



SIND MEDIZIN UND BIOLOGIE NUR PHYSIK?

Reflexionen eines Quantenphysikers

HANS-PETER DÜRR

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

1. Einführende Bemerkungen

Es mag vermessen erscheinen, wenn ein Atom- und Elementarteilchenphysiker glaubt, er könne zu Fragen der Medizin und Biologie einen wesentlichen Beitrag leisten. Ist doch die Biologie, trotz ihrer naturwissenschaftlichen Grundlagen, hauptsächlich auf das spezifisch Lebendige orientiert, was wegen seiner immensen Komplexität und seiner, wie es scheint, doch auch prinzipiellen Andersartigkeit im Vergleich zu physikalischen Systemen zu ganz anderen Betrachtungsweisen zwingt als denen eines Physikers.

Als Gegenargument könnte hier die allgemeine Forderung nach Transdisziplinarität und die damit verbundene Notwendigkeit nach mehr Grenzgängertum in einer sich immer mehr in getrennte Fachdisziplinen zersplitternden Wissenschaft ins Feld geführt werden. Doch erscheint diese Argumentation auf den ersten Blick unergiebig angesichts der Tatsache, daß die für einen Elementarteilchenphysiker interessanten Strukturen doch mehr als zwölf Größenordnungen unterhalb denen, für einen Biologen relevanten Objekten liegen. Dies könnte jedoch eine Fehleinschätzung sein. Denn bei der unserer Naturwissenschaft eingepprägten analytischen Betrachtungsweise, nämlich das Größere aus dem Kleineren zu erklären, werden die Phänomene des Mesokosmos, unserer gewohnten Lebenssphäre, in unmittelbarer Abhängigkeit und als Folge der Gesetzmäßigkeiten des Mikrokosmos gedeutet.

So wird heute immer wieder die Frage gestellt: Läßt sich die Biologie (und mit ihr sogar die Medizin) letztlich auf die Chemie oder gar auf die Physik zurückführen? Viele Biologen würden wohl diese Frage prinzipiell positiv beantworten, denn sie alle kennen die große Bedeutung etwa der Molekularbiologie. Und Moleküle und Atome sind nun einmal "Objekte", über die ein Chemiker und Physiker gut Bescheid weiß und verlässliche Aussagen machen kann. Doch würden die meisten wohl gleichzeitig betonen, daß eine solche Zustimmung eben nur prinzipiell gelte, weil beim Aufstieg vom Mikrokosmos zum Mesokosmos die ursprünglichen Eigenschaften der "Bausteine" verdeckt und durch ihr kompliziertes Zusammenspiel nurmehr in qualitativ stark veränderter Form in Erscheinung treten. Im Gegensatz vielleicht zu einem Chemiker würde deshalb, so wird vermutet, ein Physiker, über dessen Beiträge hinaus, einem Biologen wohl kaum etwas für eine Erklärung Interessantes anbieten können.

Dies mag durchaus so sein, aber ganz sicher ist dies nicht. Denn die bisher hauptsächlich für eine solche Irrelevanz der Physik angeführten Argumente und experimentellen Tatsachen scheinen mir dafür nicht auszureichen. Die Physik hat im ersten Drittel dieses Jahrhunderts einen tiefgreifenden Wandel erfahren, der meines Erachtens noch nicht in seiner vollen Bedeutung von den Biologen 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? Unsere 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 dieser Paradigmenwechsel in der Physik, der aus meiner Sicht auch einen entsprechenden Paradigmenwechsel, mit den damit verbundenen neuartigen Fragestellungen und Aussagen, in der heute dominant naturwissenschaftlich ausgerichteten Biologie nach sich ziehen könnte. Ich verwende hierbei "Paradigma" etwas großzügig in Anlehnung



an den von Thomas Kuhn in seinem Buche¹ "The Structures of Scientific Revolutions" 1962 geprägten Begriff. Ich möchte die Bedeutung des Paradigmas, in dem hier verwendeten allgemeineren Sinne, mit einem einprägsamen Gleichnis des englischen Astrophysikers Sir Arthur Eddington veranschaulichen. Dieses Gleichnis soll uns zugleich auch ein besseres Verständnis dafür vermitteln, wie die Erkenntnisse der Naturwissenschaft über die Wirklichkeit in Beziehung stehen zur "eigentlichen" Wirklichkeit, was immer wir darunter verstehen wollen.

2. Die Parabel von Eddington

In seinem 1939 erschienenen Buche² "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 Betrachters, des 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."

Soweit die Parabel. Bei Anwendung dieses Gleichnisses auf die Naturwissenschaft entspricht dem Netz des Ichthyologen das gedankliche und methodische Rüstzeug und die Sinneswerkzeuge des Naturwissenschaftlers, die er benutzt, um seinen Fang zu machen, d.h. naturwissenschaftliches Wissen zu sammeln, dem Auswerfen und Einziehen des Netzes die naturwissenschaftliche Beobachtung.

Dem Streit zwischen dem Ichthyologen und dem Metaphysiker liegt offensichtlich kein eigentlicher Widerspruch zugrunde, sondern dieser wird nur durch die verschiedenen Betrachtungsweisen der Kontrahenten verursacht. Der Metaphysiker geht von der Vorstellung aus, daß es im Meer eine objektive, vom Beobachter unabhängige Fischwelt gibt, zu denen auch sehr kleine Fische gehören können. Aber er hat Schwierigkeiten, deren "Objektivität" im Sinne des Ichthyologen zu beweisen, denn im Sprachgebrauch des Ichthyologen ist ein Objekt etwas, was er mit dem Netz fangen kann. Der Metaphysiker empfindet diese Bedingung der Fangbarkeit als unzulässige subjektive Einschränkung der für ihn unabhängigen Wirklichkeit und bestreitet dem Ichthyologen deshalb die Relevanz seiner Aussage.

