



# **Unlebte und belebte Materie: Ordnungsstrukturen immaterieller Beziehungen - Physikalische Wurzeln des Lebens -**

*HANS-PETER DÜRR*

*Max-Planck-Institut für Physik  
- Werner-Heisenberg-Institut -  
Föhringer Ring 6, D-80805 München*

## **1. Einführende Bemerkungen**

Wie verhält sich die belebte zur unbelebten Materie? Läßt sich das Lebendige als eine Emergenz des Unlebendigen auffassen? Kann Biologie letztlich völlig auf die Chemie oder gar auf die Physik zurückgeführt werden? Solche Fragen zu stellen, erscheint zunächst nicht unberechtigt. Denn bei der unserer Naturwissenschaft eingeprägten analytischen Betrachtungsweise, die das Größere aus dem Kleineren zu erklären versucht, wird gewöhnlich angenommen, daß sich die Phänomene des Mesokosmos, unserer gewohnten Lebenssphäre, in unmittelbarer Abhängigkeit und als Folge der Gesetzmäßigkeiten des Mikrokosmos deuten lassen. Darüber hinaus würden wohl viele Biologen angesichts der großen Bedeutung der Molekularbiologie, diese Frage prinzipiell auch positiv beantworten. Obgleich Moleküle und Atome 'Objekte' sind, über die ein Physiker gut Bescheid weiß und deshalb verlässliche Aussagen machen kann, folgt daraus allerdings nicht, daß deren spezielle Vorstellungen einem Biologen sehr viel weiter helfen. Denn beim Aufstieg vom Mikrokosmos zum Mesokosmos werden die ursprünglichen Eigenschaften der 'Bausteine' weitgehend verdeckt und treten durch ihr kompliziertes Zusammenspiel nur mehr in qualitativ stark veränderter Form in Erscheinung. Ein Physiker würde deshalb, so wird vermutet, einem Biologen wohl kaum etwas für eine Erklärung Interessantes anbieten können, was er nicht besser und einfacher von einem Chemiker lernen könnte.

Dies mag durchaus so sein, aber sicher ist dies nicht. Die Physik hat nämlich im ersten Drittel dieses Jahrhunderts einen tiefgreifenden Wandel erfahren, der meines Erachtens in seiner vollen Bedeutung von den Biologen bisher kaum wahrgenommen worden ist. Wenn wir uns deshalb die Frage stellen, ob die Biologie letztlich auf die Physik zurückführbar sei, so müssen wir zunächst die Gegenfrage stellen: Welche Physik ist hier gemeint? Die alte klassische, mechanistische Physik oder die neue, holistische Quantenphysik? Meine Vermutung ist nämlich, daß unsere Ausgangsfrage nur dann positiv beantwortet werden kann, wenn wir uns dabei ganz wesentlich auf die neue Physik und die von ihr aufgedeckten, im Vergleich zu unseren gewohnten Vorstellungen, andersartigen Zusammenhangsverhältnisse der Natur beziehen.

Es ist dieses radikal veränderte neue Weltbild der modernen Physik, das aus meiner Sicht auch in der heute dominant naturwissenschaftlich ausgerichteten Biologie eine entsprechend veränderte Sichtweise - mit den damit verbundenen neuartigen und höchst eigenartigen Fragestellungen und Aussagen - nach sich ziehen könnte. Ich möchte dabei betonen, daß es sich bei der neuen Physik nicht einfach nur um einen Paradigmenwechsel im Sinne des von Thomas Kuhn in seinem Buche "The Structures of Scientific Revolutions" (Kuhn 1962) geprägten Begriffes handelt. Denn die alten Erkenntnisse und Beschreibungen erlangen im Rahmen der neuen Vorstellungen bei einer geeignet vergrößerten Sichtweise ihre frühere Bedeutung zurück, wenn auch in einer eigentümlich eingeschränkten Form. Die Beschränkung besteht darin, daß, um eine umfassende Beschreibung der Phänomene zu gewährleisten, eine Beschreibung in einem Paradigma nicht ausreicht, sondern notwendig durch komplementäre Beziehungsstrukturen



ergänzt werden muß, die nur in einem anderen, mit dem ersteren im Widerspruch stehenden Paradigma ausgedrückt werden können.

Die Nichtvereinbarkeit der komplementären Paradigmen macht deutlich, daß eine Darstellung in dem einen oder anderen Paradigma streng genommen gar nicht der eigentlichen Situation angemessen ist, also aus dem Kuhnschen Betrachtungsmuster hinausführt. Denn es ist hier nicht so, wie bei Kuhn, daß ein altes Paradigma durch ein neues verdrängt wird, weil dadurch empirische Unverträglichkeiten vermieden werden können oder wesentliche Sachverhalte genauer erfaßt oder vielleicht nur einfacher durchschaubar werden.

Dies klingt zunächst reichlich paradox. Um die sich darin abzeichnende Problematik besser zu verdeutlichen, möchte ich an einem einprägsamen Gleichnis des englischen Astrophysikers Sir Arthur Eddington anknüpfen. Dieses Gleichnis soll zunächst ein besseres Verständnis dafür vermitteln, auf welche Weise die 'Wirklichkeit der Naturwissenschaft', die als ein Wissen über eine objektivierbare, dingliche Realität aufgefaßt wird, in Beziehung steht zu einer im Hintergrund vermuteten 'eigentlichen Wirklichkeit', was immer wir darunter verstehen wollen.

## 2. Die Parabel von Eddington

In seinem 1939 erschienenen Buche "The Philosophy of Physical Sciences" vergleicht Eddington den Naturwissenschaftler mit einem Ichthyologen, der das Leben im Meer erforschen will. Dieser wirft dazu sein Netz aus, zieht es an Land und prüft seinen Fang nach der gewohnten Art eines Wissenschaftlers. Nach vielen Fischzügen und gewissenhaften Überprüfungen gelangt er zur Entdeckung eines Grundgesetzes der Ichthyologie: „Alle Fische sind größer als fünf Zentimeter!“ Er bezeichnet diese Aussage als Grundgesetz, da sie sich ohne Ausnahme bei jedem Fang bestätigt hatte. Dem kritischen Einwand eines Neugierigen, eines „Metaphysikers“, der die grundsätzliche Bedeutung dieses Grundgesetzes mit dem Hinweis auf die 5cm-Maschenweite des Netzes bestreitet, begegnet der Ichthyologe unbeeindruckt mit dem Hinweis: „Was ich mit meinem Netz nicht fangen kann, liegt prinzipiell außerhalb fischkundlichen Wissens, es bezieht sich auf kein Objekt der Art, wie es in der Ichthyologie als Objekt definiert ist. Für mich als Ichthyologen gilt: Was ich nicht fangen kann, ist kein Fisch.“

Bei der Übertragung dieses Gleichnisses auf die Naturwissenschaft entspricht dem Netz des Ichthyologen das gedankliche, methodische und experimentelle Rüstzeug sowie die Sinneswerkzeuge des Naturwissenschaftlers, die dieser benutzt, um seinen Fang zu machen, d.h. naturwissenschaftliches Wissen zu sammeln, dem Auswerfen und Einziehen des Netzes die naturwissenschaftliche (experimentelle) Beobachtung.

Das Gleichnis des Ichthyologen ist selbstverständlich zu einfach, um die Stellung des Naturwissenschaftlers und seine Beziehung zur Wirklichkeit angemessen zu beschreiben. Aber das Gleichnis ist doch differenziert genug, um wenigstens die wesentlichen Merkmale einer solchen Beziehung zu charakterisieren.

