

(Dies ist ein Teil des Buchs [Der Begriff der Wirklichkeit.pdf](#))

Einleitung

1. Ist ein neues Naturverständnis notwendig?

Geschichtliche Vorbemerkung; Kritik am Status quo der Physik und Philosophie; Auflistung offener Fragen und ungelöster Probleme – aber nur solcher, für die später eine Lösung vorgeschlagen wird.¹

Das Fundament des gegenwärtig vorherrschenden Naturverständnisses bildet die Annahme, dass alles, was ist und was sich ereignet, auf die Bewegung elementarer Entitäten, die miteinander wechselwirken, zurückzuführen ist.

Richard Feynman sagt am Anfang seiner "Lectures":

*"Wenn in einer Sintflut alle wissenschaftlichen Kenntnisse zerstört würden und nur ein Satz an die nächste Generation weitergereicht werden könnte, welche Aussage enthielte die meiste Information in den wenigsten Worten? Ich bin davon überzeugt, dass dies die *Atomhypothese* (oder welchen Namen sie auch immer hat) wäre, die besagt, *dass alles aus Atomen aufgebaut ist – aus kleinen Teilchen, die in permanenter Bewegung sind, die einander anziehen, wenn sie ein wenig voneinander entfernt sind, sich aber gegenseitig abstoßen, wenn sie aneinander gepresst werden.*"*

Die Vorgeschichte dieses Weltbilds ist schnell erzählt: Seine Erfinder sind Leukipp und Demokrit. Sie dachten sich die Welt bestehend aus kleinsten unteilbaren, Elementen verschiedener Form, die sich immerwährend bewegen, ohne Ursache und ewig. Der Beginn der Entwicklung der *Dynamik* – der Lehre von der Bewegung von Objekten – findet sich bei Aristoteles. Er unterscheidet zwei Arten der Bewegung: Objekte bewegen sich entweder, weil sie ihrem natürlichen Ort zustreben oder weil sie durch eine äußere Ursache, die direkt an ihnen angreift, zur Bewegung gezwungen werden. Wenn sie ihren natürlichen Ort erreicht haben – das Schwere unten, das Leichte oben – und kein äußerer Zwang auf sie einwirkt, dann verharren sie im Zustand der Ruhe.

Warum aber bewegt sich ein Stein, den ich nach oben werfe, noch ein Stück weiter nach oben, nachdem er meine Hand verlassen hat? Nach Aristoteles kann die Antwort nur lauten: Weil das ihn

¹ Sie werden vermutlich bei fast allen aufgelisteten Problemen überzeugt sein, dass es gar keine Alternative zur derzeitigen Auffassung gibt. Es wird sich aber im Lauf meiner Ausführungen erweisen, dass das nicht richtig ist. (Wie sagte schon Sledge Hammer vor jedem Disaster? "Trust me, I know what I'm doing.")

umgebende Medium – die Luft, die durch die Bewegung meines Arms selbst in Bewegung versetzt worden ist – ihn dazu zwingt.

Die Luft erscheint allerdings zu dünn, um für das Ausüben eines solchen Zwangs auf den Stein geeignet zu sein. Das führt im Mittelalter zu der Vermutung, dass die Ursache für das Höhersteigen des Steins nicht in der Bewegung der Luft, sondern in einer Eigenschaft des Steins selbst zu suchen ist: die Wurfbewegung verleiht dem Stein einen sogenannten *impetus* (ein Vorläufer des modernen Impulses), der ihn zunächst vorantreibt, sich dann allmählich abschwächt, bis er schließlich zur Neige geht und den Stein wieder seinem Drang überlässt, seinem natürlichen Ort zuzustreben, an dem er dann zur Ruhe kommt.

Erst Galilei entwickelt die Vorstellung einer reibungsfreien Bewegung, die nie aufhört, d.h. eines *impetus*, der erhalten bleibt. Bei Newton wird diese Idee schließlich zur Grundlage des allgemeinen Bewegungsgesetzes. Es lautet:

"Ein Körper verharrt im Zustand der Ruhe oder der gleichförmigen Translation, sofern er nicht durch einwirkende Kräfte zur Änderung seines Zustands gezwungen wird."

Die Kraft dient also nicht mehr der Aufrechterhaltung der Bewegung, sondern ihrer Änderung, und es gilt:

"Die Änderung der Bewegung ist der Einwirkung der bewegenden Kraft proportional und geschieht nach der Richtung derjenigen geraden Linie, nach welcher jene Kraft wirkt."

In der Formulierung von Leonhard Euler: $\mathbf{F} = M\mathbf{a}$ (Kraft ist gleich Masse mal Beschleunigung), oder, in differenzieller Schreibweise: $\mathbf{F} = d(M\mathbf{v})/dt$.

Zusammen mit der Annahme, dass auf Objekte nicht nur Kräfte einwirken, sondern dass jedes Objekt auch Quelle einer Kraft ist, dass also alles Existierende mit anderem Existierendem wechselwirkt, bildet dieses Gesetz – trotz relativistischer und quantenmechanischer Modifikationen und Ergänzungen – die bis heute gültige Basis der Physik.

Damit wird es zum Ausgangspunkt eines schier unglaublichen Erfolgs. Das gegenwärtige Wissen über die Natur erlaubt uns Einsicht in alle Bereiche der Natur, vom Kleinsten bis zum Größten, und in Gestalt der Technik hat dieses Wissen alle Lebensbereiche durchdrungen und das Antlitz unseres Planeten verändert.

Bedeutet der Erfolg eines physikalischen Konzepts auch, dass es richtig ist? Wie wir aus Beispielen in der Physikgeschichte wissen, ist das nicht der Fall: Newtons Gravitationstheorie war ungeheuer erfolgreich, und dennoch wurde sie durch Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie abgelöst, wobei die begriffliche Basis vollkommen verändert wurde: die anziehende Kraft zwischen Massen wird durch die Krümmung des Raum-Zeit-Kontinuums ersetzt.

Stellen wir uns also die Frage: *Ist die derzeitige begriffliche Basis der Physik letztgültig?*

Zumindest gibt es einige Gründe, an dieser Annahme zu zweifeln. Sie lassen sich in drei Gruppen zusammenfassen:

1. Das Scheitern der Versuche, die physikalischen Grundlagen über das Standardmodell der Teilchenphysik hinaus zu entwickeln.

