

Heinz Heinzmann

WORAUS

BESTEHT DIE WELT?

Inhaltsverzeichnis

Einleitung:

Ankündigungen.....2

- 1. Zwei vorbereitende Argumentationen.....5
 - 1.1. Folgerung aus der Speziellen Relativität.....5
 - 1.2. Warum es widersprüchlich ist, die Größe des Universums als veränderlich anzunehmen.....7
 - 1.3. Über das weitere Vorgehen.....8

Philosophie:

- 2. Die Unvollständigkeit der Naturwissenschaft und ihre Korrektur.....8
 - 2.1. Der Selbstwiderspruch der Naturwissenschaft.....8
 - 2.2. Das fehlende Element.....9
 - 2.3. Der Beweis der Willensfreiheit.....11
 - 2.4. The "Hard Problem": Wie ist Empfindung möglich?.....15
 - 2.5. Warum Empfindung einzigartig ist.....17
 - 2.6. Warum KI-Systeme nichts empfinden können.....20
 - 2.7. Über Empfindung und Künstliche Intelligenz.....22
- 3. Die Einheit der Wirklichkeit.....25
 - 3.1. Geist und Materie.....25
 - 3.2. Woher stammt das Allgemeine?.....26
 - 3.3. Die Ableitung der fundamentalen Gleichung.....27
 - 3.4. Die Herkunft des Allgemeinen.....33
 - 3.5. Antworten auf die Fragen über die Naturgesetze.....34
 - 3.6. Philosophisches Resümee: Die Änderung unserer Sicht der Wirklichkeit.....35
 - 3.7. Warum Etwas ist und nicht Nichts.....36

Physik:

- 4. Die Physik verfehlt die kausale Struktur der Wirklichkeit.....37
- 5. Der Verlust der Wirklichkeit.....42
 - 5.1. Der lichtelektrische Effekt.....42
 - 5.2. Der Compton-Effekt.....46
 - 5.3. Die Quantisierung.....51
 - 5.4. Paradoxon der zwei Wege.....52
 - 5.5. Das Doppelspaltexperiment.....54
 - Welle-Teilchen-Dualismus, Quantisierung.....59
 - Gegen Nichtlokalität.....60
 - Was schwingt in der Schrödingergleichung?.....63
 - Der Spin und die 720°-Drehung.....67
- 6. Die Quantentheorie70
 - 6.1. Interpretation der Quantentheorie.....71
 - 6.2. Der Messprozess: Die Reduktion der Wellenfunktion.....75
 - 6.3. Die Folgen.....78
 - 6.4. Zusammenfassung, Ausblick.....80

Ankündigungen

Mein Verständnis der Wirklichkeit ist so radikal verschieden von den zurzeit in Physik und Philosophie üblichen Überzeugungen, dass es mir notwendig erscheint, zunächst einen vorbereitenden Überblick zu präsentieren, in dem ich meine Sichtweise darlege und die Geschichte ihres Entstehens beschreibe sowie die Gründe dafür erläutere.

Das ist die Aufgabe dieser einleitenden Schrift. In ihr stelle ich meine wichtigsten Argumentationen und Beweise vor, vollständig allerdings nur dann, wenn der Gedankengang kurz ist, ansonsten skizziere ich nur seine Struktur oder greife besondere Aspekte heraus. Wie sich zeigt, lässt sich aber gerade das außerordentlich Wichtige oft erstaunlich kurz darstellen. In jedem Fall verweise ich auf die Stellen in den Büchern und Papers auf dieser Website, wo die ausführliche Version zu finden ist.

Manche meiner Ergebnisse widersprechen den Standardversionen, andere füllen bekannte Erkenntnislücken aus. In einigen Fällen sind sie in dem Sinn neu, dass es bisher kein Bewusstsein ihres Fehlens gab. Dort, wo ich es für sinnvoll halte, versuche ich, die historischen und logischen Gründe des betreffenden Irrtums oder Mangels aufzuzeigen, und ich weise auf die "spezifische Blindheit" hin, die die Aufdeckung und Lösung des Problems erschwert oder sogar verhindert hat.

Eines meiner Anliegen ist es, die enge Zusammengehörigkeit meiner Hypothesen zu demonstrieren. Und damit sind wir beim Titel dieser Schrift angelangt, denn alle meine Resultate entstammen einem gemeinsamen Ursprung – der Antwort auf die Frage:

WORAUS BESTEHT DIE WELT?