Das Netz soll die *Verengung* und *Qualitätsänderung* symbolisieren, welche die eigentliche Wirklichkeit - was immer wir darunter verstehen wollen - erfährt, erstens, durch die Art und Weise 'guter' *Beobachtungen*, wie sie in unseren Experimentalhandbüchern definiert sind, zweitens jedoch durch unsere Vorstellungen und unsere spezielle Art zu *denken*, was wesentlich auf Unterscheiden, Analysieren, Fragmentieren basiert. Was die Verengung anbelangt spielt das Netz etwa die Rolle des Kuhn'schen Paradigmas. Es bezeichnet gewissermaßen ein Netz von 'Vorurteilen', von expliziten und impliziten Prämissen, denen wir alle unsere Wahrnehmungen bei unserer Beschreibung unterordnen. Sie dienen uns als Referenzsystem, das wir notwendig für eine Beschreibung benötigen und definieren insbesondere auch die Bedingungen, unter denen wir ein Experiment durchführen.

Bei dieser Sichtweise bewirkt das Netz immer eine Art Projektion einer höherdimensional ausgeprägten Wirklichkeit. In der Regel geht das Kuhnsche Paradigma jedoch darüber hinaus, weil es, um einfachere und besser geschlossene Darstellungen zu ermöglichen, geeignete Näherungen bevorzugt, wodurch Qualitätsänderungen auftreten. Die etwa durch das geozentrische und heliozentrische Weltsystem charakterisierten unterschiedlichen Paradigmen sind in diesem Sinne nicht nur verschiedene Projektionen derselben eigentlichen Wirklichkeit, sondern hier bestehen, wegen den unterschiedlichen Beschleunigungskräften, auch qualitative Unterschiede. Andererseits entspricht dem Paradigmenwechsel von der mesoskopischen, phänomenologischen zur statistischen, am



mikroskopischen orientierten Beschreibung der Thermodynamik mehr dem Wechsel von Projektionen mit unterschiedlicher Aussagekraft aber verträglichen Inhalten.

Aus diesem Grund ist der Naturwissenschaftler im Eddingtonschen Gleichnis nur unzureichend charakterisiert. Er sollte eher mit einem weit intelligenteren Ichthyologen verglichen werden, der mit immer besseren und raffinierteren Netzen - insbesondere mit solchen kleinerer Maschenweite - fischt, um Schritt um Schritt zu einer genaueren und vollständigeren Erfassung der Wirklichkeit zu kommen. Dies spiegelt sich ja auch deutlich in der Geschichte der Naturwissenschaft wider. Auch war es letztlich ja gerade die Möglichkeit verschiedener Fangmethoden, die in der modernen Physik unmißverständlich auf den Projektionscharakter der 'physikalischen Wirklichkeit' hingewiesen hat. Aber dies war nur der unwichtigere Teil der Lektion, die uns dabei von der modernen Physik, die Quantenphysik, erteilt wurde.

So offenbart sich z.B. ein Elementarteilchen, etwa ein Elektron, bei *einer* Beobachtungsmethode als Teilchen, bei einer *anderen* als Welle, also in zwei gänzlich verschiedenen Formen und - was nun das eigentlich Überraschende und Neue war - in zwei, im Sinne der herkömmlichen Objektvorstellung, sogar unverträglichen Formen. Es gibt hier also kein objekthaft vorstellbares Etwas, das 'eigentliche Elektron', gewissermaßen ein 'Wellikel', von dem das 'Partikel' und die 'Welle' nur zwei verschiedene - durch die spezielle Beobachtungsmethode erzwungene - Projektionen darstellen. Es tritt beim Fangen gewissermaßen auch eine Qualitätsänderung auf.

Das Eddingtonsche Netz-Gleichnis greift hier also wesentlich zu kurz. Denn diese Qualitätsänderung ist von anderer Art als in den von Kuhn beschriebenen Fällen, die davon herrühren, dass bei ihnen der Gültigkeitsbereich der jeweiligen Paradigmen unzulässig überschätzt wird und dadurch zu Widersprüchen führt. Die Quantenphysik erweist sich demgegenüber in sich konsistent, nicht widersprüchlich. Sie kann der Schwierigkeit der Qualitätsänderung nur entkommen, in dem sie die Existenz von „Objekten“, etwa dem Fisch im Eddingtonschen Gleichnis, opfert. Das Netz, das die Beobachtung charakterisiert, müßte dann eher mit einem 'Fleischwolf' verglichen werden, in den oben die 'eigentliche', nicht mehr objekthaft deutbare Wirklichkeit eingefüttert wird und aus dem als Ergebnis unten objekthaft deutbare 'Würstchen' herauskommen, deren spezielle Form nichts mit der 'eigentlichen Wirklichkeit' oben zu tun haben, sondern je nach der verwendeten Endscheibe des Fleischwolfs (Art der aktiven Beobachtung und nicht nur einer passiven Betrachtung) anders - und möglicherweise widersprüchlich - ausfallen werden. In diesem Sinne läßt sich der Übergang von der klassischen zur modernen Physik - entsprechend dem Wechsel der Metapher vom Netz zum Fleischwolf - nicht mehr einfach als Paradigmenwechsel im Sinne von Kuhn charakterisieren.

Diese Beispiele sollen deutlich machen, daß der Naturwissenschaftler wohl verschiedene Netze oder Fanginstrumente (oder Fleischwölfe) zur Wirklichkeitserfassung besitzt, daß jedoch - und dies ist für die grundsätzliche Angemessenheit des Netzgleichnisses für die Naturwissenschaft wichtig - jede Beobachtung, trotz aller Raffinessen bei ihren Methoden, prinzipiell immer irgendeine Einschränkung und Auswahl erzwingt. Das Elektronenbeispiel zeigt darüber hinaus, daß durch Kombination verschiedener Beobachtungen sich auch die 'eigentliche' Wirklichkeit nicht durch Zusammenbau der Projektionen synthetisieren läßt, sondern dies nur durch die abstrakte *Kombination* zweier, für unser fragmentierendes Denken und unsere objekthafte Anschauung unverträglich erscheinender, *komplementärer Paradigmen* möglich wird. Hier deutet sich schon an, daß die Wirklichkeit nicht mehr 'materialistisch' als ein objektivierbares 'System' betrachtet werden kann, sondern daß ihr 'relationalistisch' eine allgemeinere, nur aus Beziehungen generierte Struktur zugeordnet werden muß.

### 3. Öffnung des klassischen Rahmens durch die moderne Physik

Die aus den physikalischen Gesetzmäßigkeiten des Mikrokosmos gewonnenen Erkenntnisse und die daraus notwendig gewordenen Schlußfolgerungen über die fundamentalen Strukturen der Wirklichkeit sind für uns schwer verständlich, weil sie sich nicht mit den Vorstellungen decken,



die wir aus unseren Erfahrungen in unserem tätigen Umgang mit unserer Lebenswelt, dem Mesokosmos, gewonnen haben. Diese Vorstellungen gehen von einer unabhängig von uns existierenden äußeren Welt aus, einer aus materiellen 'Objekten' in einem dreidimensionalen Raum aufgebauten Realität. Diese Realität verwandelt sich in der Zeit nach festen Gesetzen, wie sie in eindrucksvoller Form von der klassischen Physik beschrieben werden und erlauben insbesondere, aus der Kenntnis eines Zeitschnitts, z.B. dem gegenwärtigen Zustand der Welt, prinzipiell vergangene Konfigurationen ermitteln und zukünftige Ereignisse prognostizieren zu können.

