

4 Reise zu den Weltanschauungen

4.2.1 Naturwissenschaften

[Texte zusammengestellt aus: DAVIES, DITFURTH-3 -4 -5, GELL-MANN, HAWKING, LASZLO-1, LORENZ, SOFIES-CD, VOLLMER] *Der Text wurde von Joachim Pastors auf sachliche Richtigkeit überprüft (Diplom-Biologe, zweites Fach Atomphysik)*



Die Physiker Isaac NEWTON und Albert EINSTEIN, sowie die Biologen Charles DARWIN und Gregor MENDEL als Stellvertreter für die Wegbereiter dieser beiden Wissenschaften

Geschichte

Die Grundfesten des modernen naturwissenschaftlichen Weltbildes wurden zweifelsohne von Physikern und Mathematikern gelegt. Keine Wissenschaft hat ihr Fachgebiet so tief ausgelotet und erlaubt so viele Querverbindungen zu anderen naturwissenschaftlichen Fächern wie die Physik. Und erst die hochabstrakte Sprache der Mathematik eröffnete die Möglichkeit, die Ergebnisse von Experimenten - die mit der Sprache und dem Vorstellungsvermögen nicht mehr zu erfassen sind - in unmissverständlichen Theorien zu »formulieren«, sie mit Daten zu belegen und damit überprüfbar zu machen [5/W]. Eine Grundvoraussetzung, um anschließend noch weiter in die Tiefe vorzudringen!

Die stärksten Wurzeln des wissenschaftlichen Denkens und zudem der europäischen Philosophie liegen im antiken Griechenland. Die Naturwissenschaften waren damals noch ein Teilbereich der Philosophie, das Experimentieren noch weitgehend unbekannt.

Auch die Welt der Zahlen war stark mit philosophischen Überlegungen verflochten, wenn man einmal von ihrer praktischen Verwendung in der Technik absieht.

Bereits DEMOKRIT schlug vor rund 2.400 Jahren ein Atom-Modell des Universums vor, nach dem alles aus winzigen, nicht mehr weiter teilbaren Teilchen bestünde. Zu dieser Theorie gelangte er ganz ohne die weitreichenden Kenntnisse, die uns die moderne Physik beschert hat.

Im Mittelalter verlor die Denktradition des griechischen Geistes durch die Einflussnahme der Kirche stark an Bedeutung und es wurden nur wenige wissenschaftliche Fortschritte gemacht.

Erst mit Beginn der Neuzeit finden wir wieder Persönlichkeiten wie Leonardo da Vinci, Galileo Galilei oder Johannes Kepler, die den Aufbau des naturwissenschaftlichen Weltbildes maßgeblich beeinflussten.

Mit Isaac NEWTON entstanden dann im 17. Jahrhundert das erste, lange Zeit unumstößliche Fundament der Naturwissenschaften, das die Welt mit einem riesigen Uhrwerk verglich - mithin uneingeschränkt mechanisch und vorhersagbar. Es war sozusagen der wissenschaftliche Beleg für das unüberwindliche, gottgegebene Schicksal der Menschheit.

Die Trennung von der Religion vollzog sich immer deutlicher, je tiefer die Wissenschaftler in die Geheimnisse der Natur vorstießen. Doch erst mit der Evolutionstheorie des Charles DARWIN, der die Gesetze der Verwandtschaft aller Lebewesen erkannte, kam es zum offenen Bruch mit der Kirche. Interessanterweise war es ausgerechnet ein Geistlicher - nämlich Gregor MENDEL -, der wesentliche Lücken DARWINs Theorie mit der Begründung seiner Vererbungslehre schloss.

Die Abkehr von der christlichen Lehre hat allerdings nicht dazu geführt, dass alle Wissenschaftler heute ungläubig sind, denn es gibt eine Reihe bekannter Forscher, die sich zu Ihrem Glauben an Gott bekennen und Raum für »unphysikalische« Welterklärungen lassen [6/W] [7/K]. So auch Albert EINSTEIN - wohl der größte Physiker aller Zeiten - der das starr-mechanische, vollkommen vorhersagbare Weltbild NEWTONs Anfang unseres Jahrhunderts zum Wanken brachte. In der modernen Ära der Quantenphysik* und selbst in der Mathematik rechnet man heute auch mit dem Zufall und der Unvorhersehbarkeit [8/W] [9/W].