Wie sich herausstellt, ist die Erkenntnis des *Urgrunds der Wirklichkeit* eine notwendige Voraussetzung für die Beantwortung aller grundsätzlichen ontologischen und physikalischen Fragen. Sie ermöglicht es, die Wirklichkeit als *Einheit* zu verstehen, in der das Auftreten aller Entitäten, deren Existenz wir erfahren oder für notwendig halten:

***Materie, Geist, Willensfreiheit, Empfindung, Bewusstsein,
Kausalität, Naturgesetze, Mathematik, und noch einige andere,***

erklärt und begründet werden kann – ganz im Gegensatz zur gegenwärtigen Naturwissenschaft, von der aus gesehen sie unvereinbar erscheinen und wo ihre Herkunft rätselhaft bleibt oder dem Zufall überlassen wird.

Diese Fragen sind ontologischer Art. Aber auch im Bereich der Physik führt die Einsicht, was der Wirklichkeit zugrunde liegt, zu Antworten auf fundamentale Fragen und zu Lösungen von Problemen, an denen die Physik bisher gescheitert ist:

Wie können Gravitation und Elektromagnetismus vereinigt werden? Warum krümmt Materie die Raumzeit? Was geschieht beim quantenmechanischen Messprozess? Was ist die Reduktion der Wellenfunktion? Warum sind Spin $\frac{1}{2}$ Teilchen erst bei einer Drehung von 4π wieder im Ausgangszustand? – und viele andere.

Bei diesem Neuaufbau der Naturbeschreibung bleiben Spezielle Relativitätstheorie und Quantentheorie unverändert, jedoch nur in ihrem mathematischen Teil. Beide werden anders interpretiert, und zwar so, dass die Interpretation zugleich auch eine *Erklärung* ist, und beide Interpretationen führen – voneinander unabhängig – auf direkten Wegen zur neuen Sicht der Wirklichkeit und ihrer Entstehung.

Damit endet allerdings die Übereinstimmung: Meine Gravitationstheorie ist *nicht* identisch mit der Allgemeinen Relativitätstheorie. In Sonnensystemen und in Gravitationsfeldern von Planeten

stimmen die Resultate beider Theorien überein, in größeren Bereichen – etwa in Galaxien – divergieren sie hingegen stark. Es eröffnet sich die Möglichkeit, dass zur Beschreibung der Galaxiendynamik sowie anderer gravitativer Phänomene *keine dunkle Materie* benötigt wird.

Außerdem gilt Folgendes:

Alle physikalischen Theorien, die *nach* der Quantentheorie entstanden sind und auf ihr aufbauen, sind nur näherungsweise gültig, bezogen auf den begrifflichen und mathematischen Aufbau sind sie jedoch falsch. Sie können also nicht mehr den Status von fundamentalen Theorien beanspruchen, sondern nur noch den Status rein formaler Näherungen, da sie Elemente (Objekte, Wechselwirkungen) enthalten, die keine Entsprechung in der Wirklichkeit haben – vergleichbar dem bekannten Epizykelsystem, das einst der Beschreibung der Planetenbahnen diente.

Das gilt auch für das sogenannte Standardmodell der Teilchenphysik: aus meiner Interpretation des Messprozesses sowie der Quantentheorie insgesamt folgt, dass das Modell der starken Wechselwirkung falsch ist, woraus sich wiederum ergibt, dass der gruppentheoretische Zugang, der dem ganzen Standardmodell zugrunde liegt, für die Beschreibung der fundamentalen Zusammenhänge ungeeignet ist.

Auch die Sicht der Entwicklung des Universums ändert sich grundlegend: Es existiert

kein Urknall, keine Inflation, kein Multiversum, keine dunkle Energie.

Die Annahme des Urknalls wird durch die Annahme des *überall und permanent* stattfindenden *Entstehens* der Wirklichkeit aus einem Zustand *vor* aller Existenz ersetzt, die Annahme der variablen Größe des Universums durch die Annahme der variablen Größe *aller* Wellenlängen, die wir als Maßstab nutzen können.

Bemerkung:

Nach meiner eigenen Einschätzung ist es mir in dieser Arbeit wesentlich besser gelungen als in allen früheren Arbeiten, den umfassenden Zusammenhang meiner Hypothesen zu zeigen und – was noch wichtiger ist – sie aus allgemeinsten und sichersten Prinzipien und evidenten Tatsachen abzuleiten.

Bemerkung:

Viele Abschnitte dieser Schrift sind aus meinen anderen Arbeiten übernommen. Der Grund dafür ist, dass es mir nicht oft gelingt, etwas so zu formulieren, dass es genau dem entspricht, was ich sagen will. Und deshalb will ich, falls es mir gelungen ist, nichts daran ändern.