Konkret geschieht dies so, daß der gegenwärtige Zustand als ein Ensemble einer großen Anzahl von nicht mehr weiter zerlegbaren, strukturlosen und unzerstörbaren Bausteinen, etwa „Atomen“ oder „Elementarteilchen“, aufgefaßt wird, die in der Zeit mit sich identisch bleiben und, aufgrund ihrer naturgesetzlich geregelten Wechselwirkungen, mit der Zeit ihre Anordnungen im Raum auf exakt determinierte Weise verändern. Bei dieser prinzipiellen Argumentation bleibt selbstverständlich unberücksichtigt, daß solche Rekonstruktionen in jedem praktischen Fall wegen unserer ungenauen Kenntnis der umfassenden und komplizierten gegenwärtigen Realität und, noch einschränkender, wegen eingepprägter Instabilitäten (chaotische Systeme) nur ungenügend gelingen. Die Zeit als eine lineare Abfolge nicht-koexistenter Realitäten wird ohne weitere Deutung von Anfang an vorgegeben. Das zeitlich Unveränderliche, das 'Beharrende' (was die Abfolge ignoriert) spielt in unserer Wahrnehmung und Beschreibung eine besondere Rolle und wird von uns unmittelbar als 'Materie' begriffen. Die zeitlich unveränderlichen Bausteine der Materie verbürgen gewissermaßen bei dieser klassischen Vorstellung die zeitliche Kontinuität unserer Welt, sie sorgen für die 'Notwendigkeit' zukünftiger Existenz.

Die moderne Physik sieht dies ganz anders. Nach den Vorstellungen der Quantenphysik gibt es das Teilchen im alten klassischen Sinne nicht mehr, d.h. es gibt streng genommen keine zeitlich mit sich selbst identischen Objekte. Es gibt damit im Grunde auch nicht mehr die für uns so selbstverständliche, zeitlich durchgängig existierende, objektive Welt. Keine noch so genaue Beobachtung aller Fakten in der Gegenwart reicht prinzipiell aus, um das zukünftige Geschehen eindeutig vorherzusagen, sondern diese eröffnet nur ein bestimmtes Erwartungsfeld von Möglichkeiten, für deren Realisierung sich bestimmte Wahrscheinlichkeiten angeben lassen. Das zukünftige Geschehen ist in seiner zeitlichen Abfolge nicht mehr determiniert, nicht mehr eindeutig festgelegt, sondern es bleibt in gewisser Weise *offen*.

Das Naturgeschehen ist dadurch kein mechanistisches Uhrwerk mehr, sondern hat den Charakter einer *fortwährenden kreativen Entfaltung*. Die Welt ereignet sich gewissermaßen in jedem Augenblicke neu nach Maßgabe einer 'Möglichkeitsgestalt' und *nicht* nach reiner Willkür, eines 'anything goes'. Die Wirklichkeit aus der sie jeweils entsteht wirkt hierbei als eine *Einheit* im Sinne einer nicht-zerlegbaren 'Potentialität', die sich auf vielfältig mögliche Weisen realisieren kann, sich aber *nicht* mehr streng als Summe von Teilständen deuten läßt. Die Welt 'jetzt' ist nicht mit der Welt im vergangenen Augenblick *materiell* identisch. Nur gewisse Gestalteeigenschaften (Symmetrien) bleiben zeitlich unverändert, was phänomenologisch in Form von Erhaltungssätzen - wie den Erhaltungssätzen für Energie, Impuls, elektrische Ladung, usw. - zum Ausdruck kommt. Doch *präjudiziert* die Welt 'im vergangenen Augenblick' die Möglichkeiten zukünftiger Welten auf solche Weise, daß bei einer gewissen vergrößerten Betrachtung, es so *erscheint*, als bestünde sie aus Teilen und *als ob* bestimmte materielle Erscheinungsformen, z.B. Elementarteilchen, Atome ihre Identität in der Zeit bewahren. Materie erscheint erst sekundär, gewissermaßen als geronnene Potentialität, als geronnene Gestalt.

Zur Beschreibung physikalischer Phänomene kann die moderne Physik nicht mehr von der klassischen Vorstellung von Teilchen als Grundbausteine ausgehen, sondern ihre 'Baulemente' sind 'Elementarprozessoren', komplexwertige, von Zeit und Ort abhängige Feld-'Operatoren'. Sie erzeugen im Raum gewisse Überlagerungen von sich zeitlich ausbreitenden korrelierten



hochdimensionalen Wellenfeldern, Möglichkeitsfeldern, deren Intensität die Wahrscheinlichkeit für eine objekthafte Realisierung mißt. Diese Intensität ist empfindlich abhängig von der relativen Phase der sich überlagernden Teilwellen. Vernachlässigt man die durch die Phasenbeziehungen erzeugten Korrelationen, so erhält man die aus der klassischen Physik gewohnte Beschreibung eines Systems, z.B. von über den Raum geeignet verteilten unabhängigen objekthaften Teilchen. Durch eine solche (zunächst ungerechtfertigte) absichtliche Vergrößerung erhält man also in gewisser Weise die klassische Beschreibung zurück. Die Vergrößerung besteht dabei nicht nur darin, daß die Korrelationen, welche die Wirklichkeit zu einem nicht-zerlegbarem Ganzen macht, ignoriert werden - dies mit dem Vorteil, daß man nun getrost von 'Teilen' sprechen kann - sondern daß die dadurch möglichen 'Teile' auch nur in einem vergrößerten Sinne die Eigenschaften von klassischen Teilchen haben. Sie sind entsprechend den Heisenbergschen Unschärferelationen „unscharf“. In der Beschreibung bevorzugt man deshalb nicht eine Darstellung in Form von Massenpunkten sondern von 'ausgeschmierten Teilchen', wie sie etwa in den bekannten Kalottenmodellen der Chemiker als Abbild der Elektronenverteilung in den Atomhüllen zum Ausdruck kommen.

Vom Standpunkt der neuen Physik aus entsteht eine *Beziehungsstruktur* nicht nur durch vielfältige und komplizierte Wechselwirkungen der vorgestellten "Bausteine" (Atome oder Moleküle), so etwa durch die elektromagnetischen Kräfte der Atomhülle, sondern existiert darüber hinaus aufgrund der wesentlich innigeren und, für die Quantenphysik typischen, holistischen Beziehungsstruktur. Sie verbietet uns strenggenommen, überhaupt sinnvoll von Bausteinen, also von 'Teilen' eines Systems in der ursprünglichen Bedeutung zu sprechen.

Materie ist nicht aus Materie zusammengesetzt! Es gilt nicht mehr die Vorstellung, dass der Stoff, die Materie das *Primäre* und die Beziehung zwischen dieser, ihre Relationen, Form und Gestalt, das *Sekundäre* ist. Die moderne Physik dreht diese Rangordnung um: Form vor Stoff, Relationalität vor Materialität. Es fällt uns schwer, uns reine Gestalt, Beziehungen ohne materiellen Träger vorzustellen. Das elektromagnetische Feld, das ohne materiellen Träger (den vermuteten Äther gibt es nicht) den Raum erfüllt, ist eine solche immaterielle 'Gestalt', gewissermaßen ein formiertes Nichts, eine ganzheitliche, hoch differenzierte Formstruktur, in deren spezieller Differenzierung wir z.B. die für uns bestimmten Telefongespräche, die Radio- und Fernsehprogramme, die Existenz und Beschaffenheit von Sonne, Mond und Sternen und vieles, vieles mehr abtasten können. Oder ein anderes, vielleicht noch anschaulicheres Beispiel: Eine Schallplatte etwa mit der Matthäuspassion von Bach. Wir hören eine Geige, ein Cello, ein Sopran, einen vielstimmigen Chor, differenziertes Orchester. Wir nehmen die Schallplatte in die Hand und fragen uns: „Wo ist dieser Sopran?“ Wir sehen auf der Platte nur eine spiralförmig aufgewickelte, verwackelte Rille. Auch wenn wir ein Vergrößerungsglas oder ein Mikroskop zu Hilfe nehmen, werden wir den 'Sopran' nicht finden. Der Sopran ist nämlich in der *Gestalt* der Rille verborgen, in einer Beziehungsstruktur verschlüsselt. Die materielle Schallplatte ist dabei nur ein nebensächlicher, austauschbarer Träger, es könnte auch eine CD oder ein magnetisches Tonband sein.