Vielleicht war es gerade dieses Quäntchen Zufall, dass die Wissenschaftler des 20. Jahrhunderts beflügelte, in nie gekannter Geschwindigkeit immer tiefer in alle denkbaren Wissensbereiche vorzustößen und damit die Grundlagen für die technologischen Entwicklungen zu schaffen, die unsere moderne Welt prägen.

Und die Geschichte der Wissenschaft ist noch lange nicht zu Ende.

Was können wir über die Welt wissen?

Nach der zur Zeit von den meisten Wissenschaftlern anerkannten Urknalltheorie (Big Bang) war das gesamte Universum vor etwa 14 Mrd. Jahren [10/W] auf einem einzigen Punkt versammelt. Oder anders ausgedrückt: Das Universum *war* selbst dieser Punkt mit einer Raumausdehnung von Null und ebenso *ohne* den Faktor Zeit. Raum und Zeit *entstanden* erst mit dem Urknall, so dass Fragen nach einem »Dahinter« oder einem »Vorher« sinnlos sind [11/W]; Raum und Zeit existierten einfach noch nicht. Das ist für uns absolut nicht vorstellbar (!), kann aber mathematisch schlüssig belegt werden.

Naturwissenschaft fragt vor allem nach dem »Wie« und selten nach dem »Warum«, so dass es zur Frage »Warum kam es zum Urknall?« nur ganz wenige Erklärungsansätze gibt [12/W]. Dieses Ereignis lässt sich mit Hilfe der uns verständlichen Gesetzmäßigkeiten (noch?) nicht beschreiben. Was nach dem »Big Bang« geschah, kann jedoch bis zu unvorstellbar kleinen Sekundenbruchteilen genau zurückberechnet und beschrieben werden:

Aus dem Urknall entstand ein sich mit Lichtgeschwindigkeit** ausbreitender, energiegefüllter Raum. Nach vorherrschender Meinung erfüllt diese Ur-Energie auch heute noch die ganze scheinbare Leere des Weltalls. Man kann sich diesen »Energiesee« vielleicht als unglaublich heißen Raum vorstellen; völlig ohne Himmelskörper, ohne irgendwelche Materieteilchen, scheinbar grenzenlos, selbst eine Quelle der Hitze ist nicht auszumachen. Alles erscheint völlig leer und doch ist etwas da: ein quasi masseloses, fließendes »Etwas«, die pure *Raumzeit*. Nach der Quantentheorie gibt es keine wirkliche Leere, kein vollkommenes *Nichts* [13/W] [14/W], so dass auch heute noch überall im Weltraum zumindest dieses energetische »Etwas« sein muss. Die Physiker suchen zur Zeit nach dem sogenannten Higgs-Teilchen, das nach der geltenden Theorie existieren muss, da selbst die allgegenwärtigen Kräfte im Universum eine gewisse - quasi unendlich kleine - Masse haben müssen, damit die Theorie schlüssig ist ...

Aus nicht bekannten Gründen bildeten sich in den fließenden EnergieWellen dieser »Leere« im Laufe der Zeit hier und dort »Wirbel«, die sich verdichteten und dadurch plötzlich zu den ersten Stellen mit fassbaren Eigenschaften in der quasi masselosen Raumzeit wurden; die ersten Materie-

teilchen waren geboren. Zuerst war dies ein ständiges Werden und Vergehen sogenannter »Virtueller Teilchen« [15/W] - flüchtiger Erscheinungen wie Wirbel im Wasser - das auch heute noch ständig geschieht.