Bücher und Schriften meiner Website, auf die ich im Folgenden verweise:

"Der [Begriff](#) der Wirklichkeit"

"Die [Struktur](#) der Wirklichkeit"

"Warum es [Willensfreiheit](#) gibt und warum Roboter nichts empfinden"

1. Zwei vorbereitende Argumentationen

Bevor ich mich der eigentlichen Aufgabe widme, auszuführen, was ich angekündigt habe, will ich zunächst zwei kurze Argumentationen präsentieren, die zwar für sich stehen, aber auch zur Erkenntnis der Basis der Wirklichkeit ganz wesentlich beitragen. Da sie sich gegen die übliche Sichtweise richten und bisher unbekannt sind, eignen sie sich dafür, die von mir geforderte Umstellung der Beschreibung der Wirklichkeit vorzubereiten.

Die erste Argumentation lässt einen wesentlichen Teil der physikalischen Gewissheiten hinsichtlich der Grundbausteine der Welt zumindest fragwürdig erscheinen, die zweite richtet sich gegen das sogenannte "kosmologische Standardmodell".

1.1. Folgerung aus der Speziellen Relativität

Einstein begründet die Relativität der Gleichzeitigkeit durch das bekannte Szenario, in dem sich ein Beobachter A in der Mitte M zwischen zwei Blitzeinschlägen befindet, die sich zum Zeitpunkt Z ereignen. Wenn er die Einschläge gleichzeitig wahrnimmt, dann *sind* sie für ihn gleichzeitig. Für einen relativ zu A bewegten Beobachter B, der sich zur Zeit Z ebenfalls in M befindet, sind sie jedoch *nicht* gleichzeitig.

Aufgrund des Postulats der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit für alle unbeschleunigten Beobachter sind die Standpunkte von A und B gleichwertig. Die Feststellung, welche Zeit an irgendeinem entfernten Ort gilt – also das ganze Zeitsystem – hängt somit vom Bewegungszustand des Beobachters ab.

Wir verallgemeinern den Gedankengang wie folgt:

Wir betrachten zwei Objekte. Zunächst ruhen sie beide. Wenn sie nun aber beginnen, sich entlang ihrer Verbindungsgeraden in derselben Richtung mit derselben Geschwindigkeit zu bewegen, dann ändert sich das Verhältnis der für sie geltenden Zeiten – einfach deshalb, weil *jeder* der zur Zeitbestimmung verwendeten Prozesse, die beim vorderen Objekt beginnen und beim hinteren enden, bei diesem hinteren Objekt jetzt *früher* ankommt als derselbe Prozess im Fall der Objekte in Ruhe, weil das hintere Objekt diesem Prozess ja jetzt *entgegen* läuft.

Das bedeutet aber nichts anderes, als dass – bezogen auf das hintere Objekt – der Zeitpunkt des *Aussendens* des Prozesses nun – im Vergleich zu vorher – *in die Vergangenheit verschoben* ist.

Offensichtlich hängt jedoch das Ausmaß dieser Verschiebung von der Geschwindigkeit des betrachteten Prozesses ab: je kleiner diese Geschwindigkeit ist, desto größer ist die Verschiebung.

Daraus lässt sich der folgende – überraschende und weitreichende – Schluss ziehen:

Nehmen wir an, die Objekte eines Systems seien durch Prozesse verknüpft, die sich mit der Geschwindigkeit c ausbreiten. Dann erhalten wir eine Zeitstruktur, die vollkommen durch c bestimmt ist – wie das ja auch tatsächlich der Fall ist.

Nehmen wir nun außerdem an, es gäbe weitere Prozesse, die sich mit einer anderen Geschwindigkeit d ausbreiten, die von c *unabhängig* ist. Dann erzeugen diese Prozesse ein zweites, von dem durch c erzeugten *verschiedenes, davon unabhängiges* Zeitsystem. Das ist aber unmöglich. Das Zeitsystem muss eindeutig sein.

Daraus folgt:

Satz:

Es gibt nur eine einzige Geschwindigkeit: die Lichtgeschwindigkeit c . Alle anderen Geschwindigkeiten müssen daraus abgeleitet sein.

Wie entstehen andere, aus Licht *abgeleitete* Geschwindigkeiten?

Durch Superposition von Wellen mit Lichtgeschwindigkeit. Die Geschwindigkeit der Superposition hängt von den Frequenzen der Wellen ab.

Ich habe das im Buch [Struktur](#) (im Kapitel 6) durchgeführt und daraus die Spezielle Relativitätstheorie abgeleitet, ohne das Relativitätsprinzip oder die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit für alle gleichförmig bewegten Beobachter vorauszusetzen. Das ist deshalb möglich, weil die Wellenüberlagerungen sich an die durch Licht vorgegebenen räumlichen und zeitlichen Zusammenhänge halten, oder genauer: weil sie ebenfalls – genauso wie das Licht selbst – diese Raum-Zeit-Struktur erzeugen.¹

Schon durch diesen einfachen Schritt werden also alle Geschwindigkeiten $v < c$ in die relativistische Raum-Zeit-Struktur integriert.