Der Ichthyologe ist hier anderer Meinung. Es ist für ihn uninteressant, ob er mit seinem Fang eine Auswahl trifft oder nicht. Er bescheidet sich mit dem, was er fangen kann und hat deshalb gegenüber dem Metaphysiker den Vorteil, daß er nirgends vage Spekulationen anstellen muß. Die Schärfe seiner Aussagen beruht wesentlich auf dieser Selbstbescheidung. Seine Beschränkung auf das Fangbare erscheint darüber hinaus, vom praktischen Standpunkt aus, ohne große nachteilige Konsequenzen. Für die Fischesser ist das Wissen, das der Ichthyologe etabliert, völlig ausreichend, da ein nicht-fangbarer Fisch für sie ohne direkten Nutzen ist.

Das Gleichnis unseres 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. Die Naturwissenschaft handelt nicht von der eigentlichen Wirklichkeit, der ursprünglichen Welterfahrung -- oder allgemeiner: was hinter dieser Welterfahrung steht -- sondern nur von einer bestimmten Projektion dieser Wirklichkeit, nämlich von dem Aspekt, den man, nach Maßgabe detaillierter Anleitungen in Experimentalhandbüchern, durch sogenannte "gute" Beobachtungen herausfiltern kann. Dieser Aspekt der Wirklichkeit kann dann auch von jedermann, der sich an die gleichen Vorschriften hält, nachgeprüft werden. Entsprechend seinem Projektionscharakter ist das auf diese Weise ermittelte naturwissenschaftliche Wissen im allgemeinen ein eingeschränktes Wissen von einer metaphysisch vorgestellten eigentlichen Wirklichkeit, oder auch einer allgemeineren Seinsform, deren Kennzeichnung sich unserer

¹ Thomas S. Kuhn: The Structure of Scientific Revolutions, Phoenix Books, The University of Chicago Press, 1962

² Sir Arthur Eddington: The Philosophy of Physical Sciences, Cambridge University Press, 1939



Sprache gänzlich entzieht. Durch die Projektion erhält das wissenschaftliche Wissen darüber hinaus auch eine bestimmte Prägung, wodurch sich der Charakter der wissenschaftlich beschriebenen Welt gegenüber der dahinter liegenden eigentlichen Wirklichkeit auch qualitativ verändert. Wirklichkeit und ihr naturwissenschaftliches Abbild stehen sich deshalb etwa einander gegenüber, wie ein Gegenstand zu seiner Zeichnung oder bestenfalls seiner Photographie.

Das Netz symbolisiert die *Verengung* und *Qualitätsänderung*, welche die Wirklichkeit erfährt zunächst durch unsere Vorstellungen, aber darüber hinaus auch durch unsere spezielle Art zu denken. Im ersteren Falle spielt das Netz etwa die Rolle des Kuhn'schen Paradigma. Es bezeichnet gewissermaßen ein Netz von "Vorurteilen", denen wir alle unsere Wahrnehmungen bei unserer Beschreibung unterordnen. Selbstverständlich ist der Naturwissenschaftler im Eddingtonschen Gleichnis diesbezüglich nur unzureichend charakterisiert, sollte er doch 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. Wie Thomas Kuhn eindringlich beschreibt, ereignen sich dort immer wieder Revolutionen, die, durch Unstimmigkeiten ausgelöst, letztlich ihre neue Überzeugungskraft aus einem Paradigmenwechsel -- einem Wechsel in der Art des Fanginstruments und nicht nur der Verfeinerung des bisherigen Netzes -- beziehen. Auch war es letztlich ja gerade die Möglichkeit verschiedener Fangmethoden -- die in der modernen Physik unmißverständlich auf den Projektionscharakter der "physikalischen Wirklichkeit" hingewiesen hat.

So offenbart sich ein Elementarteilchen, wie etwa ein Elektron, zum Beispiel 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. Daß nämlich ein Objekt, etwa ein Haus, von zwei verschiedenen Standpunkten aus betrachtet, auch verschieden aussieht, ist uns ja aus dem Alltag geläufig: Wir setzen die beiden verschiedenartigen flächenhaften, zweidimensionalen Eindrücke erfolgreich zu einem stimmigen räumlichen, also dreidimensionalen Gebilde zusammen. Eine ähnliche höherdimensionale Konstruktion gelingt jedoch bei den Teilchen- und Welle-Projektionen des Elektrons nicht mehr. Es gibt kein Netz, mit dem der Naturwissenschaftler das Etwas "Elektron" fischen, d.h. objektivieren kann, und das die komplementären Seiten Teilchen-Welle vereinigt läßt.

Dieses Beispiel macht deutlich, daß der Naturwissenschaftler wohl verschiedene Netze oder Fanginstrumente 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.