Seit mehreren Jahrzehnten ist das wichtigste Projekt der theoretischen Physik die einheitliche Beschreibung der vier Grundkräfte. Da sich anscheinend jeder der vier Kräfte eine Gruppenstruktur zuordnen lässt, erscheint es nahe liegend, die vermutete vereinheitlichte Wechselwirkung durch eine Gruppe darzustellen, die diese vier Gruppen umfasst. Die Eindeutigkeit der mathematischen Struktur, zu der man bei der Durchführung dieses Vorhabens gelangt, hat lange Zeit die Hoffnung genährt, dass dieser Weg auch zu einer eindeutigen Theorie führen würde. Diese Hoffnung hat sich nicht bestätigt. Die Vereinheitlichung erfordert in jedem Fall zusätzliche, "engerollte" Raumdimensionen, von deren Topologie die Struktur der Theorie abhängt. Diese Topologie ist aber keineswegs eindeutig. Deshalb (und auch aus anderen Gründen) lässt das gegenwärtige "Superstring" Szenario mehr als 10^{500} verschiedene Theorien zu.

Auch das zweite Ziel, die Verringerung der Zahl der freien Parameter, wurde nicht erreicht. Im Gegenteil – der Vereinheitlichungsmechanismus erzwingt die Annahme zusätzlicher unbekannter Größen, wie etwa die Massen neuer Teilchen, und auch hier gibt es nicht mehr als die unbestimmte Hoffnung, dass diese freien Parameter sich irgendwann als Resultat vorläufig unbekannter Mechanismen – z.B. Symmetriebrüche – ergeben könnten.

Das ist zweifellos sehr enttäuschend! Aber genau so wie es sich gelegentlich in Theaterstücken oder Romanen ereignet, wenn die Situation des Helden derart ausweglos wird, dass der Fortgang der Handlung mit vernünftigen Mitteln nicht aufrechterhalten werden kann – man denke etwa an jene Stelle in "Per Anhalter durch die Galaxis", wo die Protagonisten aus dem Raumschiff der Vogonen in den Weltraum geworfen werden – erscheint auch im Fall der Superstringtheorie ein rettender *deus ex machina*. In "Per Anhalter durch die Galaxis" ist es das Raumschiff "Herz aus Gold" mit dem

unendlichen Unwahrscheinlichkeitsantrieb, in der Superstringtheorie ist es das *Multiversum*, die Kombination aus unendlich vielen Universen und Zufall. Dadurch wird sichergestellt, dass *jedes* Universum, das einer der 10^{500} Theorien entspricht, und überdies *jedes* mögliche Set von freien Parametern realisiert wird – also auch *unser* Universum. Mit seinen für die Bildung physikalischer, chemischer und biologischer Strukturen äußerst günstig feingetunten freien Parametern ist es allerdings ein sehr unwahrscheinliches Universum. Die vielleicht auftretende Verwunderung darüber, dass wir in einem so unwahrscheinlichen Universum leben, beruhigt sich aber sogleich am sogenannten "anthropischen Prinzip": Wir brauchen uns nicht wundern, denn wäre nicht alles so, wie es ist, dann gäbe es uns ja gar nicht. Wir *müssen* uns also in einem solchen Universum befinden.

Das ist zwar richtig – aber nur in dem Sinn, dass die tatsächliche Gegenwart uns gestattet, aus allen möglichen Vergangenheiten eine Teilmenge auszuwählen, und nicht im Sinn einer Erklärung, warum unser Universum ist, wie es ist: Wir können zwar die notwendigen Bedingungen der Gegenwart ermitteln, aber die Gegenwart ist nicht die *Erklärung* für diese Bedingungen.²

Es ist wichtig, zu sehen, dass die Kombination aus Zufall und unendlich vielen Möglichkeiten *niemals* eine Erklärung ist; im Spiel der Erkenntnis stellt sie einen ebenso universellen Joker dar wie die Annahme eines allmächtigen Wesens: beide können alles erklären und erklären deshalb gar nichts. Man kann das leicht durch folgendes Gedankenexperiment überprüfen: Nehmen wir an, es gäbe überhaupt keine physikalischen Gesetze. Alles, was sich ereignet, geschieht rein zufällig. Dennoch muss es unter den unendlich vielen Universen selbstverständlich auch das unsere geben. Rein zufällig verhält sich hier bis jetzt alles so, als würden die bekannten physikalischen Gesetze gelten. Natürlich ist in jedem Augenblick die Wahrscheinlichkeit ungeheuer groß, dass alles sofort zerfällt, aber wir brauchen uns trotzdem niemals über diese fortdauernde unfassbare Unwahrscheinlichkeit zu wundern, denn würde sie nicht fortauern, dann gäbe es uns ja gar nicht, und so weiter und so fort...

Das bedeutet allerdings nicht, dass das Szenario aus unendlich vielen Universen und Zufall vollkommen ausgeschlossen werden könnte – aber es wäre doch, wie gesagt, eine große Enttäuschung, wenn dies unsere *summa scientia* darstellte.

² Tatsächlich betrachten seit einiger Zeit etliche Physiker die Möglichkeit der Entstehung von Leben als *Erklärung* für die Werte bestimmter Parameter. (Z.B. Steven Weinberg in *Anthropic bound on the cosmological constant*, Phys. Rev. Lett. **59**, 2607, 1987). Man mag kaum glauben dass die *causa finalis* aus vorwissenschaftlicher Zeit auf diese Weise in die Physik zurückkehrt. Solche Annahmen sollten nicht naturwissenschaftlich, sondern psychologisch diskutiert werden – als Symptome des Scheiterns, die mit dramatischer Deutlichkeit den Erklärungsnotstand der neuen Physik illustrieren.

Betrifft die Antwort auf die Frage, ob sich die Kräfte auf dem bisher beschrittenen Weg vereinheitlichen lassen, tatsächlich das begriffliche Fundament der Physik? Ich glaube ja: *Wenn* Teilchen und Wechselwirkungen die Grundlage der Beschreibung bilden, dann erscheint alles Weitere vorgegeben, mit anderen Worten: dann gibt es mit großer Wahrscheinlichkeit zu den bekannten Verfahren keine Alternative.

2. Die Zunahme von Beobachtungstatsachen, deren Beziehung zur bekannten Physik unklar ist.

96 Prozent dessen, was das Universum enthält, sind zurzeit völlig unbekannt. Für 22 Prozent – die sogenannte *dunkle Materie* – gibt es einige Kandidaten in verschiedenen spekulativen Konzepten jenseits des Standardmodells der Teilchenphysik, was aber die restlichen 74 Prozent – die sogenannte *dunkle Energie* – betrifft, sind wir vollständig ahnungslos.

Ist ein deutlicherer Hinweis darauf, dass die begrifflichen Grundlagen der Physik und die darauf aufbauenden Modellvorstellungen in Frage gestellt sind wie nie zuvor, überhaupt denkbar? Wäre es nicht angemessen, angesichts einer solch ungeheuren *terra incognita*, erneut die allgemeinste und grundlegendste aller Fragen zu stellen: *Woraus besteht die Welt eigentlich?*

Im bisher gültigen Interpretationsrahmen erscheinen *dunkle Materie* und *dunkle Energie* notwendig. Ohne sie ist weder die Dynamik der Objekte im Universum noch die Geschichte des Universums beschreibbar. Man muss sich aber fragen, wie weit solche *ad hoc* Begriffsbildungen sinnvoll sind, die nur geboren wurden, um Erklärungslücken auszufüllen und für die trotz intensiver Suche bis jetzt keine physikalische Heimat gefunden werden konnte. Sollte nicht stattdessen die Annahme in Erwägung gezogen werden, dass die richtigen Antworten außerhalb der Reichweite unserer bisher gültigen Begriffe von Materie, von Gravitation und vom Kosmos liegen, und dass durch die beiden *dunklen* Begriffe bloß diese Tatsache verschleiert wird?