In seinen Schriften betont Einstein mehrfach, dass wir die Zeitbestimmung auch durch andere Prozesse durchführen könnten. Das ist jedoch falsch, denn es gilt:

Die Zeitbestimmung ist ausschließlich dann korrekt, wenn sie durch Licht – oder allgemeiner: durch Prozesse mit Lichtgeschwindigkeit – ausgeführt wird. Bei jeder anderen Art der Zeitbestimmung würde sich die Natur widersetzen und die experimentelle Bestätigung verweigern.

Es ist also keineswegs so – wie Einstein meint – dass wir frei wählen könnten, womit wir die Zeitverhältnisse bestimmen; Wir **müssen** es mit Licht durchführen.

Um diesen Sachverhalt zu demonstrieren, habe ich im Buch [Begriff](#) (ab Seite 69 unten) die Folgen einer Zeitbestimmung durch Schallsignale (in Luft) beschrieben. Dadurch wird Schall für alle gleichförmig bewegten Beobachter gleich schnell. Die so definierte Zeit gilt jedoch *ausschließlich* für Schall und daraus abgeleitete Phänomene und für nichts anderes. Für Beobachter, die sich mit annähernd Schallgeschwindigkeit bewegen, vergeht die an (geeignet konstruierten) Schalluhren abgelesene Zeit zwar wesentlich langsamer, aber sie altern selbstverständlich *nicht* langsamer.

Dasselbe wäre für jede andere Wahl der Fall: die Zeit würde jeweils nur für den zur Zeitbestimmung gewählten Prozess und für alle daraus abgeleiteten Phänomene gelten und für nichts sonst.

Nur bei Licht ist das anders: die durch Licht bestimmten Zeitverhältnisse gelten allgemein. Und erst dann, wenn man sich das klargemacht hat, steht man vor der entscheidenden Frage:

Warum ist das so? Warum gehorcht die ganze Wirklichkeit den durch Licht bestimmten Raum- und Zeitverhältnissen?

Die Antwort ist:

Die Wirklichkeit gehorcht den Beziehungen für räumliche und zeitliche Maße, die durch Licht vorgegeben werden, weil es nur Lichtgeschwindigkeit und daraus abgeleitete Phänomene gibt.

Durch die wenigen Sätze, die diese Folgerung aus der Speziellen Relativität enthält, werden die Grundlagen der Physik offensichtlich vollständig umgestaltet. Ich will aber die naheliegenden Schlussfolgerungen hier noch nicht anführen, sondern erst später, wenn sie durch weitere Argumente bestätigt und präzisiert werden.

(Die ausführliche Version meiner Neuinterpretation der Speziellen Relativitätstheorie ist im Buch [Begriff](#) enthalten, beginnend auf Seite 63. Im Buch [Struktur](#) wird ab Seite 164 anschaulich erklärt, wie aus einer Wirklichkeit, in der es ein *absolutes Ruhesystem* gibt, ein Beschreibungssystem entsteht, in dem alle unbeschleunigten Beobachter gleichwertig sind.)

¹ Man könnte einwenden, dass ja ohnehin alle Geschwindigkeiten relativistisch korrigiert werden. Das ist jedoch keine *Ableitung aus der Lichtgeschwindigkeit*, sondern nur eine *Anpassung an das Zeitsystem*, das sich aufgrund der beiden Postulate (Spezielle Relativität und Konstanz der Lichtgeschwindigkeit) ergibt.

1.2. Warum es widersprüchlich ist, die Größe des Universums als veränderlich anzunehmen

Größe ist ein *relationaler Begriff*: Irgendetwas wird mit etwas Anderem *verglichen*.

Das Universum ist *per definitionem* **alles, was existiert**. Es kann also mit nichts *Anderem* verglichen werden, sondern nur mit einem *Teil seiner selbst*.

Betrachten wir also irgendeinen solchen Teil – ein willkürlich ausgewähltes Objekt, das im Universum existiert. Seine Größe steht zur Größe des Universums in einem bestimmten Verhältnis. Was bedeutet es nun, wenn dieses Verhältnis sich mit der Zeit ändert – oder wenn es sogar gegen Null oder gegen Unendlich strebt? Kann ich dann behaupten, das Universum werde unendlich groß oder es verschwinde?