Die euphorische Erwartung des 19. Jahrhunderts, nach der alles in der Welt prinzipiell wissenschaftlich erfaßbar sei, wurde durch die Einsicht in die prinzipielle Beschränkung wissenschaftlicher Aussagen empfindlich gedämpft. Es wurde wieder Raum geschaffen, für die uns allen nachvollziehbare Vorstellung, daß unsere ursprüngliche, unmittelbar erlebbare Erfahrung viel reicher ist als die Erfahrung, welche sich wissenschaftlich fundieren läßt. Denn unsere Erfahrung beginnt doch schon dort, wo wir uns noch ganz als integrierten Teil einer Gesamtwirklichkeit erleben, wo wir noch nicht angefangen haben, uns als Subjekt vom Objekt zu trennen, wo wir noch nicht angefangen haben, unserem existentiellen Ich eine objektiv erfahrbare Außenwelt gegenüberzustellen. Viele für uns wichtige Erfahrungen, z.B. auf religiösem oder künstlerischem Gebiet, erfüllen nicht die Auswahlkriterien einer wissenschaftlichen Betrachtung. Sie können deshalb weder mit der Naturwissenschaft konfrontiert werden, noch mit dieser in Widerspruch geraten -- sie beziehen sich, in unserer Parabel, auf Fische, die man nicht fangen kann. Sie beziehen sich nicht auf exaktes, objektivierbares Wissen nach den Normen der exakten Naturwissenschaften. Aber es besteht andererseits keine zwingende Notwendigkeit, sie deshalb nicht auch als Wissen zu bezeichnen. Denn genau betrachtet machen wir in unserem Alltag fast immer nur von diesem umfassenderen, aber weniger scharf faßbaren Wissen Gebrauch, da die Vorbedingungen, unter denen die exakten Aussagen zutreffen, praktisch nie gegeben sind.



3. Warum ist die neue Physik so unverdaulich?

Auf Grund der geschilderten grundsätzlichen Bedeutung der neuen Physik erscheint es in gewisser Weise erstaunlich, daß der tiefgreifende Umbruch in unserem Verständnis der Wirklichkeit auch heute noch, fast hundert Jahre nach den bahnbrechenden Arbeiten von Max Planck und Albert Einstein, in unserer Gesellschaft und ihren Wissenschaften kaum philosophisch und erkenntnistheoretisch absorbiert worden ist. Und dies nicht etwa aufgrund eines Versagens der neuen Vorstellung: Die Quantenphysik, welche diese neue Entwicklung bezeichnet, hat in den letzten sieben Jahren seit ihrer Ausdeutung einen beispiellosen Triumphzug durch alle Gebiete der Physik angetreten und sich bis zum heutigen Tage unangefochten bewährt. Sie hat in der Folge ungeahnte technische Entwicklungen angestoßen, die unserem Zeitalter, zum Guten oder Schlechten, unverkennbar ihren Stempel aufgedrückt haben. Denn was wären die modernen Kommunikations- und Informationstechnologien ohne die auf der Quantenphysik basierende Mikroelektronik und Halbleitertechnik? Wie anders sähe unsere Welt heute aus ohne die in verschiedener Weise bedrohliche Nukleartechnik, die letztlich auf diese neuen Einsichten zurückgeht?

Wie war es möglich, daß alle diese vielfältigen, erstaunlichen und gewaltigen Konsequenzen wissenschaftlich und gesellschaftlich akzeptiert und verdaut wurden, ohne gleichzeitig auch die in hohem Maße überraschenden Vorstellungen mit zu übernehmen, aus denen die neue Physik eigentlich erst verständlich wird?

Dies hat viele Gründe. Allen voran: Der Bruch, den die neue Physik fordert, ist tief. Deutet diese Physik doch darauf hin, daß die Wirklichkeit, was immer wir darunter verstehen, *im Grunde keine Realität* im Sinne einer *dinghaften* Wirklichkeit ist. Wirklichkeit offenbart sich primär nurmehr als *Potentialität*, als ein "Sowohl-als auch", also nur als *Möglichkeit* für die uns vertraute Realität, die sich in objekthaft und der Logik des "Entweder-Oder" unterworfenen Erscheinungsformen ausprägt. Potentialität erscheint als das *Eine* -- oder besser: als das *Nicht-Zweihafte* --, das sich nicht auftrennen, das sich nicht mehr zerlegen läßt. Auf dem Hintergrund unserer gewohnten, durch das klassisch physikalische Weltbild entscheidend geprägten Vorstellungen klingt dies ungeheuerlich, eigentlich unannehmbar. Der Weg zu den neuen Vorstellungen war dementsprechend äußerst mühsam und schmerzhaft. Die Entdecker der neuen Physik, der Quantenmechanik, Planck und Einstein, die dafür mit dem Nobelpreis ausgezeichnet wurden, waren nicht bereit, diesen Weg konsequent zu Ende zu gehen. Obgleich sie die Unausweichlichkeit der Schlußfolgerungen anerkannten, hofften sie bis zuletzt auf einen konventionellen Ausweg. Es war den Jüngsten unter den damaligen Physikern: Werner Heisenberg, Paul Dirac, Wolfgang Pauli und anderen unter ihrem verehrten Kopenhagener Lehrer Niels Bohr vorbehalten, das neue Paradigma in eine konsistente und, in einem gewissen Sinne, überzeugende Gestalt zu bringen. Doch genau betrachtet haben nur wenige die von ihnen entworfene "Kopenhagener Interpretation" der Quantenmechanik zum Anlaß genommen, ihre Wirklichkeitsvorstellung letztlich zu revidieren. Und dies nicht in einem Akt bewußter Verweigerung, sondern mehr im Sinne einer unbewußter Verdrängung des so Unvorstellbaren, "weil nicht sein kann, was nicht sein darf".