3. Der totale Verlust an Verständnis und Einsicht als Kehrseite des formalen und technischen Erfolgs.

Die Bedenken gegen die von Newton angenommene Gravitationskraft galten zunächst der Tatsache, dass es eigentlich eine *okkulte* Kraft war: wie sollte ein Objekt über den als leer gedachten Raum hinweg auf ein anderes Objekt eine Anziehung ausüben? So war also der Physik die Absurdität undenkbarer Entitäten schon in die Wiege gelegt. Der Erfolg der physikalischen Theorien verdrängte aber jeden philosophischen Zweifel aus dem Bewusstsein der Physiker – so weit, dass Heinrich Hertz 1889 schreiben konnte:

*"Wir machen uns innere Scheinbilder oder Symbole der äußeren Gegenstände, und zwar machen wir sie von solcher Art, dass die denknotwendigen Folgen der Bilder stets wieder die Bilder seien von den naturnotwendigen Folgen der abgebildeten Gegenstände. Damit diese Forderung überhaupt erfüllbar sei, müssen gewisse Übereinstimmungen vorhanden sein zwischen der Natur und unserem Geiste. Die Erfahrung lehrt uns, dass die Forderung erfüllbar ist und dass also solche Übereinstimmungen in der Tat bestehen."*³

Wenige Jahre später wurde diese optimistische Auffassung des Zusammenhangs von Natur und Geist scheinbar endgültig widerlegt. Genau die experimentellen Beobachtungen, die in der Folge zur speziellen Relativitätstheorie und zur Quantentheorie führten, konnten nicht in die Form denknotwendiger Bilder gebracht werden. (Wie z.B. das Michelson-Morley-Experiment oder der Lichtelektrische Effekt.) Dadurch hat sich der ontologische Status physikalischer Begriffe verändert. Nach der Relativitätstheorie ist Licht keine Welle mehr, sondern lediglich ein Phänomen, das einer Wellengleichung genügt. Auch die Erläuterung der Zusammenhänge zwischen Raum und Zeit oder Materie und Energie muss sich mit dem Hinweis auf die Mathematik begnügen.

Nach der Quantentheorie zerfällt die Wirklichkeit in zwei Teile: Teil 1 ist das, was sich bei unseren Messungen und Beobachtungen zeigt – das ist zugleich die Wirklichkeit, der wir alltäglich begegnen und die wir intuitiv zu begreifen meinen. Teil 2, die *eigentliche*, weil ursächliche Wirklichkeit, ist das, was sich zwischen zwei Beobachtungen – sozusagen "hinter den Kulissen" – ereignet. Dafür gibt es dem gegenwärtigen Verständnis der Quantentheorie zufolge überhaupt keine Interpretation mehr; das Geschehen zwischen den Beobachtungen ist für uns nicht bloß unsichtbar, sondern auch undenkbar. Gleichungen werden zu Input-Output-Relationen, und das Verhältnis zwischen Elementen der mathematischen Struktur und Elementen des Teils 2 der Wirklichkeit bleibt ungeklärt.

Außerdem gibt es ein *Übergangsproblem*: Damit die Wirklichkeit sich uns in der vertrauten Form präsentieren kann, muss die verborgene Wirklichkeit durch einen bis jetzt unverstandenen Akt – die sogenannte *Reduktion der Wellenfunktion* – erst die wahrgenommene Wirklichkeit hervorbringen. Die Quantentheorie setzt diesen Akt zwar voraus, sie enthält aber keine Information darüber, was dieser Akt eigentlich ist. Warum und wie er sich vollzieht, bleibt ein Geheimnis.

Die Welt verwandelt sich damit in eine *Black Box*. Da wir nicht hineinschauen können und unsere beschränkte Begrifflichkeit für ein Verständnis der Vorgänge im Inneren der Box nicht ausreicht, muss

³ Heinrich Hertz, *Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt: Drei Beiträge (1891-1894)* (Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Nr. 263) Nachdruck der Ausgabe Leipzig: Akademie Verlages-Gesellschaft Geest und Portig 1984, Thun, Frankfurt am Main 1996, S. 67.

die Frage, was *wirklich* geschieht, unbeantwortet bleiben. Begriffliches oder bildliches Denken wird auf eine bloß heuristische Funktion im Dienst der Mathematik reduziert.

Beispiele, die diesen Sachverhalt illustrieren – wie etwa das "Doppelspalt-Experiment" –, dienen nicht dem Verständnis dessen, was vorgeht, sondern dem Nachweis seiner Unbegreiflichkeit. Hören wir wieder Richard Feynman: *"I think it is safe to say that no one understands quantum mechanics. Do not keep saying to yourself, if you can possibly avoid it, 'but how can it be like that?' because you will go 'down the drain' into a blind alley from which nobody has yet escaped. Nobody knows how it can be like that."*⁴

Die Physik hat sich also vom aufklärerischen Anspruch, die Welt zu verstehen, verabschiedet, oder sagen wir besser: sie ist daran vollständig gescheitert. Das Einzige, was übrig bleibt, sind mathematische Modelle, die Wahrscheinlichkeitsaussagen über Ereignisse ermöglichen. Unsere Vorstellung von der Welt ist aber schon so weitgehend mit den physikalischen Modellbildungen verschmolzen, dass wir das Scheitern der Vernunft und das damit verbundene Entschwinden der Wirklichkeit – wenn wir es denn überhaupt zur Kenntnis nehmen – für unvermeidlich oder sogar für selbstverständlich halten.

Das liegt vor allem am universellen Gültigkeitsanspruch der Physik: Alles, was sich ereignet, muss den Naturgesetzen gehorchen. Deshalb scheint es, als träfe die physikalische Beschreibung die fundamentale Schicht der Wirklichkeit. Dann aber lässt sich die Welt – wenn sie der physikalischen Begriffsbildung entglitten ist – auf keine Weise wiedergewinnen.

Den letzten und entscheidenden Schlag gegen alle Versuche, die Welt auf verständliche Weise zu beschreiben, führte schließlich John Bell: 1964 gelang es ihm, eine Ungleichung abzuleiten,⁵ aus der nach allgemeiner Überzeugung folgt, dass in einer lokalen und objektiven Wirklichkeit⁶ die (experimentell vielfach bestätigten) Prognosen der Quantentheorie keinesfalls reproduziert werden könnten. "Lokal und objektiv" sind aber notwendige Ingredienzien von "vernünftig und begreifbar". Demnach wäre bewiesen, dass es nicht möglich ist, die Welt durch Modelle darzustellen, die mit unserem Denken verträglich sind.