Nein, selbstverständlich kann ich das nicht behaupten. Es würde ja bedeuten, die Größe eines *Teils* des Universums **absolut** zu setzen, was unsinnig wäre: Das Universum ist nicht nur alles, was existiert, es *erzeugt* auch alles, was in ihm existiert. Ein solches von ihm Erzeugtes absolut zu setzen und daran das Verschwinden dessen zu demonstrieren, *wovon* es erzeugt wurde – also des Universums – ist offenbar **widersprüchlich**: wenn die Größe des Universums als **veränderlich** angenommen wird, dann kann keinem seiner Teile – keinem Objekt, das es hervorgebracht hat – eine **absolute** Größe zugeschrieben werden.

Satz:

Die Größe jedes Gegenstands kann durch einen anderen Gegenstand gemessen werden, und wenn diese Messung mit der Zeit variiert, dann kann behauptet werden, dass sich die Größe des gemessenen Gegenstandes ändert.

Da das Universum jedoch alles ist, was existiert, kann seine Größe an nichts Anderem gemessen werden, sondern nur an einem Teil seiner selbst, und das bedeutet: Wenn diese Messung mit der Zeit variiert, dann muss diese Änderung immer zu Lasten des Teils gehen, der als Maßstab gewählt wurde. ²

Hier ist der logische und ontologische Vorrang des Universums gegenüber jedem *Teil* von ihm beim Vergleich der Größe hinreichend klar hervorgehoben.

Ich halte dieses Argument für dermaßen zwingend, dass es dem ungeheuren finanziellen, materiellen, personellen, theoretischen und mathematischen Aufwand, der hinter dem kosmologischen Standardmodell steht, ohne weiteres standhält.

Es gilt Folgendes:

Wenn es keine Expansion des Universums gibt, dann gibt es auch keinen Urknall, keine Inflation, kein damit verknüpftes Multiversum und keine dunkle Energie.

Die Annahme der *veränderlichen Größe des Universums* muss dann durch die Annahme der *veränderlichen Größe unseres Längenmaßes* ersetzt werden. Voraussetzung ist allerdings, dass sich **alle** Maßstäbe, die uns zur Verfügung stehen, um **denselben Faktor** ändern. (Die Begründung dafür findet sich im Buch [Struktur](#) im Kapitel 10.)

Bezüglich der Beobachtung, die zur Hypothese der Expansion geführt hat – die mit der Entfernung zunehmende Rotverschiebung – ist die Annahme der mit der Zeit zunehmenden Verkleinerung des gewählten Maßstabs offensichtlich äquivalent zur Annahme der Expansion des Universums.

² Manche Physiker meinen, man könnte das soeben präsentierte Szenario in ein weiteres, von allem Seienden unabhängiges Koordinatensystem einbetten und dadurch die veränderliche Größe des Universums rechtfertigen. Das ist unsinnig: ohne Bezugnahme auf Seiendes ist es weder möglich, eine Einheit zu definieren noch ihre zeitliche Entwicklung zu bestimmen – die Behauptung ihrer Konstanz wäre ein unbegründbares Postulat.

1.3. Über das weitere Vorgehen

Die ursprüngliche Motivation meines Forschens war die Klärung einiger physikalischer Probleme. Die Antworten auf philosophische Fragen haben sich dann – für mich selbst unerwartet und überraschend – als Folgerungen aus der Umstellung des physikalischen Beschreibungssystems ergeben.

In meinen Büchern habe ich mich im Wesentlichen an diese Reihenfolge gehalten. Jetzt werde ich aber anders vorgehen. Der Grund dafür ist, dass für die Ableitung der physikalischen Resultate die vollständige Analyse der Basis der Wirklichkeit erforderlich ist, während für die Beantwortung der philosophischen Fragen nur ein Teil davon benötigt wird. Außerdem ist der Weg von der ontologischen Basis bis zur Klärung dieser Fragen meist kurz und direkt.

Deshalb habe ich folgende Vorgangsweise gewählt: Ich werde die Argumentation zur Frage, woraus die Welt besteht, zunächst nur soweit durchführen, wie es für die Lösung der philosophischen Probleme notwendig ist, und mich dann mit diesen Problemen beschäftigen. Erst danach werde ich mich der Physik zuwenden und den grundsätzlichen Gedankengang fortsetzen.

2. Die Unvollständigkeit der Naturwissenschaft und ihre Korrektur

2.1. Der Selbstwiderspruch der Naturwissenschaft

Eine der **Grundannahmen**, auf denen die Naturwissenschaft beruht, lautet wie folgt:

Alles, was existiert, besteht aus elementaren Objekten, die miteinander wechselwirken. Wie sich diese Objekte verhalten, wird nur durch physikalische Gesetze geregelt und durch nichts sonst. Somit wird die gesamte zukünftige Entwicklung ausschließlich durch sogenannte "Anfangsbedingungen" – der Gesamtheit der Attribute all dieser Objekte zu irgendeinem Zeitpunkt – und physikalische Gesetze bestimmt.