Dieser Wunsch war und ist verständlich, insbesondere auf dem Hintergrund unserer westlichen Zivilisation, die so stark auf schöpferisches Wirken, auf Veränderung, Handeln, Machterwerb und Machterweiterung ausgerichtet ist und zu deren Grundverständnis es deshalb gehört, sich die Wirklichkeit als objekthafte Realität vorzustellen, um sie in dieser materiell geronnenen Form in den Griff bekommen und zum eigenen Nutzen manipulieren zu können. Durch eine pragmatische, positivistische Einstellung, die vorgibt auf jegliche "Ideologie" verzichten zu wollen und zu können -- wobei in diesem Zusammenhang unter "Ideologie" gerne alles subsummiert wird, was über das direkt Greifbare und quantitativ Meßbare hinaus geht -- wird intellektuell der Weg geebnet, die wesentlichen philosophischen Aussagen der Quantenphysik zu ignorieren, ohne dabei auf ihre praktischen Folgerungen verzichten zu müssen. Zudem war man ja glücklicherweise in der gewohnten Lebenswelt, dem von uns direkt wahrgenommenen Mesokosmos, um mehrere Größenordnungen von jenem Mikrokosmos entfernt, wo sich die Quantenmechanik den forschenden Physikern so unwiderstehlich aufdrängte. Die historisch bedingten, defensiv gewählten Begriffe, welche die neue Physik charakterisieren, wie etwa "Quantenmechanik", "Unschärferelationen" u.ä. sorgen zusätzlich dafür, die wesentlichen Neuheiten zu relativieren und zu verschleiern.

So entsprang der Begriff des "Quantums", ja einer Untersuchung der Eigenschaften des Lichtes, das durch die berühmten Arbeiten von Faraday und Maxwell in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts eindeutig und eindrucksvoll als *Wellenphänomen* eines elektromagnetischen Feldes entlarvt worden war. Auf Grund der Planckschen Entdeckung und der Einsteinschen Interpretation des photoelektrischen Effektes sollte nun dieses Licht



doch auf einmal wieder, wie vormals bei Newton, *teilchenartige*, "gequantelte" Eigenschaften haben. Obgleich diese Feststellung wegen der offensichtlichen Wellennatur des Lichts zunächst völlig unverständlich erschien, so war vielleicht doch auch eine gewisse Erleichterung spürbar, daß diesem unbegreiflichen, sich über Raum und Zeit unendlich ausbreitenden Phänomen eines immateriellen elektromagnetischen Maxwell-Feldes, das nach Einstein sogar jeglichen materiellen Trägers entbehrte, nun wieder eine lokal begrenzte und damit "greifbare", dingliche, also reale Grundlage zugeordnet werden konnte.

Der zweite Schritt der Quantenmechanik war deshalb umso erstaunlicher und brachte eigentlich erst die Grundfesten der Physik ins Wanken, nämlich die Entdeckung Louis de Broglie's, daß das im eigentlichen Sinne Materielle, wie es durch die Bausteine der Materie, die Atome und ihre Konstituenten, verkörpert war, nun *umgekehrt* sich in diese so unbegreifliche Welt des Ausgedehnten, Wellenförmigen verflüchtigte. Es zeigte sich also, daß sowohl Licht als auch Materie eine vom klassischen Standpunkt aus unverträgliche "Teilchen-Welle-Doppelnatur" besitzen.

4. Öffnung des klassischen Rahmens durch die moderne Physik

Der scheinbare Widerspruch zwischen dem Teilchen- und dem Wellenbild wurde von Heisenberg mit der Formulierung seiner Unschärfe-Relationen (Unbestimmtheitsbeziehungen) in gewisser Weise "aufgeklärt", aber nur durch den für viele nicht annehmbaren Preis eben einer prinzipiellen *Unschärfe*. Diese "Un"-Definition suggerierte begrifflich für viele einen *Mangel*, der in den Augen eines Wissenschaftlers in einer Wissenschaft, die sich als "exakt" charakterisiert, bestenfalls nur für ein Übergangsstadium zulässig sein kann und letztlich beseitigt werden muß. Bei näherer Betrachtung zeigte sich aber, daß eine solche Situation hier eigentlich gar nicht gegeben war. Die Bezeichnung "Unschärfe" im Falle der Quantenmechanik macht nämlich nicht deutlich, daß hierbei die Unschärfe *nicht Ausdruck eines Mangels* ist, sondern im Gegenteil -- worauf insbesondere immer wieder Carl Friedrich von Weizsäcker hingewiesen hat -- die Folge eines viel innigeren Zusammenhangs zwischen dem Gegenwärtigen und dem Zukünftigen, bei dem in umfassenderer Weise "alles mit allem" zusammenhängt. Die "Unschärfe" ist *Ausdruck einer holistischen, einer ganzheitlichen Struktur der Wirklichkeit*. Es ist unmittelbar einsichtig: Jede Beziehung führt notwendig zu einer Einbuße an Isolation, wobei eine solche Isolation wiederum erst Schärfe im Sinne des Exakten ermöglicht. Wir erfahren diese Komplementarität in unserem täglichen Leben, wenn wir versuchen, eine Konzentration oder Fokussierung auf ein Detail gleichzeitig mit der Wahrnehmung von Gestalt in Einklang zu bringen. Gerade beim Lebendigen wird überdeutlich, daß das Ganze in einem sehr komplexen Sinne mehr ist als die Summe seiner Teile.