Im Hinblick auf die allgemeine Quantenphysik ist der Schallplattenvergleich vielleicht irreführend, da bei der Schallplatte die genaue Positionierung der Rille insgesamt alle Information für die Schwingungsform enthält, die sich dann unserem Ohr als Tongestalt erschließt. Eine genaue Position nehmen wir als eine sich lokal verstärkende Überlagerung von sehr vielen Tönen, als Kurzkrach wahr, wie ihn ein Kratzer verursacht, während ein reiner Ton aus einer über die ganze Rillenlänge verteilten Form resultiert. Hier besteht also eine Analogie zu der Partikel- und Wellenbeschreibung etwa eines Elektrons oder Photons in der Quantenmechanik. In der allgemeinen Quantenphysik (mehr als ein „Teilchen“) „lebt“ die Gestalt in höherdimensionalen Räumen, die nichts mehr mit dem 3-dimensionalen Raum unserer begreifbaren Welt gemein hat, aber sehr wohl dort „Abdrücke“ (Realisierungen) hinterläßt.

Es sollte an diesem Punkte vielleicht betont werden, daß eine Überlagerung von Quantenzuständen in gewisser Vergrößerung (Vernachlässigung der Phasenbeziehungen) nicht nur zum alten klassischen Teilchenbild zurückführt, sondern bei einer anderen Vergrößerung, welche auf die Phasenbeziehungen (Kohärenz) achtet, auch die klassischen Wellenphänomene (wie etwa das elektromagnetische Strahlungsfeld) beschreiben kann. Die den Quantenzuständen



eingeprägte Teilchen/Welle Ambivalenz erscheint also nochmals im makroskopischen Grenzfall in Form einer entsprechenden Dualität von klassischen Teilchen und klassischen Wellenfeldern, also zwei komplementären klassischen Paradigmen. Dieser Aspekt könnte in der Biologie für die Frage der genetischen und epigenetischen Determination in der Entwicklung von Organismen von Bedeutung sein (s. z.B. Strohmann 1997). Die Beziehung genetisch  $\longleftrightarrow$  epigenetisch könnte dann in gewisser Analogie zur Beziehung 'lokale materielle Struktur (lokale Auslenkung der Rille)'  $\longleftrightarrow$  'durch Abspielen hörbare phänomenologisch ausgeprägte Tongestalt (Verbiegungen oder ganzheitliche Wellenform der Rille) bei unserem Schallplattenbeispiel gesehen werden..

Quanten-Systeme, Systeme von vielen Quantenzuständen („Teilchen“) sind streng genommen nicht mehr 'Systeme', sondern eine ganzheitliche differenzierte Prozeßstruktur. *Differenzierung erlaubt Unterscheidung, 'Artikulation von Momenten'* (Rombach 1994), *aber nicht Aufteilung*. Betrachtet man Quantensysteme näherungsweise als Systeme, so sind diese nicht nur hoch komplizierte, sondern hoch *komplexe* Systeme. Hierbei soll die Bezeichnung "Komplexität" zum Ausdruck bringen, daß solche Systeme sich überhaupt nicht mehr ohne 'Zerreißen' irgendwelcher Verbindungen auf einfachere Systeme zurückführen lassen. Bei ihnen gelingt also strenggenommen nicht mehr der für unsere Wissenschaft übliche und letztlich methodisch notwendige Reduktionismus. Die moderne Chaostheorie lehrt uns darüber hinaus, daß bei eingepprägten Instabilitäten eine Nichtberücksichtigung selbst winziger Korrelationen das Ergebnis unzulässig stark verfälschen kann und damit eine solche Reduktion auch nicht einmal näherungsweise möglich wird.

War die Analyse eines Systems immer schon einfacher als die nachfolgende Synthese der an seinen Teilen gewonnenen Einsichten, so wird die vollständige Synthese des Gesamtsystems, unter den Bedingungen der neuen Physik, zu einem noch weit schwierigeren und letztlich sogar unmöglichen Unterfangen. Aus alter Sicht war nur nötig, die Teile und ihre Eigenschaften möglichst genau zu analysieren, zu denen auch die von ihnen ausgehenden Kraftwirkungen gehörten. Bei der Synthese mußte dann nicht nur die Materie der Teile addiert, sondern zusätzlich die von diesen ausgehenden Kraftwirkungen geeignet überlagert werden. Bei einer großen Zahl der Teile konnte dies leicht zu einem extrem komplizierten Problem auswachsen, das aber prinzipiell lösbar blieb und in der Regel auch praktisch durch statistische Methoden bewältigt werden konnte.

Die der Quantenphysik zugeordnete Statistik ist jedoch eine Stufe raffinierter als die übliche Statistik, die wir im Falle unzureichender Kenntnis der Sachverhalte anwenden. Denn die Quantenstatistik basiert auf der 'Sowohl/Als-auch'-Potentialität und nicht einer unscharfen 'Entweder/Oder'-Realität. Im Gegensatz zu der uns gewohnten Wahrscheinlichkeit, die alle Werte von Null (Unmöglichkeit) bis Eins (Gewisheit) annehmen kann, ist die Potentialität der Quantenphysik *nicht-positivwertig*. Sie kann (komplexwertig) "wellenartig" von +1 bis -1 variieren und bei Überlagerung von mehreren Wellen - und das ist das Charakteristische von Wellen - je nach ihrer *Phasenbeziehung* (relative Lage der Wellenberge- und -täler) sich dabei nicht nur verstärken, sondern auch bis zur totalen Auslöschung abschwächen.

So steht das Getrennte (etwa durch die Vorstellung vieler isolierter Atome) nach neuer Sichtweise nicht am Anfang der Wirklichkeit, sondern die *näherungsweise Trennung ist mögliches Ergebnis einer Strukturbildung*, nämlich: *Erzeugung von partieller Unverbundenheit durch Auslöschung im Zwischenbereich* (Dürr 1992, 1997). Dies erinnert in gewisser Weise an die Entwicklung eines biologischen Organismus aus einer einzigen Zelle durch sukzessive „Zellteilungen“, die nicht durch Auftrennung sondern durch die durch wiederholte Ausbildung von halbabgrenzenden Zellwänden erfolgt. Dies ist jedoch nur als Gleichnis gemeint, weil die Gestaltbildung der Wirklichkeit nicht in dem von uns wahrgenommenen drei-dimensionalen Raum geschieht.

Die Beziehungen zwischen Teilen eines Ganzen ergeben sich also nicht erst sekundär als Wechselwirkung von ursprünglich Isoliertem, sondern sind Ausdruck einer *primären Identität von Allem*, einer *'Idemität'* (Rombach 1994). Eine Beziehungsstruktur entsteht also nicht nur sekundär durch *Kommunikation*, einem wechselseitigen Austausch von (energietragenden und



deshalb physikalisch nachweisbaren) Signalen verstärkt durch Resonanz, sondern gewissermaßen auch primär durch *Kommunion*, durch Identifizierung.