Wenn diese Annahme korrekt ist, dann gibt es *nur Physik*.

Die Kausalität ist dann immer "unten", in der elementaren Schicht der Wirklichkeit.

Alle anderen, komplexeren Schichten haben ihre Selbständigkeit verloren. Beschreibungen, die sich auf solche Schichten beziehen – etwa neuronale oder psychologische Beschreibungen unserer geistigen Aktivität – benötigen wir dennoch, aber nur deshalb, weil es undurchführbar wäre, diese Aktivität auf physikalische Weise darzustellen; Aber das ändert nichts daran, dass sie *eigentlich* physikalischer Natur ist.

Damit sind wir bei einem der Fälle von "spezifischer Blindheit" angelangt, die ich in den [Ankündigungen](#) erwähnt habe: bei der Unfähigkeit, ein bestimmtes Problem zu erkennen, wodurch dessen Lösung erschwert oder sogar verhindert wird.

Im vorliegenden Fall ist es dieses Problem:

Aus der obigen Annahme folgt, dass wir *nicht argumentieren oder schlussfolgern können*.

Denn offenbar gilt:

Jede Argumentation oder Schlussfolgerung setzt voraus, dass *ein Gedanke aus einem anderen Gedanken folgt*.

Das ist aber die **Definition geistiger Kausalität**.

Anzunehmen, dass wir imstande sind zu argumentieren, bedeutet also, eine **Kausalität auf der Ebene geistiger Prozesse** zu postulieren. Die Vorstellung, dass *das Denken selbst* zu korrekten

Ergebnissen führt, setzt offenbar seine kausale Wirkung voraus. Wie sollte es sonst möglich sein, *gedanklich* einen Irrtum zu berichtigen? Falls mein Denken nicht *selbst* kausal wäre – würde sich dann etwa *die Physik* korrigieren?

Man muss sich also entscheiden: die Kausalität liegt *entweder* im Denken *oder* in der Physik – beides zugleich ist nicht möglich. Das Denken wäre dann "kausal überbestimmt".

Mit anderen Worten:

Genau das, was es gemäß der oben zitierten Grundannahme der Naturwissenschaft nicht geben kann – Argumentieren und Schlussfolgern – wird von Philosophen und Naturwissenschaftlern permanent vorausgesetzt und ausgeübt – es ist die Grundlage ihrer Existenz.

Die Naturwissenschaft befindet sich also in einem permanenten Selbstwiderspruch.

Satz:

Falls die gesamte zukünftige Entwicklung ausschließlich von physikalischen Gesetzen und Anfangsbedingungen bestimmt wird, dann sind schlussfolgerndes Denken und damit zugleich Naturwissenschaft und Philosophie nicht möglich.

Und daraus folgt:

Satz:

Zusätzlich zu Anfangsbedingungen und physikalischen Gesetzen muss in der Wirklichkeit ein weiteres Element vorhanden sein, von dem die zukünftige Entwicklung abhängt, das aber von der Physik nicht berücksichtigt wird, und das bedeutet:

Die gegenwärtige naturwissenschaftliche Sicht der Wirklichkeit ist unvollständig.

2.2. Das fehlende Element

Was ist dieses "fehlende Element"? Wie kann es gefunden werden?

Hier treffen wir nun auf eine weitere, ganz grundlegende Blindheit: Tatsächlich ist das gesuchte Element der Wirklichkeit vollständig sichtbar und auch allgemein bekannt. Dennoch ist es bisher weder von der Philosophie noch von der Naturwissenschaft zur Kenntnis genommen worden – vermutlich gerade *wegen* seiner trivial erscheinenden Selbstverständlichkeit.

Sein Vorhandensein folgt aus dem *Unterschied zwischen Wirklichkeit und Beschreibung*:

Satz:

Zwischen einem wirklich existierenden Objekt und seiner Beschreibung besteht ein fundamentaler Unterschied: Das wirklich existierende Objekt ist aktiv, die Beschreibung hingegen ist nicht aktiv.

Somit muss zur Existenz wirklicher Objekte etwas gehören, *wovon ihre* Aktivität ausgeht, was aber Objekten in einer Beschreibung *fehlt*.

Dieses Element der Existenz wirklicher Objekte bezeichne ich als **Substanz**.³

Substanz ist also dasjenige, was existierende Objekte aktiviert.

Von der Substanz wissen wir nun, dass sie *vorhanden ist*. Was sie jedoch "**ist**", können wir weder definieren noch wahrnehmen noch uns vorstellen. Sie ist *undenkbar*.