⁴ Richard Feynman, *The Character of Physical Law*, Penguin 1992, p. 129.

⁵ John Stewart Bell, *On the Einstein Podolsky Rosen Paradox*, *Physics*, 1, 195-200 (1964).

⁶ *Objektiv* bedeutet: die Dinge sind, wie sie sind, unabhängig davon, ob es uns gibt oder nicht und ob wir sie beobachten oder nicht. *Lokal* bedeutet: Ein Ereignis kann von einem anderen Ereignis nur durch einen Prozess, dessen Geschwindigkeit nicht größer ist als die des Lichts, beeinflusst werden.

Trotz der grundlegenden Bedeutung, die physikalische Begriffsbildungen für unser Weltbild haben, kann aber die Frage *Ist ein neues Naturverständnis notwendig?* nicht innerhalb der Physik allein entschieden werden. Ich beende also vorläufig mein *Lamento sulla fisica* und stelle die Frage in einem philosophischen Kontext.

Was fehlt im gegenwärtigen Naturverständnis? Welche wichtigen Fragen und Probleme sind ungelöst?

Außerhalb des Bereichs der Naturwissenschaften verblasst der Glanz des Erfolgs ziemlich rasch und weicht der tristen Dämmerung intellektuellen Versagens und menschlicher Unzulänglichkeit. Auf viele zentrale Fragen gibt es keine Antwort. Einige dieser Fragen werden für unbeantwortbar gehalten, ohne dass allerdings dafür ein ausreichender Grund angegeben werden könnte, manche sind fast vergessen, und bei einigen herrscht heillose Verwirrung.

Ich beginne an der Basis. Die erste Frage ist jedenfalls:

Warum ist überhaupt etwas und nicht einfach nichts?^{7 8}

Hier herrscht vollständige Ratlosigkeit, ebenso wie bei der unmittelbar darauf folgenden Frage:

Was ist das, was ist? Woraus besteht es letztlich?

Alles Seiende ist zumindest an einen materiellen Träger gebunden. Aber selbst wenn es mit diesem gleichgesetzt wird, scheitert der Versuch einer Antwort an der Unzugänglichkeit physikalischer Begriffe. Denn *was ist Materie, was ist Energie?* Nach dem Verschwinden der scheinbaren Anschaulichkeit, die durch die Art der Bezeichnungen ursprünglich gegeben schien, ist heute völlig klar, dass physikalische Begriffe ausschließlich als Elemente in einem mathematischen Schema aufgefasst werden können. Aber die Welt ist nicht bloß Mathematik – sie *existiert!* Letztlich wissen wir daher von keinem Seienden, was es eigentlich ist. Wir wissen nicht, was *Existenz* ist.

⁷ Die gelegentlich auftauchende Behauptung, die *creatio ex nihilo* sei ein Quantensprung im Nichts, ist nicht ernst zu nehmen: Quantensprünge gibt es nicht im Nichts, sondern im Quantenvakuum, und das Nichts kann nicht einfach einem Quantenvakuum gleichgesetzt werden.

⁸ Religiöse Vorstellungen werden hier nicht diskutiert. Nach der Eliminierung aller psychologischen Projektionen (Ängste, Wünsche, Ideale, Phantasien usw.) sind Begriffe wie "Gott" oder Angaben wie "außerhalb von Raum und Zeit" vollkommen leer. Mehr ist dazu nicht zu sagen.

Sofern Seiendes nicht auf anderes Seiendes zurückgeführt werden kann – und das ist sicher bei elementarem Seienden der Fall – bleibt auch verborgen, *warum* es ist, wie es ist. Es kann nicht gefragt werden: *Warum* hat ein Elektron elektrische Ladung? *Warum* krümmt Masse die Raumzeit?

Dies scheint sogar mit Notwendigkeit zu gelten, weil – ganz unabhängig von den zuvor beschriebenen Beschränkungen, die den "was ist" und "warum" Fragen durch die gegenwärtig geltenden Interpretationen von Relativitätstheorie und Quantentheorie auferlegt werden – diesen Fragen überdies eine *a priori* gegebene und deshalb unüberwindliche Grenze durch das Denkschema von *Substanz* und *Akzidens* gesetzt ist. Folgendermaßen:

Alles, was existiert, kann von uns nicht anders gedacht werden als bestehend aus *Substanz* und *Akzidenzien*.⁹ Physikalische Erklärungen und Beschreibungen können sich aber immer nur im Bereich der Akzidenzien bewegen. Da die Akzidenzien jedoch logisch von der Substanz vollkommen getrennt sind, wird die Substanz selbst nie erreicht. Das hat zur Folge, dass wir bei elementarem Seienden weder die "was ist" Frage stellen können – das wäre eben die Frage nach der Substanz –, noch die "warum" Frage, denn das hieße, eine Eigenschaft von etwas Existierendem, eine Wirkung, die von ihm ausgeht, *aus ihm selbst* zu begreifen, und dies würde eine logische Verbindung von Substanz und Akzidens erfordern.¹⁰

Dazu zwei Beispiele: Die Frage, *was* ein Elektron *ist*, kann nur durch Aufzählung seiner Eigenschaften beantwortet werden. Die Frage, *woraus* es besteht – *was* es also unabhängig von diesen Eigenschaften eigentlich *ist* – ist sinnlos. *Warum* es diese Eigenschaften hat, bleibt verborgen.

Oder: *Was ist* Masse? Wieder können wir nur mit dem Akzidens antworten: Masse bewirkt Gravitation. In der Newtonschen Physik ist Gravitation die Anziehung zwischen Massen. Die Frage, *warum* zwischen Massen überhaupt eine Anziehung besteht, muss unbeantwortet bleiben. Die Allgemeine Relativitätstheorie beschreibt Gravitation als Krümmung der Raumzeit, die sich mit Lichtgeschwindigkeit fortpflanzt. Sie ersetzt dadurch die Newtonsche Fernwirkung durch eine differenzielle Nahwirkung. Aber auch sie gibt keine Antwort, *warum* Masse die Raumzeit krümmt. Diese Eigenschaft (Akzidens) der Masse ist vom Begriff der Masse selbst (Substanz) vollkommen getrennt. Gravitation ist damit – wie alle anderen Kräfte und ebenso alle (elementaren) physikalischen Sachverhalte – eine unhinterfragbare Tatsache.

⁹ Vorläufig genügt es, "Substanz und Akzidenzien" als "Ding mit Eigenschaften" aufzufassen.