#### 4. Konsequenzen der modernen Physik für unsere Lebenswelt

Vermutlich hat sich unser (bewußtes) Denken im Zusammenhang mit unserer Greifhand entwickelt. Gewissermaßen durch einen *virtuellen* Probelauf des beabsichtigten physischen Handelns und Begreifens soll es uns helfen, den Erfolg des *tatsächlichen* Entweder/Oder-Handelns und Begreifens (im wörtlichen Sinne) zu erhöhen. Dadurch wird wohl verständlich, warum unserem Denken die 'Sowohl/Als-auch'-Struktur der Wirklichkeit, die sich in ihrer Wellennatur ausdrückt, so fremdartig und unbegreiflich erscheint. Da wir in der uns über unsere Sinne direkt zugänglichen Lebenswelt, in der wir uns zurechtfinden und (im naiven Sinne) 'darwinistisch' bewähren müssen, nur mit sehr großen Anzahlen dieser eigentümlichen, etwas irreführend als "Bausteine" der Materie titulierten Elementarprozessen umgehen müssen, haben wir es immer nur mit statistischen Gesamtheiten zu tun, in denen jegliche lokale Besonderheit und Verschiedenartigkeit weitgehend herausgemittelt ist. Die Vermutung erscheint deshalb völlig berechtigt, daß bei großen Anzahlen von Molekülen und Atomen in der Größenordnung von Billionen mal Billionen, welche die Objekte unserer Lebenswelt bilden, wir uns über die mikroskopische Exotik der neuen Physik wahrhaftig nicht den Kopf zerbrechen sollten. Dies hieße: Die im Grunde 'Sowohl/Als auch-Wirklichkeit' stellt sich eigentlich in der für uns direkt erlebbaren makroskopischen, hoch aufgemischten Welt in extrem guter Annäherung eben wie die uns wohl vertraute, zerlegbare, objekthafte, materielle 'Entweder/Oder'-Realität dar, auf die hin sich unsere reflektierende Rationalität (unser Verstand) so hervorragend entwickelt und eingestellt hat.

Wir wissen nun schon, daß diese Vermutung so nicht allgemein gültig sein kann. Jede physikalische Messung, die uns die Eigentümlichkeiten der Quantenphysik offenbart, zeigt uns doch eine Möglichkeit, wie die Mikrowelt sich auch makroskopisch bemerkbar machen kann. Dies bedarf immer irgendwelcher Verstärkungsmechanismen, die mit Instabilitäten und daraus resultierenden, lawinenartig ansteigenden Kettenreaktionen zusammenhängen. Durch positive Rückkopplungen lösen mikroskopische Einzelprozesse weitere ähnliche Prozesse aus und führen damit zu einer praktisch unbegrenzten irreversiblen Vermehrung, die dann makroskopisch als 'Faktum' registriert werden kann.

Die anziehenden Kräfte zwischen elektrisch entgegengesetzt geladenen "Bausteinen" der Materie ermöglichen lokale Anhäufungen großer Mengen solcher Bausteine. Aufgrund der Wärmebewegung der Bausteine geht man davon aus, daß sich die Phasenbeziehungen der zugehörigen Materiewellen statistisch wegmitteln, die Phasenstrukturen „verrauschen“. Die quantenmechanisch-holistische Beziehungsstruktur würde dadurch effektiv verloren gehen und die übliche klassische Beschreibung gültig.

Bei sehr tiefen Temperaturen in der Nähe des absoluten Temperatur-Nullpunkts kann es jedoch unter bestimmten Umständen passieren, daß die dann einfrierende, immer schwächer werdende Wärmebewegung die quantenmechanische Kohärenz der Materiewellen nicht mehr verwackeln kann. Hier bilden sich dann *Quantenzustände von makroskopischer Dimension* heraus. Sie besitzen eigentümliche Eigenschaften, wie die der Supraleitung und der Suprafluidität, die oberhalb charakteristischer Sprungtemperaturen von wenigen Grad Kelvin wieder verschwinden. Supraleitende Magneten gibt es heute in Hochenergielabors in metergroßen Ausführungen.

Doch auch bei Zimmertemperatur können sich bei geeigneten Wechselwirkungen oder Korrelationen zwischen 'Bausteinen' ähnliche makroskopische Quantenstrukturen ausbilden. So erzwingt die von der Quantenphysik geforderte Identität aller Elektronen (die viel einschränkender ist als die Nichtunterscheidbarkeit der Elektronen) aufgrund des daraus resultierenden Pauliprinzip (allgemeiner: der Antisymmetrisierung der Vielelektronenwellenfunktion) eine Parallelstellung der Spins von Elektronen in den überlappenden Hüllen von benachbarten Eisenatomen. Daraus resultiert (unterhalb der charakteristischen Curie-Temperatur von Eisen von etwa 770 °C) eine spontane Gleichstellung der Spins und der damit verbundenen magnetischen Momente aller Elektronen in eine Richtung und erzeugt durch diesen wechselseitigen Versklavungsprozeß ein Phänomen, das uns als Ferromagnetismus bekannt ist.



Wichtig bei all den angegebenen Beispielen erscheint die Feststellung: Die *Größe* (im Sinne einer Nicht-Kleinheit) eines Objekts *reicht als Kriterium allein nicht aus, um eine totale Unterdrückung der für die Quantenphysik charakteristischen, holistischen Zustandsformen zu erreichen* und damit eine effektive Dominanz rein klassischer Erscheinungsformen. zu gewährleisten.

Ich möchte aber noch einen Schritt weitergehen. Die bisher aufgeführten makroskopischen Quantenstrukturen sind immer noch recht speziell, da sie sich alle nur in der Nähe des thermodynamischen Gleichgewichtszustandes des Systems herausbilden. Ganz neuartige Ordnungs-Phänomene treten auf, wenn man sich weit von diesem Gleichgewichtszustand entfernt. Dies verlangt, daß man dem System dauernd arbeitsfähige (geordnete) Energie von außen zuführt. Das bekannteste Beispiel dafür ist der LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) oder Quantengenerator. Hier entlädt sich ein Medium, das durch Lichteinstrahlung geeignet auf eine instabile Zustandskonfiguration (Besetzungsinversion) hoch gepumpt wird, in Form einer kollektiven, *quantenmechanisch kohärenten* (also streng phasenkorrelierten und monochromatischen) Vielphotonen-Lichtwelle. Durch den stetigen Energiedurchfluß wird also auch hier erreicht, daß sich die mikroskopische quantenmechanische Grundstruktur *makroskopisch* ausprägen kann.

In gewisser Weise ist dieser Vorgang ein *quantenmechanisches Analogon* zu den von Prigogine und anderen beschriebenen Verhalten klassischer 'dissipativer Systeme' fern vom thermodynamischen Gleichgewicht, die zur Bildung von bestimmten Ordnungsmustern neigen (Prigogine, Nicolis 1977).