Lassen Sie mich den Unterschied zwischen der klassischen Physik und der Quantenphysik noch etwas deutlicher machen.

Nach der klassisch-mechanistisch-atomistischen Vorstellung besteht die Welt aus einer großen Anzahl von nicht mehr weiter zerlegbaren, strukturlosen und unzerstörbaren Bausteinen, von irgendwelchen Atomen. "Atome" sollen hierbei nicht die Atome im engeren Sinne, die Bausteine der chemischen Elemente bedeuten, sondern irgendwelche kleinste Bausteine der Materie, wie etwa, was wir heute Elementarteilchen nennen. Atome bezeichnen also "Objekte" in einem bestimmten Sinne, die zeitlich unveränderlich sind, die über alle Zeiten hin mit sich selbst identisch bleiben. Die Zeit wird bei dieser Vorstellung als wesentliche Anordnungsstruktur von Anfang an vorgegeben. Das zeitlich Unveränderliche, das "Beharrende" spielt in dieser Vorstellung eine besondere Rolle und wird von uns unmittelbar als "Materie" begriffen. Die zeitlich unveränderlichen Bausteine der Materie verbürgen gewissermaßen bei dieser Vorstellung die zeitliche Kontinuität unserer Welt.

Das Weltgeschehen besteht bei dieser Auffassung nur in einer komplizierten Durchmischung und Umordnung dieser vielen Atome. Diese Verwicklungen sind in einem mechanistischen Weltbild nicht zufällig, sondern gehorchen ganz bestimmten Gesetzen. Für die Erfassung der materiellen Wirklichkeit würde es deshalb unter diesen Umständen prinzipiell ausreichen, aus der genauen Kenntnis des Zustands der Welt zu einem bestimmten Zeitpunkt, z.B. im jetzigen Augenblick, prinzipiell das Vergangene voll zu rekonstruieren und das Künftige eindeutig vorherzusagen. Ich sage "prinzipiell", denn praktisch wird es selbstverständlich gänzlich unmöglich sein, sich eine vollständige Kenntnis der Welt zu einem bestimmten Zeitpunkt zu verschaffen. Man würde also auch in diesem Fall praktisch mit der Ungewissheit leben müssen. Aber eine strenge Determiniertheit des Weltgeschehens würde -- wenn man auch



die belebte Welt und die Menschen mit in diese Gesetzmäßigkeit einbezieht -keine Freiheit des Handelns mehr zulassen. Das Weltgeschehen würde unbeeinflussbar wie ein Uhrwerk ablaufen. Darüber hinaus bestünde auch kein prinzipielles Verständnis dafür, was die "Gegenwart" als Zeitpunkt auszeichnet, was ihren absoluten Charakter diktiert.

Nach den Vorstellungen der modernen Physik 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, objektivierbare Welt. Keine noch so genaue Beobachtung aller Fakten in der Gegenwart reicht prinzipiell aus, um das zukünftige Geschehen eindeutig vorherzusagen, sondern eröffnet nur ein bestimmtes Feld 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 Entfaltung*. "Die Schöpfung ist nicht abgeschlossen" -- die Welt ereignet sich gewissermaßen in jedem Augenblicke neu. Die Welt erscheint hierbei als eine *Einheit*, als ein einziger Zustand, der sich *nicht* mehr streng als Summe von Teilzuständen deuten läßt. Die Welt "jetzt" ist nicht mit der Welt im vergangenen Augenblick *substantiell* identisch. Nur gewisse Gestaltseigenschaften (Symmetrien) bleiben zeitlich unverändert, was phänomenologisch in Form von Erhaltungssätzen -- zum Beispiel dem Energie-Erhaltungssatz -- 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 substantielle Erscheinungsformen, z.B. Elementarteilchen, Atome ihre Identität in der Zeit bewahren. Materie erscheint gewissermaßen als geronnene Potentialität, als geronnene Gestalt.

Aus der Sicht der Quantenphysik ist die Zukunft prinzipiell offen, prinzipiell unbestimmt; die Vergangenheit dagegen ist festgelegt, durch Fakten, die durch irreversible makroskopische Prozesse erzeugt werden. Sie wird dadurch objekthaft und ist in der Gegenwart dokumentiert. Oder eigentlich besser: Wir erfahren als Vergangenheit letztlich nur, was objekthaft und in der Gegenwart in Form dinglich ausgeprägter Fakten dokumentiert ist. Die Gegenwart bezeichnet den Zeitpunkt, wo Potentialität zur Faktizität, Möglichkeit zur Tatsächlichkeit gerinnt. Eine Extrapolation in die Zukunft ist in wesentlichen Teilen prinzipiell nicht mehr möglich.

5. 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 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 "darwinistisch" bewähren müssen, nur mit sehr großen Anzahlen dieser eigentümlichen, etwas irreführend als "Bausteine" der Materie titulierten Wesenheiten umgehen müssen, sind wir in der Situation eines Waldspaziergängers, der am Wege gleichmäßig geformte statische Kegel wahrnimmt, die sich erst bei näherem Hinsehen als ein Gewimmel von Tausenden und Abertausenden von hochlebendigen Ameisen erweist. In der Tat ist es dieser Umstand eines extrem weitgehenden Herausmittels von jeglicher lokaler Besonderheit und Verschiedenartigkeit einer enormen Vielzahl von als nicht-korreliert angenommenen Teilsystemen -was eigentlich im Falle der Ameisen nicht gilt, denn wir haben es hier wohl mit irgendwie korrelierten Kreaturen zu tun --, was zu verlässlichen Aussagen für das Gesamtsystem führt, die für die Teilsysteme selbst nicht gelten. So läßt sich beim einmaligen Würfeln die geworfene Augenzahl nicht vorhersagen. Beim Wurf von gleichzeitig etwa einer Million gleichartiger Würfel liegt das Ergebnis jedoch praktisch eindeutig (streng genommen mit einer mittleren Abweichung von einem Promille) fest.