Irgendwann entstanden jedoch aus der Urkraft des Energiesees die vier getrennten Kräfte »Schwerkraft«, »starke Kernkraft«, »schwache Kernkraft« und »Elektromagnetismus« [16/W]. Das hatte zur Folge, dass nun auch beständige »Energiewirbel« durch die wechselseitig wirkenden anziehenden und abstoßenden Kräfte entstehen konnten [17/W]. Das war die Geburtsstunde der beständigen Materie. Anschaulich dargestellt ist dieser Prozess in [LASZLO-2 / W, 77]:

... Man stelle sich eine Welt vor, aufgebaut nicht aus in Zeit und Raum existierenden Dingen, sondern aus Muster bildenden Strömungen, die durch die Weiten des Alls fließen. Was da strömt, ist ein geheimnisvolles, unindividualisierbares Etwas, das wir Energie nennen. Es strömt auf bestimmten Bahnen und ist durch ... (den Schwingungs-Rhythmus) der in sich gegliederten Raumzeit strukturiert. Es strömt über weite Bereiche ... glatt und ohne Kräuselungen und Wirbel, an manchen Stellen aber kommt es zu »Verzerrungen«. An diesen Stellen treten, ... durch elektromagnetische Kräfte, Störungen der Ströme auf. Einige Ströme verfestigen sich dadurch zu »Knoten« und wirbeln in relativ stabilen Mustern. Jetzt ist plötzlich etwas da - etwas Dauerhaftes -, während es vorher nur ein ununterbrochenes Fließen gab. ...

Dieser erste stabile Stoff - die Ur-Materie - wird als im Raum schwingender, unvorstellbar winziger »Faden« (engl. String) beschrieben [18/W]. (Die Schwingungen der Strings finden nach der Theorie in zehn bis elf Dimensionen statt. Dieser mathematische Dimensionsbegriff darf nicht mit den realen Dimensionen verwechselt werden! Dazu später mehr.)

Die Strings bilden wiederum die Grundlage der zusammengehörigen Kraft- und Materieteilchen. Die »Kraftteilchen« (Photonen, Bosonen, Gluonen und die noch nicht bewiesenen Gravitonen) übertragen nach der Standardtheorie die Kräfte und halten damit die Stoffe zusammen. Die »Materieteilchen« (Elektronen, Quarks und Neutrinos) wiederum sind die eigentlichen »Massepunkte« in der »Leere«.

Jegliche beständige Materie kann man also im Grunde auf zwei vonein-

ander abhängige Umstände zurückführen, die sich ewig gegenseitig erzeugen und erhalten: in unseren Worten aus »Kräftegefüge« und »Gestaltmasse«.

Das »Kräftegefüge« hält den Energiewirbel in der Zeit zusammen und die »Gestaltmasse« bestimmte den Raum des Teilchens [19/W]. In die Worte des ARISTOTELES gekleidet: Jedes Objekt zeichnet sich durch einen »Stoff« (hier das Kräftegefüge) und eine »Form« (hier die Gestaltmasse) aus - zusammen erscheint uns dieses Gebilde dann als »Ding« [20/E].

An dieser Stelle scheint es mir sehr wichtig, noch einmal darauf hinzuweisen, dass jegliche wissenschaftlichen Beschreibungen vom Allerkleinsten und des Allergrößten den Rahmen unseres Vorstellungsvermögens bei weitem sprengen [21/W] [22/W]. Nicht umsonst werden die entsprechenden Theorien praktisch ausschließlich in mathematischen Formeln verfasst. In beschreibenden Worten erscheinen daher viele Aussagen dieser Theorien widersprüchlich, verfälscht oder nahezu unglaublich. Besonders eindrucksvoll zeigt sich dies bei der sogenannten »Unschärferelation« nach HEISENBERG, die die Quantenphysik wesentlich geprägt hat.

HEISENBERG entdeckte, dass man nicht gleichzeitig den Ort (einschließlich Raum oder Gestalt des Teilchens) und den Impuls eines Teilchens (das Produkt aus Masse und Bewegung) feststellen kann. Seltsamerweise war die Messung abhängig vom Versuchsaufbau des Physikers, demnach also von seiner persönlichen Erwartungshaltung. Das Objekt lässt sich also entweder *nur* als materielles Teilchen oder *nur* als energetische Welle*** beschreiben [23/C], sein Dasein erscheint zweiseitig (dualistisch). Als »Erklärung« wird ein »Zittern« herangezogen, dass als unveränderbare Grundeigenschaft der Materie angenommen wird.