## 5. Materie und ihre Lebendigkeit

Die mögliche Ausbildung makroskopischer Quantenstrukturen (Kohärenz) bei energie-gepumpten Systemen legt nun nahe, nicht bei Systemen der sogenannten unbelebten Natur stehen zu bleiben. So drängt sich hier doch die interessante Hypothese auf, das *Phänomen des Lebendigen* unmittelbar mit der neu entdeckten, *fundamentalen ganzheitlichen Struktur der Wirklichkeit* in Zusammenhang zu bringen. Biologische Systeme könnten in der Tat ähnlich wie ein Laser funktionieren. Denn biologische Systeme sind, wie der Laser, offene Systeme, die zur Aufrechterhaltung ihrer Funktion eine stetige Zufuhr von arbeitsfähiger Energie benötigen und diese aus ihrem Metabolismus durch "Nahrungsaufnahme" beziehen. Durch eine genügend starke Energiepumpe könnten sich in geeignet konstruierten und in bestimmten Substraten eingebetteten Makromolekülen oder Molekülsystemen thermische Ungleichgewichtszustände erzeugen lassen, durch die (etwa über Mechanismen, die der Bose-Einstein-Kondensation ähneln oder dieser analog sind) gewisse niederfrequente kollektive Schwingungsmoden mit großer Stärke kohärent angeregt werden. Insbesondere haben Herbert Fröhlich (Fröhlich 1968,1969) und in der Folge andere Forscher interessante quantenfeldtheoretische Beispiele von dieser Art angegeben, die für eine Interpretation lebendiger Systeme geeignet erscheinen. Hierbei spielen die elektrischen Dipoleigenschaften der Biomoleküle die Rolle des quantenmechanischen Ordnungsparameters. E. del Giudice *et al* haben die dazu entwickelten quantenfeldtheoretischen Überlegungen in interessanten Veröffentlichungen zusammengefaßt (Del Giudice, Doglia, Milani, Vitiello 1985, 1986, 1988; siehe auch Dürr 1997).

Sollte ein solcher Ansatz erfolgreich sein, so hieße dies in gewisser Weise, daß die für die Erklärung des Lebendigen vielfach herangezogene *klassische Musterbildung in chaotischen, dissipativen Systemen* (Prigogine, Nicolis 1977) darüber hinaus auch unter gewissen Bedingungen zu einer Ausprägung *makroskopischer Quantenstrukturen* führen könnte, bei der der ganzheitliche Zusammenhang über Phasenkorrelationen (Kohärenz), wie in der Mikrowelt, eine wesentliche Rolle spielen sollte.

All dies reicht jedoch noch nicht aus, um schlüssig einen direkten Zusammenhang zwischen den Gesetzmäßigkeiten der neuen Physik (der Quantenphysik mit ihrer wesentlichen Erweiterung auf Vielteilchensysteme und Quantenfeldtheorie) und den Erscheinungsformen des Lebendigen zu konstruieren. Parallelen fallen jedoch unmittelbar ins Auge und sollten deshalb zum Anlaß genommen werden, in der Biologie und, darüber hinausgehend, in der Medizin, sich gemäß den neuen Einsichten intensiver mit den, im klassischen Sinne, unkonventionellen Vorstellungen zu befassen. Ich wundere mich, daß dies nicht schon lange in der Molekularbiologie geschehen ist. Denn bei der Beschreibung der Atome und Molekülen von Makromolekülen wird immer noch als selbstverständlich angenommen, daß man dabei im Wesentlichen mit den Approximationen der Chemiker auskommen kann.



Ich möchte etwa an die bekannten Kalottenmodelle komplizierter Makromoleküle der Chemiker erinnern und hier z.B. an das oft abgebildete Modell der DNS-Doppelhelix. Im DNS-Makromolekül soll der Entwicklungsplan eines Lebewesens in Form einer speziellen Abfolge bestimmter Basismoleküle (Nukleotide), ähnlich den getrennten Schriftzeichen in einem Text, verschlüsselt sein. Die sich überlappenden Kalotten der aneinander hängenden Atome, welche diese Moleküle aufbauen, sollen hier eine grobe Vorstellung von den (quantenmechanischen) Elektronenverteilungen in den Atomen vermitteln. Genauer gesagt – so sieht dies der Physiker – ist die Kalotte eine anschauliche Darstellung des Bereichs, in dem mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Elektron angetroffen werden kann. In dieser Hinsicht geht also schon ein Teil der quantenmechanischen Verfeinerung ein. Wichtig ist jedoch: Es wird bei dieser Darstellung nur die *Intensität* und *nicht die Phase* der Elektronenwellen berücksichtigt, die im Überlappungsbereich der Kalotten eine wesentliche Rolle spielen. In dieser verstümmelten Form können die Elektronen nichts mehr voneinander ‘wissen’, der holistische Zusammenhang wird vernachlässigt.

Der bisherige Erfolg des Standpunkts, daß nur Intensitäten, also Wahrscheinlichkeiten für eine Beschreibung genügen, ist m.E. noch kein ausreichender Beweis, daß in der dabei unberücksichtigt bleibenden Phasenstruktur der durch Überlagerung der Teilwellen von Millionen von Elektronen gebildeten Gesamtwellen (einem total antisymmetrisierten Produkt der Teil-Wellenfunktionen) der DNS-Doppelhelix nicht doch *wie bei einem Hologramm* für die Gestaltbildung wesentliche zusätzliche Informationen verschlüsselt sind. So glauben wir ja auch im Alltag durch eine normale photographische Aufnahme uns ein außerordentlich naturgetreues Abbild unserer Umgebung verschaffen zu können, obgleich uns die Wellenoptik lehrt, daß uns beim Photographieren ein Großteil der durch das Licht vom Objekt her übertragenen Information verloren geht, die wir uns nur durch raffinierte Methoden, wie sie die (im Vergleich zum oben erwähnten Falle viel einfachere) optische Holographie anbietet, zugänglich machen können.

## 6. Mögliche Bedeutung für die heutige Biologie

Die moderne Biologie ist heute so von den Erfolgen der analytischen Betrachtung des Lebendigen beeindruckt, daß sie sich immer weiter von einer mehr ganzheitlichen Betrachtungsweise entfernt. Und sie tut dies in der Überzeugung, daß sie damit den Forderungen der exakten Naturwissenschaften am besten entgegenkommt. Dies ist aber eigentlich nicht der Fall. Ich möchte dabei betonen: Es geht hierbei nicht um die Frage eines ‘Entweder/oder’, sondern vielmehr um die einer *geeigneten Ergänzung* der heute dominanten analytischen Betrachtung. Es gibt klarerweise eine Komplementarität zwischen der analytischen, fragmentierenden, örtlich fokussierenden und einer mehr ganzheitlichen, Gestalt wahrnehmenden, beziehungsorientierten Sichtweise. Je nach Fragestellung ist die eine oder andere Sichtweise mehr oder weniger angemessen. Die analytische, fragmentierende Sichtweise hat den Vorteil, daß sie zu objektivierbaren Ergebnissen führt und deshalb in unserer Sprache direkt vermittelbar ist. Sie hat jedoch den Nachteil, daß in gewissem Grade offen bleiben muß, ob durch die bei der Analyse notwendige Isolation des Beobachtungsgegenstandes möglicherweise seine Identität und Funktionsweise wesentlich verändert worden ist. In der Mikrophysik ist dies offensichtlich der Fall: Jede Isolation von Teilsystemen zerstört die vorher bestandenen Phasenbeziehungen der Materiewellen zum Restsystem, und damit die Gesamtkohärenz der Teilchenwellenfunktionen.

Die mehr ganzheitliche Betrachtungsweise muß sich andererseits mit der prinzipiellen Schwierigkeit auseinandersetzen, daß bei ihr Aussagen kaum, oder genauer gesagt: gar nicht mehr, in einem Sinne nachkontrolliert werden können, wie dies für eine moderne Wissenschaft im Idealfall als notwendig erachtet wird. Diese Schwierigkeit kann strenggenommen nicht beseitigt werden, weil sie in der ganzheitlichen Struktur der Wirklichkeit selbst begründet liegt. So lassen sich insbesondere kaum experimentelle Situationen herstellen, welche als genügend ‘gleichartig’ gelten können, um für eine exakte Nachprüfung im üblichen Sinne geeignet zu sein. Es ist also in diesem Falle nötig, mit anderen ‘Wahrheitskriterien’, oder vielleicht sollte man besser sagen: ‘Stimmigkeitskriterien’, zu arbeiten.