¹⁰ Bei Seiendem, das *nicht* elementar ist, kann eine reduktionistische Antwort gegeben werden. Z.B.: Was ist Wasser? Ein Aggregat von H₂O-Molekülen. Bei elementarem Seienden besteht diese Möglichkeit nicht mehr.

Das bedeutet: Solange wir an der Vorstellung festhalten, dass die Welt ein Baukasten aus elementaren Entitäten ist – die notwendig in Substanz und Akzidens zerfallen – können wir weder wissen, *was* diese Welt ist noch *warum* sie ist, wie sie ist.

Eine weitere ungelöste Frage ist die nach der Natur der Zeit:

Was ist Zeit?

Was Zeit eigentlich ist, verstehen wir nicht. In der Physik wird die Zeit verräumlicht. Gerade dadurch geht aber das Wesen der Zeit verloren. Wenn man – wie der späte Albert Einstein – die Wirklichkeit als eine Art vierdimensionalen Block versteht, dann muss man jedenfalls erklären, warum die Gegenwart für uns eine sich in diesem Block vorwärts bewegende (Hyper-)Ebene ist, warum also die Zeitkoordinate für uns nicht ebenso verfügbar ist wie die drei Raumkoordinaten. Eine solche Erklärung ist nicht in Sicht.

Auch die beiden folgenden Fragen, die uns seit Plato und Aristoteles beschäftigen, warten noch auf ihre Klärung:

Wie ist das Verhältnis von Einzelfall und Gesetz?

Wir sagen ganz selbstverständlich, dass "die Naturgesetze gelten" oder dass "alles, was sich ereignet, den Naturgesetzen gehorcht". *Wo* aber sollen diese Gesetze sein? *Wie* sollen sie auf das, was sich ereignet, einwirken? Offensichtlich ist schon allein die Vorstellung, dass sie irgendwie auf ein Seiendes *einwirken*, so absurd, dass man gezwungen scheint, den Gesetzen – d.h. dem Allgemeinen – die Existenz ganz abzuerkennen und nur das Einzelne, sich jeweils Ereignende für wirklich zu halten. Dann wird es aber schon zu einem unlösbaren Problem, zu begründen, warum zwei vollkommen identische Einzelfälle identische Konsequenzen haben. Um behaupten zu können, sie seien identisch und müssten deshalb wie *ein und derselbe Fall* aufgefasst werden, fehlt dann das Allgemeine, unter das sie beide subsumiert werden könnten.¹¹ Unversehens fühlt man sich in den mittelalterlichen Realienstreit zurückversetzt und erkennt zugleich, dass keine der beiden Positionen richtig sein kann. Der Lösung des Problems – das immerhin den Kern jeder Beschreibung der Welt betrifft! – sind wir bis heute keinen Schritt nähergekommen.

Kann Seiendes immer weiter geteilt werden oder gibt es eine Grenze der Teilbarkeit?

¹¹ *Ein und derselbe Fall* wäre eben schon dieses Allgemeine, aus dem erst folgen würde, dass alle Einzelfälle, die ihm entsprechen, auch untereinander gleich sind.

In der modernen Physik scheint diese Frage zwar entschieden, aber tatsächlich glaubt niemand ernsthaft, dass das *Standardmodell*, das eine beträchtliche Anzahl unteilbarer Entitäten enthält, die letztgültige Beschreibung der Natur ist. Das *kann* auch gar nicht der Fall sein, weil sein Geltungsbereich limitiert ist.

Ist aber, ganz unabhängig von der Frage nach der Richtigkeit des Standardmodells, die Vorstellung eines *Baukastenuniversums*, zu der man durch die Annahme unteilbarer, nicht entstandener Entitäten unweigerlich gerät, nicht in jedem Fall unbefriedigend? Muss nicht *alles*, was existiert, entstanden sein?

Die letzten zwei Punkte meiner Liste von ungelösten Problemen in unserem Weltbild sind zugleich die bedeutsamsten, weil sie unser Selbstverständnis betreffen:

Was ist Geist?

Es ist zurzeit nicht möglich, den Erlebnisgehalt von mentalen Zuständen zu erklären. Was *Qualia* sind – etwa die Wahrnehmung *rot*, oder die Empfindung *Schmerz* – ist in keiner Beschreibung enthalten.

Dieselbe Frage lässt sich auch auf folgende Weise formulieren:

Wie kann Geist und Materie in *einem* Weltbild zugleich gedacht werden, ohne dass dabei einem dieser beiden Phänomenbereiche, die uns so unmittelbar und selbstverständlich gegeben sind, etwas von seinem Wesen verloren geht?

Ist die Eigenständigkeit des Geistigen innerhalb einer vollständig durch Gesetze determinierten Natur überhaupt möglich? Sind mentale Prozesse *nichts als* neuronale Prozesse? Weisen nicht gerade die *Qualia* darauf hin, dass sie *mehr als* das sind? Wenn das aber so ist, wie können sie dann als *natürliche* Phänomene aufgefasst werden? – Oder müssen wir uns damit bescheiden, diese Frage auf Kantische Art als reine Antinomie aufzufassen?

Die letzte Frage hängt mit der vorigen eng zusammen, verdient es aber doch, eigens formuliert zu werden:

Gibt es einen freien Willen?

Es muss wohl kaum hervorgehoben werden, dass ein Naturverständnis, in dem die Klärung der letzten beiden Fragen nicht möglich ist, an einem fundamentalen Defekt krankt, der dringend korrigiert werden muss. Sonst könnte es geschehen, dass wir den merkwürdigsten Irrationalismen anheimfallen

– etwa, dass wir uns mit den Zombies verwechseln, als die wir in reduktionistischen und funktionalistischen Erklärungen des Geistes auftreten, oder dass wir versuchen, unserem Unwissen durch die Annahme immaterieller Wesenheiten abzuhelfen.

Damit beende ich meinen Katalog gegenwärtiger Erkenntnisdefizite und schließe mit einem kurzen Resümee:

Das große Potential des naturwissenschaftlichen Weltbildes beruht auf der ihm zugrunde liegenden Baukastenvorstellung der Wirklichkeit.

Einerseits gestattet sie uns, nicht nur viele Szenarien der Wirklichkeit mit großer Genauigkeit zu beschreiben, sondern auch neue zu ersinnen und zu konstruieren – all die erstaunlichen technischen Errungenschaften entspringen daraus.

Aber so großartig der Baukasten mitsamt den daraus errichteten Konstruktionen auch erscheinen mag, so bedrückend sind andererseits seine Mängel:

Die mit den Elementen des Baukastens durchführbaren Operationen vollziehen sich für uns unsichtbar in einer *Black Box*. Es ist zwar möglich, jedem Input-Ereignis eine Output-Ereignismenge samt Wahrscheinlichkeitsverteilung der Ereignisse zuzuordnen, aber es ist unmöglich, sich eine Vorstellung davon zu machen, *wie* der Output aus dem Input hervorgeht – dem, was in der Box vor sich geht, kann keinesfalls *Existenz* im üblichen Sinn zuerkannt werden. Die Wirklichkeit verschwindet.