Die Vermutung erscheint deshalb völlig berechtigt - wenn wir uns nicht wie bei den Ameisen täuschen -- daß bei 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 müssen. Dies heißt: Die im Grunde eigentlich "Sowohl-Als-auch-Wirklichkeit" stellt sich in der für uns direkt erlebbaren makroskopischen, hochaufgemischten Welt in extrem guter Annäherung eben wie die uns wohlvertraute, zerlegbare, objekthafte, materielle "Entweder-Oder"-Realität dar, auf die hin sich unsere



reflektierende Rationalität (unser Verstand) so hervorragend entwickelt und eingestellt hat. Was für uns von diesem uns so mysteriös erscheinenden Mikrokosmos letztlich nur bleibt, ist eine Warntafel, die angibt, beim Abstieg in immer kleinere Regionen darauf vorbereitet zu sein, daß einige von unseren gewohnten Vorstellungen im Allerkleinsten nicht mehr so recht taugen und eben in eine etwas abstrusere Sprache gefaßt werden müssen, mit der sich der tiefbohrende Spezialist auseinandersetzen muß, wenn er es partout genauer wissen will.

Es gibt nun aber starke Hinweise, daß dies wohl nicht das Ende der Geschichte ist. Darauf deutet vor allem das Phänomen des Lebendigen, der belebten Natur einschließlich des Menschen hin. Die Versuchung liegt nahe, das Phänomen Leben nicht außerhalb der übrigen sogenannten unbelebten Natur anzusiedeln, sondern für das Lebendige gerade in der neu entdeckten, letztlich ganzheitlichen Struktur der Wirklichkeit eine natürliche "Erklärung" zu suchen. Die alte, klassische Naturauffassung bot dafür nur eine recht unbefriedigende Ausgangsbasis, weil der wegen seines Bewußtseins und seiner Schöpfergaben sich so großartige fühlende Mensch sich instinktiv - und dies wohl mit Recht dagegen wehrte, letztlich nur als hochkompliziertes, voll-determiniert ablaufendes Uhrwerk definiert zu werden. Um dieser Unverträglichkeit zu entgehen, wurde deshalb ein deutlicher Trennungsstrich zwischen dem Menschen und der übrigen Natur gezogen und der bewußte Mensch zusätzlich mit dem Attribut des "Geistigen" ausgestattet. Diese, meiner Überzeugung nach, künstliche Trennung von Mensch und seiner (von ihm so bezeichneten) Umwelt hat viel mit der ökologischen Krise zu tun, die heute die menschliche Zivilisation existentiell bedroht.

Die neue Physik hat einen ersten wesentlichen Schritt gemacht, die störende Fessel der strengen Determiniertheit abzustreifen oder zu lockern: *Die Zukunft ist prinzipiell offen!* Ja - aber die durch diese Änderung der Gesetzmäßigkeit im Allerkleinsten ermöglichte Befreiung der Prozeßabläufe von einem strengen Determinismus ist zur Begründung der vermuteten Willens- und Entscheidungsfreiheit des Menschen wohl noch nicht ausreichend. Denn diese Freiheiten sind durch die immer noch fest vorgegebenen Wahrscheinlichkeiten prinzipiell und primär nur recht bescheiden, und sie scheinen dann vor allem sekundär durch die fast vollständige Ausmittlung der mikroskopischen "Lebendigkeit" bei makroskopischen Zusammenballungen vollends erdrückt zu werden. Doch dies muß, wie wir heute wissen - und dies ist die interessante und freudige Botschaft - *nicht unbedingt* so sein. Eine vollständige statistische Ausmittlung erfolgt nämlich nur dann, wenn die "Teile des Systems", die das Gesamtsystem bilden, genügend unabhängig voneinander sind (wie die vielen Würfel in meiner Hand, bevor ich sie auf den Tisch werfe), so daß sich keine starken Korrelationen ergeben. Gerade jedoch bei der Einschätzung, was als "ausreichend unabhängig" gelten kann, ist Vorsicht geoten. Denn durch eingeprägte Instabilitäten des Systems können sich unter Umständen kleinste Korrelationen enorm aufschaukeln, wie dies dies bei sogenannten "chaotischen" Prozeßabläufen zum Ausdruck kommt. Gerade für das "Lebendige" sind nun aber enge Beziehungen zwischen den Teilsystemen und eingeprägte Instabilitäten charakteristisch.