Weil also die üblichen statistischen Methoden der Verifikation und Falsifikation nicht mehr anwendbar sind, wird es wohl noch einige Zeit dauern, bis wir auf diesem rutschigen Terrain mehr Trittsicherheit gewinnen. Denn diese ist notwendig, um zu verhindern, auf der anderen Seite nicht in ein beliebiges ‘anything goes’ abzurutschen. Auch im besten Falle wird bei dieser Herangehensweise nie ‘Wissen’ in der heute von der Wissenschaft verwendeten strengen Bedeutung zu erlangen sein. Die Quantenphysik gibt mit ihren definitiven Wahrscheinlichkeitsaussagen ein



interessantes Beispiel, wie ein zunächst offenes, nur qualitatives Wissen in einem gewissen Grade doch wieder quantitativ faßbar wird und damit die totale Beliebigkeit vermeidet.

Biologen und besonders Molekularbiologen, die von der Sache her eigentlich den Überlegungen eines Physikers am nächsten stehen sollten, sind heute in der Regel davon überzeugt, dass alle diese hintergründigen Betrachtungen eines Quantenphysikers für die Biologie völlig irrelevant sind. Die neuerlichen großartigen Erfolge der Molekularbiologie, so glauben sie, haben hinreichend deutlich gemacht, daß die (wie ich das genannt habe) 'vergrößerten' Vorstellungen des Mikrokosmos des Chemikers für ein Verständnis der biologisch relevanten Bausteine und ihrer Prozesse vollkommen ausreichen. Das kann so sein, muß es aber nicht, da die dabei als Begründung vorgebrachten Argumente aus meiner Sicht nicht stichhaltig sind.

Meine dezidierte Haltung ist dabei wesentlich von meinen Erfahrungen als Physiker in der Atom- und Molekülphysik geprägt. Hier gilt unbestritten und unangefochten die Quantenphysik. Also muß sie auch notwendig für alle Wissenschaftsbereiche gelten, die darauf aufbauen. Und dazu gehört nun einmal die Chemie und die Biologie, vor allen die Molekularbiologie, die ja auch in ihrer Definition an die chemisch-physikalischen Fragestellungen direkt anknüpft. Das wird auch anerkannt. Die entscheidende Frage dabei ist allerdings, ob die Quantenphysik auch *effektiv* dabei eine Rolle spielt. Sie könnte in der für die Biologie maßgeblichen Größenordnung durchaus in ihrer Wirkung so total 'verrauscht' sein, daß sie mit gutem Recht durch die klassische Physik und die daraus abgeleitete klassische Chemie ersetzt werden kann.

Das prominente Beispiel für ein solches Verhalten ist offensichtlich die unbelebte Materie in vergleichbaren Größenordnungen. Aber auch dieses Bild ist nicht ganz so eindeutig (siehe Supraleitung usw.), wie die meisten meinen. Dazu und vor allem: Die unbelebte Materie als ein vergleichbares Beispiel anzuführen hat den großen Nachteil, daß man leichtfertig eine hochinteressante Möglichkeit verschenkt, endlich einen überzeugenden Unterschied zwischen den Erscheinungsformen der unbelebten und belebten Materie ausmachen zu können, ohne von Anfang an von zwei verschiedene Arten von Materie, unbelebt und belebt, ausgehen zu müssen.

Es ist mir psychologisch verständlich, daß man mitten in einem erfolgreichen Rennen nicht gerne die Pferde wechseln möchte. So ist doch die erdrückende Mehrheit der Biologen der Auffassung, daß die empirischen Erfolge voll die Richtigkeit der bisherigen Vorstellungen zu bestätigen scheinen. Angesichts der ungeheuren Komplexität dieses Gebiets und der Fülle der noch unverbundenen Phänomene ist allerdings nicht ganz verständlich - und dies ist nicht abfällig gemeint -, wie in einem solchen Dickicht eine richtige Fährte überhaupt definiert werden soll. Solange sich selbstverständlich keinen Alternativen anbieten, wird man versuchen im vertrauten Unterholz, in der Hoffnung an eine baldige Lichtung, sich weiter eine Trasse zu schlagen. Dies fällt heute umso leichter, weil die 'materialistische' Deutung des Lebendigen dem weltweiten Herrschaftsstreben hervorragend entgegenkommt. Hier wittern viele eine enorme Ausweitung ihrer Märkte. Der heutige internationale Boom in der Gentechnologie mit seinen ungeheuren Finanzierungsmöglichkeiten ist doch ohne diese handfesten wirtschaftlichen Interessen nicht verständlich. Denn die Behauptung damit dem Menschen, dem *Homo sapiens sapiens* in seiner Vollgestalt wirksam zu dienen und ihm langfristig in seinen eigentlichen Nöten zu helfen, kann doch kaum wirklich ernst genommen werden.

Andrerseits wird auch bei einigen Biologen eine wachsende Skepsis erkennbar, ob eine detaillierte Beschreibung dieser immensen Vielzahl von räumlich und zeitlich kompliziert ineinander verwobener physikalisch-chemischen Prozeßketten auch tatsächlich für eine vollständige Erklärung der Lebensprozesse ausreicht. Eine unvoreingenommene Betrachtung der lebenden Natur in ihrer unentwirrbaren Komplexität scheint uns doch gerade die unmittelbare Vorstellung aufzudrängen, daß es hier unbedingt noch eine im Hintergrund wirkende gestaltende Kraft geben muß, welche für die wesentlichen Initiierungen und die nötigen Differenzierungen sorgt sowie alle diese Prozesse in ihrem Zusammenspiel geeignet koordiniert. Wir verdrängen heute diese 'offensichtliche' Sichtweise unter dem Eindruck der höchst bemerkenswerten Erfolge analytisch-naturwissenschaftlicher Modelle. Wir verkennen dabei, daß, wie schon früher betont, die weitverbreitete Vermutung nicht schlüssig ist, eine Abweichung von den jetzigen Vorstellungen (etwa in Richtung der holistischen Quantenphysik) müsse *notwendig* bei den bisher durchgeführten Untersuchungen *zu völlig anderen* und deshalb *empirisch bereits widerlegten Ergebnissen* führen. Wir sollten uns vielmehr in dieser Hinsicht an den schon oben erwähnten Fall erinnern: Die Feststellung der *prinzipiellen Relevanz* der vielfältigen Phasenbeziehungen der von einem beobachteten Objekt ausgehenden verschiedenen Lichtwellen, welche die moderne Holographie heute auch praktisch für eine vollständigere Erfassung dieses Objekts erfolgreich benutzt, hat nicht dazu geführt, daß die ganz normale Photographie, die nur Lichtintensitäten registriert,



etwas von ihrer Bedeutung eingebüßt hat. So könnte sich wohl, in Analogie dazu, eine mögliche Relevanz der mikroskopischen Gesetzmäßigkeiten vor allem in *zusätzlichen ganzheitlichen Beziehungen* bemerkbar machen und damit uns *zusätzliche wesentliche Einblicke* eröffnen. Solche Einblicke könnten u. U. eine Erklärung für die offensichtlichen Unzulänglichkeiten und das (gelegentliche) Versagen mechanistischer und chemischer Modelle liefern. Sie sollten uns motivieren, neue Ansätze zu erproben. Es lohnt sich, so glaube ich, hier künftig offener und aufmerksamer zu sein und interessante mögliche Weiterungen nicht von vorne herein dogmatisch auszuschließen. Es gibt hierzu schon interessante Vermutungen und Ansätze, die vermehrt aufgegriffen und energisch weiterverfolgt werden sollten (s. z.B. Strohmaier 1997).