Wir wissen weder, wie unser Universum entstanden ist, noch warum es überhaupt existiert.

Wir wissen nicht, woraus es besteht und warum es ist wie es ist.

Wir sind außerstande, die Wesensveränderung des sich evolutionär zu immer größerer Komplexität entfaltenden Seienden zu begreifen. Am uns bekannten Ende dieser evolutionären Entwicklung aber stehen wir selbst, und deshalb haben wir keinen Begriff von uns. Wir wissen nicht, wer wir sind und wie unsere Stellung im Kosmos ist.

Da wir aber Teil der Natur sind, *muss* der Begriff von uns selbst in unserem Naturverständnis enthalten sein. Gegenwärtig ist das jedoch nicht der Fall. Also ist unser Weltbild unvollständig oder falsch.

Wir benötigen unbedingt ein tieferes und umfassenderes Verständnis der Natur.

2. Ankündigungen

Geschichtliche Notiz; Skizze des Aufbaus der Arbeit; unsystematische Bemerkungen.

Vor ungefähr 2300 Jahren (!) erklärte Aristarch von Samos viele der damals beobachtbaren Himmelsphänomene – darunter auch die zeitweilig rückläufige Bewegung der Planeten, deren Deutung im geozentrischen System erhebliche Schwierigkeiten bereitet – auf einfache geometrische Weise durch die Annahme, dass die Erde jährlich die Sonne umkreist und sich täglich um ihre eigene Achse dreht. Die Einwände dagegen waren schon damals dieselben wie 1900 Jahre später die gegen Galilei erhobenen: Müsste die Erdbewegung sich nicht bemerkbar machen? Hätte sie nicht Stürme zur Folge? Sollten Gegenstände nicht schräg zu Boden fallen?

Das ist ein schönes Beispiel dafür, dass es letztlich immer einfache geometrische Evidenz ist, die den richtigen Weg weist und sich schließlich durchsetzt. Ihr gegenüber verblasst jedes Wissen, das im Horizont des gerade gültigen Weltbilds gesichert erscheint, im Lauf der Zeit schließlich zu einem bloßen Vorurteil.

Warum erwähne ich diese Episode? Weil ich mich in einer ähnlichen Lage sehe: im Folgenden werde ich eine neue physikalische und philosophische Sichtweise der Natur vorstellen, die auf einfachen Argumenten beruht, in der alle Schlussfolgerungen vernünftig und evident erscheinen, die überdies für alle im vorigen Abschnitt genannten ungeklärten Fragen und Probleme eine Lösung oder zumindest einen klaren Hinweis auf eine Lösung bereitstellt, die aber dennoch gegenwärtigen Lehrmeinungen in nahezu jeder Hinsicht widerspricht.

Der Weg zu diesem neuen Naturverständnis gliedert sich in drei Teile:

Der erste Teil ist Kritik und Korrektur des Interpretationsnetzes der bestehenden Physik.

In den ersten Jahrzehnten nach 1900 stand die Physik vor größeren Herausforderungen als jemals zuvor. Das sicher geglaubte Newtonsche Fundament der Naturbeschreibung geriet ins Wanken, die relativistische und quantenmechanische Revolution nahm ihren Anfang. Genau hier, an diesem Punkt der historischen Entwicklung, hätte die Chance bestanden, das Wissen über die Natur durch die Erkenntnis der tatsächlichen Zusammenhänge zu vertiefen.

Diese Chance wurde nicht genutzt. Zwar ist es gelungen, die entscheidenden Szenarien (wie etwa das Michelson-Morley-Experiment, oder das Doppelspaltexperiment) formal korrekt zu beschreiben, aber alle Versuche, sich von dem, was *wirklich* vorgeht, einen Begriff zu machen, sind fehlgeschlagen. Das

bedeutet aber nichts anderes, als dass das *Verständnis* relativistischer und quantentheoretischer Sachverhalte noch immer fehlt, so dass der ganze interpretative Konnex bis heute irreführend ist. Dies ist der Grund für interpretative Unklarheiten, Paradoxien und ganz allgemein für das *Entschwinden der Wirklichkeit*.

Der erste notwendige Schritt, die fatalen Folgen dieses historischen Scheiterns zu beseitigen, besteht darin, die allgemeine Überzeugung zu widerlegen, dass das sogenannte EPR-Szenario¹² durch keine Theorie mit ausschließlich lokalen Parametern beschreibbar sei, mit anderen Worten, dass die von der Quantentheorie vorausgesagten und experimentell bestätigten Messungen an verschränkten Systemen durch keine lokale Theorie reproduziert werden könnten.

Ich werde also zunächst am Beispiel verschränkter Photonen zeigen, dass es eine solche Theorie gibt und erklären, warum der Bellsche Beweis, der das zu verhindern scheint, in diesem Fall nicht greift.

Es folgt eine Neuinterpretation der Speziellen Relativitätstheorie, durch die geklärt wird, *warum* die Natur den raumzeitlichen Verhältnissen gehorcht, die durch Lichtsignale festgelegt werden. (Genau genommen ist es keine *Neu*-Interpretation, da von einer Interpretation erst die Rede sein kann, wenn eine solche Erklärung vorliegt. Da dies aber gegenwärtig nicht der Fall ist, wird hier eigentlich eine bisher fehlende Interpretation nachgeholt.) Die spezielle Relativität ergibt sich dabei aus rein logischen Überlegungen, ohne Verwendung des Relativitätspostulats oder des Postulats der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit für alle gleichförmig bewegten Beobachter. Sie erlangt dadurch – unabhängig von der Physik – *prinzipielle* Gültigkeit.

Danach werden jene Beobachtungen untersucht, durch die das mechanische Teilchenkonzept in die Beschreibung der Strahlung eingegangen ist, die zuvor als reines Wellenphänomen aufgefasst worden war: der Lichtelektrische Effekt und der Compton Effekt.¹³ Es stellt sich heraus, dass in beiden Fällen eine ganz einfache Alternative übersehen worden ist.

Diese alternativen Beschreibungen bestätigen das zuvor erstellte lokale Modell des EPR-Szenarios und führen direkt zu einer lokalen und objektiven Interpretation der Quantentheorie, deren Basis die Erklärung der Reduktion der Wellenfunktion bildet, d.h. des sprunghaften Übergangs vom Bereich der interferierenden quantenmechanischen Möglichkeiten zur eindeutigen beobachteten Realität.

¹² EPR steht für Einstein, Podolsky und Rosen, die dieses Szenario zur Diskussion gestellt haben. (*Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?* Phys. Rev. 47, 777, 1935.)