Um zu einem geringfügig besseren Verständnis dieses Welle-Teilchen-Dualismus zu gelangen, hilft vielleicht folgender Vergleich:

Stellen Sie sich vor, sie wollen einen sehr schnell fahrenden Zug von der Seite filmen. Es gibt dazu zwei Möglichkeiten. Zuerst stellen Sie die Kamera neben der Bahnlinie auf und filmen den Zug, während er vorbeifährt. Das Ergebnis vermittelt Ihnen einen Eindruck von der Bewegung des Zuges, die Einzelheiten seiner Gestalt und ein feststehender Ort sind jedoch nicht erkennbar.

In der zweiten »Versuchsordnung« fahren Sie mit einem gleich schnellen Fahrzeug neben dem Zug her und filmen. Sie werden feststellen, dass sie auf dem Film genau die Einzelheiten des Zuges erkennen können, die Bewegung und die Geschwindigkeit sind aber nicht mehr erkennbar; es scheint, als ob der Zug steht.

Da es sich bei einem Zug um ein Objekt unserer Erscheinungswelt handelt, kann sich unser Verstand natürlich *sowohl* Bewegung *als auch* Gestalt gleichzeitig vorstellen, der Film jedoch kann je nach Versuchsordnung nur eine der beiden Erscheinungsweisen zeigen... Wie dies nun für ein nicht wahrnehmbares Objekt - kleiner als ein Atom - aussieht, wird durch diesen Vergleich vielleicht etwas klarer.

Dass die Teilchen- und Wellennatur jeglicher Materie trotz der Anschaulichkeit natürlich nicht mit Eisenbahn-Zügen zu vergleichen ist, macht das folgende Zitat deutlich, das ich zum Abschluss des Themas »Unschärferelation« anführen möchte [HEY / W, 30 / 32]:

... Elektronen werden immer als Ganzes beobachtet, wie ... Gewehrketten: Sie sind an einer bestimmten Stelle entweder ganz da oder nicht da. Seit es die Quantenmechanik gibt, haben sich immer wieder Menschen den Kopf darüber zerbrochen, ob man nicht einen Ausweg aus diesem Dilemma finden könne. Soweit wir wissen, gibt es ihn nicht. Es scheint so, als würden die Elektronen als Teilchen in der Elektronenkanone starten und als Teilchen im Detektor ankommen, doch ist ihre Verteilung dort so, als würden sie sich unterwegs als Wellen fortpflanzen. ... So bleibt uns also nur die Schlußfolgerung, daß Elektronen im Hinblick auf ihre räumliche Verteilung im Detektor wie Wellen miteinander interferieren, andererseits aber dort wie Gewehrketten als diskrete Materieteilchen einzeln registriert werden. ... Sie mögen das geheimnisvoll finden - es i s t geheimnisvoll. .

***) = Die Physik von den kleinsten »Teilchen« und ihren Wechselwirkungen.**

*****) = Etwa 300.000 km pro Sekunde. Nach der Relativitätstheorie ist eine höhere Geschwindigkeit physikalisch unmöglich**

******) = Fließende Energie ohne eigene Masse, die sich wellenförmig ausbreitet und die nicht stofflich gebunden sein muss. Z.B. Licht, Schall oder Wasserwellen.**

... Lesen Sie weiter bei Kapitel 4.2.1.b

Zitate

5 = [GUILLEN / W, 15] ... Die Übereinstimmung zwischen mathematischen Ideen und der realen Wirklichkeit geht so weit und ist so gut belegt, daß sie einer Erklärung bedarf. Diese Übereinstimmung ist nicht das Ergebnis der Anstrengungen von Mathematikern, realistisch zu sein - ganz im Gegenteil, ihre Ideen sind häufig sehr abstrakt und scheinen zunächst keinerlei Entsprechung in der realen Welt zu haben. Am Ende jedoch werden mathematische Ideen häufig erfolgreich bei der Beschreibung von realen Phänomenen angewendet. ...