Vom Standpunkt der neuen Physik aus kommt eine Beziehungsstruktur nicht nur durch eine vielfältige und komplizierte Art der Wechselwirkung der vorgestellten "Bausteine" (Atome oder Moleküle) durch die uns heute bekannten Kräfte (so etwa durch die elektromagnetischen Kräfte der Atomhülle) zustande, sondern es existiert darüber hinaus die wesentlich innigere und für die Quantenphysik typische holistische Beziehungsstruktur, die uns strenggenommen eigentlich verbietet, überhaupt von Bausteinen, also Teilen eines Systems sinnvoll zu sprechen. Quantenmechanische Systeme sind eben nicht nur hochkomplizierte, sondern hochkomplexe Systeme. Hierbei soll die Bezeichnung "Komplexität" zum Ausdruck bringen, daß solche Systeme sich überhaupt nicht mehr ohne Zerreißen von irgendwelchen Teilverbindungen auf einfachere Systeme zurückführen lassen. Bei ihnen versagt also strenggenommen der für unsere Wissenschaft übliche und letztlich methodisch notwendige Reduktionismus. Die moderne Chaostheorie lehrt uns darüber hinaus, daß bei eingepägten Instabilitäten eine solche Reduktion auch nicht einmal näherungsweise möglich ist, weil selbst schwächste Einwirkungen zu völlig verschiedenartigen Entwicklungen führen können.

War die Analyse eines Systems immer schon einfacher als die nachfolgende Synthese der an den Teilen gewonnenen Einsichten, so wird die vollständigen Synthese des Gesamtsystems unter den Bedingungen der neuen Physik zu einem noch weit schwierigeren und strenggenommen sogar unmöglichen Unterfangen. Aus alter Sicht war nur nötig, die Eigenschaften der Teile möglichst genau zu analysieren, zu denen auch die von ihnen ausgehenden Kraftwirkungen gehörten. Bei der Synthese mußte dann nicht nur die Substanz der Teile addiert, sondern zusätzlich die von diesen ausgehenden Kraftwirkungen geeignet überlagert werden. Bei einer großen Zahl der Teile kann sich



dies leicht zu einem extrem komplizierten Problem auswachsen, das aber prinzipiell lösbar bleibt und in der Regel auch praktisch durch statistische Methoden bewältigt werden kann.

Die der Quantenphysik zugeordnete Statistik ist aber nun noch eine Stufe raffinierter als die übliche Statistik, die wir im Falle unzureichender Kenntnis der Sachverhalte anwenden, weil die Quantenstatistik auf der "Sowohl-Als-auch"-Potentialität aufbaut. Im Gegensatz zu der uns gewohnten Wahrscheinlichkeit, die alle Werte von Null (Unmöglichkeit) bis Eins (Gewißheit) annehmen kann, ist die Potentialität der Quantenphysik *positivwertig*. Sie kann (komplexwertig) "wellenartig" von +1 bis -1 variieren und bei Überlagerung -- und das ist das Charakteristische einer Welle -- sich dabei nicht nur verstärken, sondern auch bis zur totalen Auslöschung abschwächen.

So steht das Getrennte (etwa durch die Vorstellung isolierter Atome) nach neuer Sichtweise nicht am Anfang der Wirklichkeit, sondern *Trennung ist mögliches Ergebnis einer Strukturbildung, nämlich Erzeugung von Unverbundenheit durch Auslöschung im Zwischenbereich*. Die Beziehung zwischen Teilen eines Ganzen ergeben sich also nicht nur sekundär als Wechselwirkung von ursprünglich Isoliertem, sondern sind Ausdruck einer *primären Identität von Allem*. Eine Beziehungsstruktur entsteht also nicht nur durch *Kommunikation*, einem wechselseitigen Austausch von Signalen, sondern gewissermaßen auch durch *Kommunion*, durch Identifizierung.

Diese Grundstruktur im Allerkleinsten kann bis zu unserer Makroebene durchstoßen, wenn die "Bausteine" in einer bestimmten Ordnungsbeziehung zueinander stehen. Solche Ordnungsstrukturen können sich etwa sukzessiv durch Selbstorganisation entwickeln. *Die Größe eines Objekts allein ist also noch kein ausreichender Grund für eine effektive Dominanz rein klassischer Erscheinungsformen und die totale Unterdrückung oder Nichtausprägung der holistischen Zustandsformen*, wie sie für die Quantenphysik charakteristisch sind.

6. Materie und ihre Lebendigkeit

All dies reicht jedoch noch nicht aus, um schlüssig einen direkten Zusammenhang zwischen den Gesetzmäßigkeiten der neuen Physik und den Erscheinungsformen des Lebendigen und insbesondere auch des Geistigen zu konstruieren, wobei wir bei letzterem besonders behutsam sein sollten, vorschnelle Schlüsse zu ziehen. Parallelen fallen jedoch unmittelbar ins Auge und sollten deshalb zum Anlaß genommen werden, auch in anderen Wissenschaftsbereichen, so besonders 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. Bei der Beschreibung der Atome und Moleküle von Makromolekülen wird als selbstverständlich angenommen, daß man dabei im wesentlichen mit den groben Approximationen der Chemiker auskommen kann, welche nur die Intensitäten aber nicht die Phasenbeziehungen der Materiewellen der Elektronen berücksichtigen.

Ich möchte hier etwa an die bekannten Kalottenmodelle komplizierter Makromoleküle der Chemiker erinnern. So etwa an das oft abgebildete Modell der DNS-Doppelhelix, in der der Entwicklungsplan eines Lebewesens, ähnlich wie bei einem Buch durch getrennte Schriftzeichen, in Form einer speziellen Abfolge bestimmter Basismoleküle (Nukleotide) verschlüsselt ist. Die sich überlappenden Kalotten der aneinander hängenden Atome, welche diese Moleküle aufbauen, sollen hier eine grobe Vorstellung von den 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. Wichtig ist: Es wird bei dieser Darstellung nur die *Intensität* und *nicht die Phase* der Elektronenwellen wiedergegeben, die im Überlappungsbereich der Kalotten eine wesentliche Rolle spielen.