¹³ Plancks Beschreibung der Schwarzkörperstrahlung betrifft nur die Diskretheit der Energieaufnahme von Resonatoren im Strahlungsfeld und nicht die Diskretheit der Strahlung selbst. So war Planck zunächst auch nicht damit einverstanden, dass Einstein bei seiner Beschreibung des Lichtelektrischen Effekts *Licht-Teilchen* annahm.

Das also ist, kurzgefasst, der Charakter dieses ersten Teils: Er beschreibt eine logisch mögliche Abzweigung von jenem Weg, den die Physik am Anfang des 20. Jahrhunderts eingeschlagen hat. Der Vorteil des neuen Wegs ist, dass die Objektivität und Lokalität der Welt wiederhergestellt werden, bisher Unerklärtes und Unerklärbares eine einfache, verständliche Form annimmt und alles Paradoxe verschwindet.

Alle Erklärungen und Schlussfolgerungen des ersten Teils weisen unabhängig voneinander ganz eindeutig auf *Wellen* als Basis der physikalischen Weltbeschreibung hin. Hingegen erweist es sich als unmöglich, Teilchen als elementar aufzufassen. Damit ist zugleich klar, dass das bisherige Fundament der Physik – dass, wie eingangs festgestellt, alles, was ist und was sich ereignet, auf die Bewegung elementarer Entitäten, die miteinander wechselwirken, zurückzuführen ist – durch ein anderes Prinzip ersetzt werden muss.

Im zweiten Teil wird die Struktur der Wirklichkeit skizziert, die sich aus dieser Voraussetzung ergibt, wobei es aber nicht notwendig ist, auf die Schlussfolgerungen des ersten Teils zurückzugreifen. Diese werden zwar bestätigt, die Neubegründung erfolgt aber völlig unabhängig davon – und nicht nur davon, sondern auch unabhängig von aller bis jetzt existierenden Physik.

Es handelt sich also um einen echten Neubeginn. Deshalb ist es umso überraschender, dass von diesem vollständig anderen Ausgangspunkt aus schon nach wenigen gedanklichen Schritten doch wieder die großen physikalischen Theorien erscheinen: Spezielle und Allgemeine Relativitätstheorie und Quantentheorie. Dies gilt allerdings bloß für den formalen Teil der Theorien – die Interpretation ändert sich grundlegend.

Sie fragen sich zweifellos, auf welcher wunderbaren Weise diese absurd klingenden Versprechungen eingelöst werden könnten. Welche Art von Methode könnte das leisten?

Das Verfahren ist – um es aufs Kürzeste zusammenzufassen – die Ableitung der Physik aus Metaphysik.

Es wird zunächst der Unterschied zwischen *Wirklichkeit* und *Beschreibung der Wirklichkeit* bestimmt. Daraus lässt sich eine Proposition ableiten, die, in die Form einer Gleichung gebracht, als Grundgleichung der Physik geeignet scheint: Unter anderem folgen Gravitation, Elektromagnetismus und Atomaufbau nahezu unmittelbar, nur mit Hilfe einiger geometrischer Zusatzannahmen, aus dieser Gleichung, die von erstaunlicher Einfachheit ist.

Der ganze Vorgang hat mich selbst überrascht. Obwohl mir der metaphysische Teil des Gedankengangs zwingend erscheint, würde ich ihn bestenfalls für interessant, aber im Grunde für bedeutungslos halten, wäre nicht der Weg zur Physik dermaßen kurz.

Den Abschluss des zweiten Teils bilden einige Folgerungen für die Kosmologie, die sich aus dem bis dahin Abgeleiteten ergeben.

Im dritten Teil werden jene drei Bereiche des Seienden¹⁴ unter einen Begriff gebracht, deren Beziehung zueinander gegenwärtig völlig ungeklärt ist:

1. Der Bereich des Physikalischen: die Welt des materiell Existierenden.
2. Der Bereich mentaler Zustände: die Welt des Bewusstseins, der Gedanken, Gefühle und der Wahrnehmung.
3. Der Bereich der Entdeckungen und Schöpfungen des Geistes, zu dem auch die platonische Welt der Mathematik und der Naturgesetze gehört.

Vordringlich ist die Antwort auf die Frage nach der Art des Zusammenhangs zwischen materiell Existierendem und dem Gesetz, dem es gehorcht, und nach der Herkunft und Rechtfertigung dieses Gesetzes, das uns ja von der Natur nicht einfach präsentiert wird, sondern erst von uns entdeckt werden muss. Diese Frage kann durch einen Rückgriff auf Erkenntnisse des zweiten Teils geklärt werden; Es zeigt sich, dass Beides – das Existierende und sein Gesetz – demselben Ursprung entstammt.

Um die Welt der mentalen Zustände – das Reich des Geistes – und die Welt der Materie unter einen Begriff zu bringen, ist es erforderlich, einen Begriff des Seienden zu entwickeln, der es erlaubt, die Wesensänderung des sich entfaltenden Seienden zu verstehen. Dies erfolgt in zwei Schritten:

Zunächst wird gezeigt, dass Kausalität nicht nur "von unten nach oben", sondern umgekehrt auch "von oben nach unten" wirkt. Komplexe, zusammengesetzte Aggregate werden dadurch zu *eigenständigen Entitäten*. Geistige Zustände sind solche Entitäten. Auf diese Weise können sowohl die Selbständigkeit und Dominanz des Geistes als auch die Existenz der Willensfreiheit begründet werden. Voraussetzung

¹⁴ Ich folge hier der Einteilung von Karl Popper, insbesondere auch seiner Unterscheidung zwischen einem mentalen Zustand als Empfindung und als Teil einer logischen Struktur, also zwischen Erlebnisgehalt und Informationsgehalt. (Ich werde den mentalen Zustand *als Ganzes* als Quale bezeichnen.)

für die Möglichkeit der Existenz der Kausalität "von oben" ist die im zweiten Teil durchgeführte Änderung des physikalischen Paradigmas.

Ein kurzer philosophischer Exkurs führt zuletzt zu einem vollständigen Seinsbegriff, der physikalisches Seiendes *und* geistiges Seiendes *als Quale* umfasst. Geist und Materie sind damit endlich in einem Modell vereint, das auf (erweiterter) naturwissenschaftlicher Basis errichtet ist.

Die Voraussetzung für die systematische Klärung des Verhältnisses zwischen der materiellen Welt und der Welt der Hervorbringungen des Geistes wurde ebenfalls schon im zweiten Teil geschaffen: der am Anfang dieses Teils bestimmte Unterschied zwischen Objekten der Wirklichkeit und Objekten eines Beschreibungssystems der Wirklichkeit dient als Abgrenzungskriterium und ermöglicht das Verständnis beider Arten des Seienden.

Soweit die Vorschau auf das Folgende. Ich schließe mit einer losen Folge von Bemerkungen und Kommentaren.