6 = [LASZLO-1 / W, 40] ... Obwohl es ihnen eigentlich verboten war, über die Natur der Realität jenseits des Beobachtbaren nachzudenken, haben sich einige Physiker dennoch über diese Grenze hinausgewagt. Sie mutmaßten, dass die Welt, zu der Sprache und die Ausdrucksform der Wissenschaft gehören, eher geistiger als materieller Natur sei. »Um es ganz einfach auszudrücken«, sagte Eddington, »der Stoff dieser Welt ist Geist-Stoff.« Sir James Jeans stimmte ihm zu: »Nimmt man die verschiedenen möglichen Beweisführungen zusammen, wird es immer wahrscheinlicher, dass man der Realität eher eine geistige als materielle Qualität zuschreiben muß... das Universum scheint einem großen Gedanken ähnlicher zu sein als einer großen Maschine.« ...

7 = [Zitat Forsa-Institut, aus WOCHE-2.2 / K, 25] ... es gibt ... eine wachsende Gruppe undogmatischer Forscher, die eine Brücke zwischen den Überlieferungen der Religion und den Erkenntnissen der Forschung schlagen wollen. Der prominente Biologe E.O. WILSON gehört dazu ... und der schwer kranke Astrophysiker Stephen HAWKING. ... 40 % der Biologen, Physiker und Mathematiker glauben nach einer 1997 veröffentlichten Studie »an einen Gott«... (Z.B.) Werner HEISENBERG oder Carl-Friedrich von WEIZSÄCKER haben ihr Verhältnis zu Gott öffentlich thematisiert. ...

8 = [DAVIES / W, 30 - 31] ... Wir sagen, ein Ereignis sei »rein zufällig« passiert, wenn es nicht offensichtlich durch etwas anderes bestimmt wurde. Vertraute Beispiele dafür sind das Würfeln oder das Werfen einer Münze. Aber sind diese Beispiele für echte Unbestimmtheit, oder bleiben uns lediglich die das Ergebnis bestimmenden Faktoren und Kräfte verborgen, und scheinen sie uns nur deshalb zufällig zu sein? Bis zu diesem Jahrhundert hätten die meisten Naturwissenschaftler diese Frage mit Ja beantwortet. Sie nahmen an, die Welt sei im Grunde streng deterministisch und das Auftreten von Zufall einzig das Ergebnis unserer Unkenntnis der Einzelheiten des betrachteten Systems. Wenn die Bewegung eines jeden Atoms bekannt wäre, so überlegten sie, würde selbst das Werfen einer Münze vorhersagbar. Wenn das Ergebnis in der Praxis nicht vorhersagbar ist, so deshalb, weil uns nur begrenzte Informationen über die Welt zur Verfügung stehen. Zufälliges Verhalten wird auf Systeme zurückgeführt, die höchst instabil sind und deshalb von winzigen Schwankungen der Kräfte abhängen, die sie von ihrer Umgebung erfahren. Dieser Gesichtspunkt mußte Ende der zwanziger Jahre aufgegeben werden, weil die Entwicklung der Quantenmechanik, die mit Phänomenen atomarer Größenordnung zu tun hat, zeigte, wie fest die Unbestimmtheit in ihr Fuß gefaßt hat. ...

9 = [DAVIES / W, 128 - 129 / 158] ... Können wir überhaupt sicher sein, dass alle Aspekte unserer Welt sich als berechenbare Funktionen ausdrücken lassen? ... / ... Es gibt in der Mathematik genau wie in der Physik Zufälligkeit und damit Ungewißheit.

10 = [Amerikanische Astronomische Gesellschaft, aus WOCHE-7 / W, 32] ... nun scheint die Wissenschaftlergemeinde dem tatsächlichen Wert der (*Hubble*-)Konstante

endlich nahe gekommen zu sein, ... Der Wert ... betrage 70... Demnach wäre das All 14 Milliarden Jahre alt - vorausgesetzt, dass es sich mit gleich bleibender Geschwindigkeit ausgedehnt hat. Acht Jahre lang hatte ein internationales Team von 27 Astronomen ... Sterne ... beobachtet, um zu diesem Ergebnis zu kommen. ...