³ Die Bezeichnung *Substanz* habe ich gewählt, weil sie – in meiner Definition – eine notwendige Voraussetzung für die Lösung der philosophischen Probleme ist, die historisch mit diesem Begriff verbunden sind.

Dasjenige Element der Existenz wirklicher Objekte, das wir wahrnehmen, beschreiben und definieren können, ist die *Art ihrer Aktivität*, d.h. ihr Verhalten und ihre Wirkung.

Dieses Element ihrer Existenz bezeichne ich als **Akzidenzien**.

Naturwissenschaft befasst sich *ausschließlich* mit Akzidenzien. Die Substanz wird jedoch dabei immer **vorausgesetzt**: Wir wissen, dass Objekte durch **Masse** oder durch **Ladung aktiviert** werden, aber wir wissen nicht, was Masse und Ladung "**sind**".

Es gilt folgender

Satz:

Wirklich existierende Objekte bestehen aus Substanz und Akzidenzien.

Objekte in einem Beschreibungssystem bestehen dagegen nur aus Akzidenzien.

Da ein Objekt nicht *aufhören* kann, auf die für es charakteristische Weise *aktiv* zu sein, **bilden Substanz und Akzidenzien eine untrennbare Einheit**. (Die Erde gibt es nur **mit** Gravitation.)

Jedes existierende Objekt besteht also aus diesen beiden Elementen: aus **Substanz** – das ist jener Teil von Existenz, dessen Vorhandensein wir zwar als notwendig erkennen, der aber *als das, was er eigentlich "ist"*, weder vorgestellt noch definiert werden kann, und aus **Akzidenzien** – das ist der Teil von Existenz, der beschreibbar und definierbar ist.

Kehren wir nun zurück zu dem, was ich zuvor als "permanenten Selbstwiderspruch" bezeichnet habe. Die Frage ist.

Kann das soeben beschriebene Element der Wirklichkeit dazu dienen, diesen Widerspruch zu beseitigen?

Die Antwort ist **ja**. Folgendermaßen:

Dass die Wirklichkeit **aktiv** ist, bedeutet, dass an jedem Punkt zu jeder Zeit genau das geschieht, was zu geschehen hat. Es bedeutet, dass die Wirklichkeit nichts *berechnen* muss, dass sie kein Gesetz und keinen Algorithmus benötigt, weil sie einfach alle Einzelfälle gleichzeitig abarbeitet.⁴

Offenbar ist aber **Aktivität** genau dasjenige, was *nicht* von der Wirklichkeit auf die Beschreibung übertragen werden kann. Es lässt sich zwar behaupten, dass die **Art der Aktivität** des Systems, ihre spezifische Struktur, in unseren Gleichungen enthalten sein muss, aber die **Aktivität selbst** fehlt.

Halten wir fest:

Aufgrund ihrer **Aktivität** schreitet die Wirklichkeit **von selbst** von der Gegenwart in die Zukunft voran. Das Beschreibungssystem weigert sich aber, uns diesen Gefallen zu erweisen. Um Information über die Zukunft des Systems zu erlangen, benötigen wir daher in der Beschreibung ein **mathematisches Verfahren**, das die fehlende Aktivität **ersetzt**.

Gibt es ein solches Verfahren?

Nur in idealisierten, vereinfachten Szenarien. Jedes *wirkliche* Geschehen wird durch zahlreiche Prozesse – Wechselwirkungen zwischen Objekten – bestimmt, die sich permanent gegenseitig beeinflussen. Um irgendeinen dieser Prozesse berechnen zu können, müssen wir aber zumindest für ein kleines Zeitintervall annehmen, dass seine unmittelbare Umgebung konstant ist – wir müssen ihn also kurzfristig isolieren. Dann können wir für alle anderen Prozesse dasselbe durchführen, und danach wiederholen wir die ganze Prozedur für das nächste Zeitintervall usw.

Entscheidend ist, dass wir von Anfang an auf Näherungen angewiesen sind, und dass wir außerdem nicht wissen, in welchem Maß unsere Berechnungen von der Wirklichkeit abweichen. Spätestens

⁴ Es wäre wohl mehr als absurd anzunehmen, dass ein Grashalm *berechnet*, wohin er sich bewegen soll – er folgt einfach dem Wind, der ihn berührt.

nach dem nächsten Verzweigungspunkt – das ist ein Punkt in der Entwicklung eines Systems, an dem ein beliebig kleiner Unterschied in den Ausgangsbedingungen zu vollkommen unterschiedlichen Systemzuständen führen kann – wird unsere Voraussage zur reinen Glückssache.

Um die Zukunft *genau* abzuleiten, müssten wir also die aufeinander folgenden Zeitintervalle unserer Berechnungen *unendlich klein* machen, und das ist *unmöglich*.