Über die Art der Umgestaltung des Weltbilds. Jede Kultur hat ihre eigene Welterklärung. Unsere eigene, physikalische Welterklärung unterscheidet sich aber von allen anderen dadurch, dass kulturspezifische und damit austauschbare Merkmale weitgehend eliminiert wurden und an ihre Stelle überprüfbare Hypothesen getreten sind. Die Genauigkeit der Übereinstimmung mit der Wirklichkeit ist so groß, dass gegenwärtige physikalische Theorien nicht einfach durch andere ersetzt werden können.

Wie sollte also eine solch fundamentale Änderung, wie ich sie soeben angekündigt habe, möglich sein?

Die Antwort ist, dass der begriffliche Unterbau der Theorien bei weitem instabiler ist als ihr formaler Teil. Ich habe schon ganz am Anfang als Beispiel den Wechsel von der Gravitationstheorie Newtons zu der Einsteins als Beispiel genannt: In formaler Hinsicht bildet die Theorie Newtons eine Näherung der Theorie Einsteins – in diesem Sinne sind sich die beiden Theorien also ähnlich, in begrifflicher Hinsicht sind sie aber vollkommen verschieden.

Bei der Änderung, die ich vorschlage, wird das begriffliche Fundament der Physik umgestaltet, und zwar derart, dass alle physikalischen Begriffe auf einen einzigen Begriff und alle physikalischen Sachverhalte auf einen einzigen Sachverhalt zurückgeführt werden. Die Interpretation der Theorien ändert sich dadurch grundsätzlich, der formale Teil bleibt jedoch gleich oder zumindest annähernd gleich.

Zur Methode. Ich setze meist weder schon vorhandene Argumentationsstrategien fort noch beziehe ich mich auf sie. Deshalb ist es überflüssig, zu klären, in welchem Verhältnis mein jeweiliger Standpunkt zu anderen Standpunkten steht.

Ich versuche, jedes Problem möglichst mit minimalen Mitteln zu lösen. Dafür ist es notwendig, das jeweilige Szenario aus seinem historisch gewachsenen Kontext zu lösen und seine logische Struktur neu aufzubauen. Nur so können die gedanklichen Irrwege, die beschränkt worden sind und sich dermaßen verfestigt haben, dass an Alternativen nicht mehr zu denken war, vermieden werden.

Da gerade die Probleme, um deren Lösung es hier geht, mit den Standardmethoden *nicht* gelöst werden konnten, und weil somit die Unlösbarkeit in einem gewissen Maß auch ein Sprachproblem ist, analysiere ich diese Probleme im Allgemeinen nicht mit den üblichen fachsprachlichen Mitteln. Wenn ich philosophische Begriffe verwende – wie etwa die Begriffe *Substanz* und *Akzidens* im zweiten und dritten Teil –, dann verwende ich sie zunächst in einem einfacheren und in weiterer Folge auch in einem anderen Sinn als gewohnt. Es ist unbedingt notwendig, sie entsprechend ihrer hier gegebenen Definition und Verwendung zu lesen und alle Differenzierungen, die sie über die Jahrhunderte hinweg erfahren haben, zurückzulassen. Nur so, durch genau diese Verwendung, sind sie mächtig genug, um die durch sie erfassten Probleme zu lösen.¹⁵

Im Bereich der Physik erweist es sich, dass in einigen Fällen – wie etwa bei der Beschreibung dessen, was beim Doppelspaltexperiment wirklich geschieht – die Alltagssprache, ergänzt durch ein wenig Mathematik, als Mittel zur Beseitigung der bestehenden Interpretationsprobleme besser geeignet ist als der mathematische Formalismus. Der Grund dafür ist, dass sich hier der mathematische Formalismus im Lauf der Zeit immer mehr verselbständigt hat und die Wirklichkeit, die zu seiner Entstehung Anlass gab, gewissermaßen "in sich aufgesogen" hat. Um die Spannung, die zwischen dieser Wirklichkeit und dem Formalismus besteht, zu erneuern und daraus neue Einsichten zu gewinnen, ist es daher unumgänglich, aus dem Formalismus hervorzutreten und sich wieder auf die dahinter liegende Wirklichkeit zu beziehen.

¹⁵ Die Entscheidung, solche historisch gewachsenen Begriffe zu verwenden, ist mir nicht leicht gefallen. Die Alternative, neue Begriffe zu erfinden, erschien mir aber wegen der doch bestehenden grundsätzlichen Übereinstimmungen zwischen meinen Definitionen und den üblichen Bedeutungen noch problematischer. *Letztlich* bezeichnen sie doch dasselbe. Also habe ich es vorgezogen, die bekannten Begriffe zu übernehmen. Zunächst mag es so scheinen, als hätte ich sie einfach usurpiert, aber schließlich wird sich durch das Gelingen der gewünschten Erklärungen zeigen, dass es sich um eine gerechtfertigte Übernahme handelt.

Wirklichkeit und Formalismus. Die Wirklichkeit ist kein mathematischer Formalismus. Die Vorstellung, ein Planet *berechne* seine Bahn, wäre einfach unsinnig; Was auch immer sich ereignet, wird jedenfalls nicht berechnet.

Was ereignet sich aber dann *tatsächlich*? *Wie* ereignet es sich? *Warum* ereignet es sich? *Durch welche Umstände* wird der Planet auf seiner Bahn geführt? Und ganz allgemein: *Auf welche Weise* entsteht die Zukunft aus der Gegenwart, wenn sie nicht *berechnet* wird?

Dies sind die Fragen nach der "hinter dem Formalismus" liegenden Wirklichkeit. Sie sind fast vollständig aus dem Bewusstsein der Physiker verschwunden. Die Beantwortung dieser Fragen stellt jedoch das eigentliche Ziel der Suche nach Erkenntnis der Natur dar, und deshalb werden sie im Mittelpunkt der folgenden Überlegungen stehen.

Über Verständnisschwierigkeiten. Die Hauptschwierigkeit besteht mit Sicherheit darin, dass Hypothesen, die die begrifflichen Grundlagen der Physik betreffen, *zunächst* nicht erklärbar sind. Denn was bedeutet *Erklären*? Neues zu bereits Bekanntem in Beziehung zu setzen. Wenn aber gerade dieses Bekannte in Frage gestellt wird, dann ist Verständnis auf ebendiese Weise – durch Erklärung – zunächst kaum möglich. Wenn die gewohnten *explanantes* selbst von der angestrebten Veränderung betroffen sind, dann setzt Verstehen voraus, zumindest versuchsweise sogar die Basis der gewohnten Sichtweise in Frage zu stellen.

Letztlich aber handelt es sich bei einer Umstellung des ganzen Interpretationsnetzes um eine Frage des unmittelbaren *Sehens*: plötzlich "kippt" die Wahrnehmung – wie bei einem Vexierbild – in einen anderen Zustand und die neue Gestalt wird sichtbar.

Nun aber genug der Präliminarien. Es ist an der Zeit, sich der Sache selbst zuzuwenden.