11 = [DAVIES / W, 53] ... Allgemeinverständliche Darstellungen wecken gelegentlich den Eindruck, beim Urknall sei ein enorm konzentrierter Klumpen Materie explodiert, der in einer zuvor existierenden Leere seinen Platz hatte. Dies ist höchst irreführend. Die Urknalltheorie beruht auf Einsteins allgemeiner Relativitätstheorie, und eines ihrer Hauptkennzeichen ist, dass alles, was sich auf Materie bezieht, untrennbar ist von dem, was mit Raum und Zeit zu tun hat. ...

12 = [DAVIES / W, 65] ... Das Problem (*bleibt*) ungelöst, was den Urknall verursachte. (Es) muß jetzt jedoch in einem neuen Licht gesehen werden, denn es ist nicht möglich, den Urknall einem Ergebnis zuzuschreiben, das davor geschah, wie es ja meistens ist, wenn nach Ursachen gefragt wird. War dann also der Urknall eine Wirkung ohne Ursache? Wenn die Gesetze der Physik an ... (*dieser Stelle*) versagen, kann eine Erklärung sich nicht auf diese Gesetze berufen. Wenn man deshalb einen Grund für den Urknall sucht, muß er außerhalb der Physik liegen. ...

13 = [HEY / W, 175] ... Ein scheinbar »leerer« Quantenkasten (*Anm.: gemeint ist ein begrenzter Raum*), der keine Elektronen positiver Energie enthält, birgt nach Dirac somit einen randvoll gefüllten »See« von Elektronen mit negativer Energie in sich. Diese Vorstellung ist nicht ganz so abwegig, wie es zunächst den Anschein hat; denn bringen wir jetzt Elektronen positiver Energie in den Kasten hinein, messen wir dessen Ladungs- und Energiegehalt ja immer nur in Bezug auf den »leeren« Kasten - die negative Ladung und Energie der leeren Box selber ist also gar nicht beobachtbar! ... wie jede gute Theorie erlaubt auch DIRACs Modell vom »Vakuum«, wie man die Box im leeren Zustand oft nennt, einige aufregende und vor allem nachprüfbare Vorhersagen. ...

14 = [LASZLO-1 / W, 169 / 171]... Es zeigt sich, dass die Raumzeit keineswegs leer ist: sie ist ein Plenum, eine Fülle, die es verdient, als physikalisches reales universelles Bezugssystem anerkannt zu werden. ... / ... In Beardens Theorie ist das Vakuum identisch mit der Energie-erfüllten Raumzeit: ein stark geladenes kosmisches Medium. Der virtuelle Zustand dieses Mediums bestimmt alles, was in die physikalische Realität als vektorielle Materie-gebundene Energie eintritt. ...

15 = [HEY / W, 182 - 183] ... ein Teilchen (*muß*) nicht ewig ein und dasselbe Teilchen bleiben ...: Es kann sich vorübergehend genügend Energie »borgen«, um daraus ein anderes Teilchen oder Teilchenpaar zu erzeugen, das aber nur für eine dementsprechend kurze Zeit existieren wird (...). Solche »virtuellen« Teilchen gehen in der Unschärfe der Quantenmessungen unter und sind daher nicht beobachtbar. ... Die Wahrscheinlichkeit für solche virtuellen Prozesse kann man ... berechnen. ...

16 = [DAVIES / W, 195] ... Ein gutes Beispiel ist die neuere Entdeckung, dass die schwache Kernkraft und die elektromagnetische Kraft eigentlich zwei Aspekte einer einzigen elektroschwachen Kraft sind, die von einem einzigen Gleichungssystem beschrieben werden.(...) Aber gibt es notwendigerweise eine Superkraft oder sogar ein alles vereinheitlichendes Supergesetz? ...

17 = [HEY / W, 220 / 222] ... Wir »sehen« die Quarks immer nur zusammen mit anderen Quarks oder Antiquarks als Bestandteile von Hadronen. Viele Physiker glauben, daß dies kein Zufall ist, sondern das Quarks und Gluonen derart miteinander wechsel-

wirken, daß es prinzipiell unmöglich ist, ein einzelnes Quark von seinen Bindungspartner loszulösen. (*Anm.: sog. Quarkeinschluß*)... / ... Wenn ein Kraftfeld zwischen zwei Monopolen eine ... (*Anm.: durch Supraleitung erzwungene*) Schlauchform besitzt, dann wächst die Energie, die man aufwenden muß, um das Paar auseinanderzuziehen, proportional mit dem Abstand an. Sind die Feldlinien zwischen einem Quark und einem Antiquark also in ähnlicher Weise zusammengepreßt, so erfordert es eine unendliche Energie, Quark und Antiquark voneinander zu isolieren - das heißt, auf unendlichen Abstand zu bringen. ...