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 Gesamtwelle der DNS-Doppelhelix nicht doch *wie bei einem Hologramm* für die Gestaltbildung wesentliche zusätzliche Information verschlüsselt ist. So glauben wir ja auch im Alltag durch eine Photographie uns ein außerordentlich naturgetreues Abbild unserer Umgebung verschaffen zu können, obgleich wir aus unserer Kenntnis der Optik wissen, 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 neuerdings die Holographie anbietet, teilweise zugänglich machen können.

Auch die moderne Biologie ist so von den Erfolgen der analytischen Betrachtung des Lebendigen beeindruckt, daß sie sich heute 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 der mehr ganzheitlichen, gestaltwahrnehmenden, 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. Um mit dem Ichtologengleichnis von Eddington zu sprechen, kommen wir also hier zu Ergebnissen, die wir mit unserem Netz fangen können. 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 idealiter als notwendig erachtet wird. Diese Schwierigkeit kann strenggenommen nicht beseitigt werden, weil sie in der ganzheitlichen Struktur selbst begründet ist. So lassen sich insbesondere kaum experimentelle Situationen herstellen, welche als genügend "gleichartig" gelten können, um für eine 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 Methoden der Verifikation und Falsifikation nicht mehr anwendbar sind, wird es wohl noch einige Zeit dauern, bis wir auf diesem Terrain mehr Trittsicherheit gewinnen. Denn diese ist notwendig, um zu verhindern, nicht auf der anderen Seite in ein "everything 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 nur qualitatives Wissen in einem gewissen Grade doch wieder quantitativ faßbar wird und damit die totale Willkür vermeidet. Doch auch in einem allgemeineren Fall braucht der Verzicht auf eindeutiges, unbestreitbares Wissen nicht auszuschließen, daß wir auf diese andere Weise nicht *Wissen von anderer Art* -- und es wird sich um hochrelevantes Wissen handeln -- erfahren können. Offensichtlich erscheint mir nur: Wenn wir Wissen auf seine bisher in der Wissenschaft übliche Bedeutung eingeengt lassen -- also dabei ausschließlich auf "*Objektivierbarkeit*" als *wesentlichem Wahrheitskriterium* bestehen, und nicht auch nicht-mehr-objektivierbaren Erfahrungen und Einsichten, vermöge einer Stimmigkeit und inneren Überzeugungskraft, *Wahrheit in einem geeignet offeneren, nicht mehr eindeutig festlegbaren Sinne*, zuordnen --, dann werden uns existentiell wesentliche Erkenntnisse verschlossen bleiben. Dies mag wegen seiner vermeintlichen Unverbindlichkeit recht willkürlich klingen und wegen der dadurch möglichen Manipulationen auch nicht ungefährlich sein, aber dies nur so lange als eine prinzipielle ganzheitliche Struktur der Wirklichkeit negiert wird.

Selbstverständlich läßt sich eine solche Ganzheitlichkeit nie beweisen, andererseits aber auch nicht schlüssig leugnen. Wir sollten in diesem prinzipiellen Dilemma jedoch nicht übersehen, daß wir in unserer persönlichen Wahrheitserfahrung, die trotz aller logischer Verknüpfungsakrobatik und hochintelligenter Reflexion - letztlich auf einer nicht mehr hinterfragten, spontan erlebten Evidenz basiert, schon immer unausgesprochen auf eine inhärente Stimmigkeit zur Wahrheitsfindung angewiesen waren und dies auch in Zukunft weiterhin sein werden.

7. Mögliche Bedeutung für die Biologie

Doch viele Lernwillige, die meinen Ausführungen aufmerksam und geduldig bisher gefolgt sind, werden sich vielleicht jetzt zweifelnd fragen, was alle diese hintergründigen Betrachtungen eines Quantenphysikers mit der



Biologie überhaupt zu tun haben sollen. Haben nicht die neuerlichen großartigen Erfolge der Molekularbiologie schon hinreichend deutlich gemacht, daß die (wie ich das genannt habe) "vergrößerten" Vorstellungen des Mikrokosmos des Chemikers für das Verständnis der biologisch relevanten Bausteine und ihrer Prozesse vollkommen ausreichen?

Diese Einstellung ist mir gut verständlich und ich weiß auch, daß eine erdrückende Mehrzahl von Biologen diese Auffassung teilt und sie durch die empirischen Erfolge der bisherigen Vorstellungen bestätigt sehen. Andererseits ist aber doch auch bei den Biologen ein 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 alle diese Prozesse in ihrem Zusammenspiel geeignet koordiniert und für die wesentlichen Initiierungen und die nötigen Differenzierungen sorgt. Wir verdrängen heute diese "offensichtliche" Sichtweise unter dem Eindruck der höchst bemerkenswerten Erfolge analytisch-naturwissenschaftlicher Modelle. Wir verkennen dabei, daß, wie ich schon früher betont habe, 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.

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 Gesetzlichkeit 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 Schranken zu errichten -so würde meine Antwort wohl sehr in die Nähe eines "nein" rücken, vorausgesetzt jedoch wir verständigen uns darauf, daß wir uns dabei auf die moderne holistische Struktur der Physik beziehen und nicht auf die stark vereinfachte mechanistische, linear-kausalanalytische Variante der klassischen 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.