## 7. Schlußbetrachtungen

Unsere Ausgangsfrage: Läßt sich Biologie letztlich auf Physik zurückführen? kann aufgrund unserer heutigen Einsichten nicht mit einem klaren 'ja' oder 'nein' beantwortet werden. Wenn wir die Frage etwas anders stellen würden, wie etwa: Erfordert das Verständnis des Lebendigen mehr als die Gesetzmäßigkeit der Physik? - wobei ich beim Lebendigen sogar den Menschen mit seinem Geist und seinem Bewußtsein mit einbeziehen würde, weil ich große Hemmungen hätte, innerhalb des Lebendigen nochmals neue prinzipielle Schranken zu errichten - so würde meine Antwort wohl sehr in die Nähe eines 'nein' rücken. Dies setzt jedoch voraus, daß wir uns darauf verständigen, uns dabei auf die moderne holistische Struktur der Physik zu beziehen und nicht auf die stark vereinfachte mechanistische, linear-kausalanalytische klassische Beschreibung. Unter diesen Umständen muß jedoch der Begriff 'Verständnis' relativiert werden, da 'Verständnis' wegen der prinzipiellen Unmöglichkeit einer vollständigen Reduktion in der Quantenphysik, nicht mehr mit einer 'Erklärung' im üblichen Sinne gleichgesetzt werden kann. Der prinzipielle Holismus der Wirklichkeit als komplexe Potentialität eines Gesamtsystems läßt nämlich nur noch näherungsweise eine Reduktion auf (komplizierte) Verknüpfungen von einfacheren Teilsystemen zu. Solche Näherungen können jedoch in einem eingeschränkten Feld von Fragestellungen oder in Bezug auf spezielle, einfachere Systeme in hohem Maße gültig und für praktische Anwendungen brauchbar sein. So haben insbesondere unsere Aussagen über das Verhalten der sogenannten unbelebten Materie, welche diese einfachere Struktur hat, eine hohe Prognosesicherheit und befähigt uns zur Konstruktion von zuverlässig und wunschgemäß funktionierenden Maschinen, wie uns dies der tägliche Umgang mit unserer hochkomplizierten Technik lehrt.

Die hier propagierte erweiterte Betrachtungsweise verurteilt uns also nicht zu Blindheit bezüglich zukünftigen Geschehens und totaler Ohnmacht bei seiner möglichen Gestaltung, aber sie zeigt uns deutlich Grenzen auf, die uns prinzipiell daran hindern, die Zukunft 'in den Griff' bekommen zu können. Insbesondere sollten wir ein Lebewesen - eine Pflanze oder ein Tier oder einem Menschen - nie mit einer Maschine verwechseln, da eine Maschine, trotz hoher Kompliziertheit, ihre ganzheitliche, 'lebendige' Struktur durch Ausmittelung im wesentlichen eingebüßt hat. Ein Lebewesen ist vielmehr wie ein Gedicht, das auf jeder Organisationsstufe - Buchstabe, Wort, Satz, Strophe - weitere Dimensionen erschließt und neue Eigenschaften zum Ausdruck bringt.

Aber dies wäre immer noch etwas, was in der Systemtheorie heute vielfach mit „Emergenz“ beschrieben wird (s. z.B. Mainzer 1998, Dürr 1998). Doch ein Gedicht wird ja erst zu einem Gedicht in seiner vollen Bedeutung, wenn es von der höheren Ebene aus betrachtet wird, auf der auch der verständige, empfindsame und deutungsfähige Mensch eingebunden wird. Durch das verständige Lesen des Gedichts entsteht eine innige Verbindung zwischen Leser und Gedicht, die diesem erst ihren Sinn verleiht. Ganz allgemein erfolgt eine volle Sinngebung letztlich nur durch den Umstand, daß die Wirklichkeit ein primär nicht-auftrennbares Ganzes bildet, das dem Einen, dem Nicht-Zweihaften, dem non-aliud Cusanus' oder noch besser dem Advaita des Sanskrit entspricht, von dem wir als Betrachter nicht ein „Teil“, sondern nur ein „Moment“ einer bestimmten, doch „ausgefranzten“ Artikulation sind, für den sich der „Sinn“ aus der „Idemität“ (Rombach 1994) im Bezug auf das Umfassende erschließt.



## Literatur

- Del Giudice, E., Doglia, S., Milani, M., Vitiello, G.: A Quantum Field Theoretical Approach to the Collective Behavior of Biological Systems, *Nuclear Physics* **B251** (1985), 375.
- Del Giudice, E., Doglia, S., Milani, M., Vitiello, G.: Electromagnetic Field and Spontaneous Symmetry Breaking in Biological Matter, *Nuclear Physics* **B275** (1986), 185.
- Del Giudice, E., Doglia, S., Milani, M., Vitiello, G.: Structures, Correlations and Electromagnetic Interactions in Living Matter: Theory and Applications, in: *Biological Coherence and Response to External Stimuli*, Ed. H. Fröhlich, Springer, Berlin, 1988.
- Dürr, H.-P.: Das Eine, das Ganze und seine Teile, 1992 zum 80. Geburtstag von C. F. von Weizsäcker, In: *Poesis 8, Zeitschrift für Praktische Anthropologie*, Cappenberg. Hrsg. R. zur Lippe, 1993.
- Dürr, H.-P.: Ist Biologie nur Physik? *Universitas, Zeitschrift für interdisziplinäre Wissenschaft*, No. 607, 1997, S.1.
- Dürr, H.-P.: Sheldrake's Vorstellungen aus dem Blickwinkel der modernen Physik. In: *Rupert Sheldrake in der Diskussion*, Hrsg. Dürr, H.-P., Gottwald, F.-Th., Scherz 1997, S.224.
- Dürr, H.-P.: Complex Reality: Differentiation of One versus Complicated Interaction of Many viewed by a Quantum Physicist. In: *From Simplicity to Complexity, Information-Interaction-Emergence*, Eds. Mainzer, K., Müller, A., Saltzer, G., Vieweg 1998, S.19.
- Fröhlich, H.: Long-Range Coherence and Energy Storage in Biological Systems, *International Journal of Quantum Chemistry* 2, 1968, S.641.
- Fröhlich, H.: Quantum Mechanical Concepts in Biology, 1969, 13; in: *Contributions to Physics and Biology*, Ed. M. Marois, North Holland, Amsterdam.
- Kuhn, Th.: *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago, 1962. Deutsch: *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*, Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft, 1973.
- Mainzer, K., Müller, A., Saltzer, G., Eds: *From Simplicity to Complexity, Information-Interaction-Emergence*, Vieweg, Braunschweig-Wiesbaden, 1998.
- Prigogine, I., Nicolis, G: *Selforganisation in Non-Equilibrium Systems - From Dissipative Structures to Order Through Fluctuations*, John Wiley, New York, 1977.
- Rombach, H.: *Der Ursprung - Philosophie der Konkreativität von Mensch und Natur*, Rombach, Freiburg, 1994.
- Strohman, R.C.: Epigenesis and Complexity: The coming Kuhnian revolution in biology, *Nature Biotechnology* Vol. 15, 1997, p. 194.