18 = [LASZLO-1 / W, 57] ... Joel SHERK machte den Vorschlag, dass Teilchen gar nicht teilchenartig sind, sondern als »Strings« (*Saiten oder Schnüre*) zu betrachten sind, die im Raum vibrieren und rotieren. Alle bekannten physikalischen Phänomene sollten das Ergebnis unterschiedlicher Kombinationen dieser Schwingungen sein, ganz so wie die Musik eines Streichquartetts das Ergebnis der Schwingungen von vier Instrumenten ist. ...

19 = [HAWKING / W] ... Wenn wir die Welle-Teilchen-Dualität zugrunde legen, so läßt sich alles im Universum, auch das Licht und die Schwerkraft, in Form von Teilchen (*Anm.: oder Wellen*) beschreiben. ... Alle bekannten Teilchen im Universum lassen sich in zwei Gruppen einteilen: Teilchen ..., aus denen die Materie im Universum besteht, und Teilchen ..., die ... für die Kräfte zwischen den Materieteilchen verantwortlich sind. ...

20 = [SOFIES-CD / P] ... kam ARISTOTELES zu dem Schluß, daß die Wirklichkeit sich aus verschiedenen einzelnen Gegenständen zusammensetzt, welche eine Einheit von Form und Stoff bilden. Der Stoff (...) ist das Material, aus dem die Dinge gemacht sind, die »Form« sind die besonderen Eigenschaften oder Merkmale. ...

21 = [HEY / W, 16] ... Dies führt uns zu genau dem Problem, das viele Menschen haben, wenn sie versuchen, die Quantenmechanik zu verstehen. In den winzigen Raumbereichen, in die wir beim Studium der Atome und Moleküle eindringen, verhalten sich die Dinge eben nicht in der uns vertrauten Weise. Die Klassische Mechanik liefert dort keine angemessene Beschreibung mehr, und ein völlig neues Erklärungsmodell ist nötig - die Quantenmechanik. ... Ein Atom ist ein typisches Quantenobjekt: Vom Standpunkt der Klassischen Physik aus kann man es nicht verstehen. Die anschauliche Vorstellung von den Elektronen, die den Atomkern umkreisen - ähnlich wie in unserem Sonnensystem die Planeten um die Sonne laufen -, ist zwar ein beliebtes Bild; doch für negativ geladene Elektronen, die einen positiv geladenen Atomkern umkreisen, ist dieses einfache System instabil. ... Es ist entscheidend, sich schon zu Beginn darüber im klaren zu sein, daß es kein einfaches anschauliches Bild gibt, das das Verhalten der Elektronen in Atomen präzise beschreiben kann. ...

22 = [DAVIES / W, 189] ... Man sollte es sich (*Anm.: das Elektron*) nicht wirklich als etwas vorstellen, das den Atomkern auf einer bestimmten Bahn umläuft, sondern vielmehr als etwas, das auf unbestimmte Weise um den Kern herum verwischt ist. ...

23 = [BOFF / C, 76] ... Alle atomischen und subatomischen Elemente weisen ein duales Verhalten auf. Bald reagieren sie wie materielle Teilchen, mit einer konkretisierten Masse in einem bestimmten Punkt des Raumes. Bald verhalten sie sich wie Wellen, die sich in Bündeln in alle Richtungen verbreiten. Der Mensch, der das Ganze beobachtet, ist konstitutiv mit in den Prozeß hineingenommen. Ja, er trägt dazu bei, die Natur der Phänomene zu definieren. Beschließt er, Wellen wahrzunehmen, nimmt er in der Tat Wellen wahr. Will er dagegen Teilchen feststellen, stellt er unfehlbar auch Teilchen fest. ...