Natural Knowledge. Cambridge 1919
Whitehead,Alfred North:Der Begriff der Natur. Weinheim 1990
Whitehead,Alfred North:Modes of Thought. Cambridge 1938
Whitehead,Alfred North:Process and Reality.Corrected Edition NY 1969
Whitehead,Alfred North:Prozeß und Realität. Ff/m 1979
Whitehead,Alfred North:Science and the Modern World. Cambridge 1927
Whitehead,Alfred North:The Concept of Nature. Cambridge 1920
Whitehead,Alfred North:The Principle of Relativity. Cambridge 1922
Whitehead,Alfred North:Wissenschaft und moderne Welt. Ff/m 1984
Wigner,E.:"On Hidden Variables and Quantum Mechanical Probabilities" AJP 38(1970)
Wigner,E.:"The problem of measurement" Amer.J. Phys.31(1963)
Wittgenstein:Tractatus Logico-Philosophicus. 1922

도서 제목 : Die Moglichkeit einer ontologischen deutung

ID : chartus

이름 : 최종덕

이메일 : jdchoi@sangji.ac.kr

http://www.iBookScan.co.kr