Das bedeutet: ***Es gibt kein Verfahren, das von der Gegenwart in die Zukunft führt.***

Satz:

Die künftige Entwicklung folgt nicht aus physikalischen Gesetzen und Anfangsbedingungen.

Aber wird uns nicht *durch die Wirklichkeit selbst* andauernd vor Augen geführt, dass die Zukunft *aus der Gegenwart* folgt? Keineswegs. Was wir beobachten, ist einfach nur, dass die Zukunft *auf die Gegenwart* folgt. Es ist bloß dieses suggestive, von der Physik vermittelte Bild der Wirklichkeit, das uns glauben lässt, alles "folge aus" Anfangsbedingungen und Gesetzen. Der Ausdruck "folgt aus" ist jedoch eine logische Verknüpfung, die sich nur auf eine Beschreibung beziehen kann. Sie auf die Wirklichkeit anzuwenden bedeutet, das "folgt auf", das wir beobachten, durch das "folgt aus" zu ersetzen, das wir postulieren; diesen Ersetzungsakt müssen wir aber begründen, und damit sehen wir uns gezwungen, nun unser "folgt aus" durch eine Reihe logischer Schritte auszudrücken. Somit landen wir zwangsläufig wieder bei einem mathematischen Verfahren, und zuletzt wieder bei der Tatsache, dass kein solches Verfahren existiert.

Satz:

Die physikalische Kausalität ist unvollständig. Es ist Raum für Kausalität in komplexeren Schichten der Wirklichkeit.

Damit ist der Selbstwiderspruch der physikalischen Weltansicht aufgehoben, und die bisher durchgeführten Schlussfolgerungen bilden außerdem die Grundlage für die Lösung der in den [Ankündigungen](#) erwähnten philosophischen Probleme.

2.3. Der Beweis der Willensfreiheit

Ich werde den Beweis hier verkürzt präsentieren. Die vollständige Version bildet den ersten Teil der Arbeit [Willensfreiheit](#).

Den ersten Schritt des Beweises haben wir soeben durchgeführt: Wir haben den Geist aus der Umklammerung der physikalischen Kausalität befreit, indem wir gezeigt haben, dass die *Aktivität* der Wirklichkeit nicht durch logische oder mathematische Verfahren nachgeahmt werden kann, sodass die Behauptung, alles *folge aus* physikalischen Anfangsbedingungen und Gesetzen, nicht aufrechterhalten werden kann.

Der zweite Schritt ist, zu bestimmen, wie Kausalität in komplexeren Ebenen der Wirklichkeit – ich nenne sie Kausalität "von oben" – zu verstehen ist.

Dazu betrachten wir ein einfaches Gefäß aus Glas. Wenn wir es anschlagen, wird es in Schwingung versetzt und erzeugt einen Ton. Wovon hängt dieser Ton ab? Was bestimmt seine Höhe und seinen Charakter?

Die Antwort ist: ***Die Form des Gefäßes***. Aus ihr ergibt sich ein mathematisches Gesetz, das uns die Voraussage des Schwingungsmusters des Glases ermöglicht. Die einzige physikalische Information, die benötigt wird, ist die Geschwindigkeit der Schallausbreitung im Glas.

Das Gesetz, das uns nun die Voraussage der Zukunft des Systems erlaubt, ist somit *kein physikalisches Gesetz*. Es gehört zu einer anderen Art von Gesetzen, die ich ***Gesetze der Form*** oder ***Strukturgesetze*** nenne.

Der Ton, den wir hören, ist weitgehend unabhängig von der Art, wie wir ihn erzeugen. Allerdings gilt das nicht für den ersten Moment: zunächst gibt es einen Einschwingvorgang, der davon abhängt, wie und wo wir das Gefäß anschlagen. Erst danach schwingt es immer im selben Zustand. Dieser Zustand, auf den das Glas sich schließlich einstellt – das Schwingungsmuster, auf das hin es sich entwickelt und das es danach beibehält – wird als **Attraktor** bezeichnet.

Am wichtigsten für unsere Überlegungen ist aber zweifellos Folgendes:

Die Parameter der physikalischen Objekte – etwa die Orte und Geschwindigkeiten der Glasmoleküle – hängen zunächst davon ab, wo, womit und wie stark wir das Gefäß anschlagen. Anfangs können also große Unterschiede bestehen. Ungeachtet dieser Unterschiede strebt aber der Zustand des Gefäßes immer auf dasselbe Schwingungsmuster zu – eben den Attraktor.

Beim Glasgefäß gibt es nur ein einziges mögliches Schwingungsmuster, das sich immer ausbildet, unabhängig davon, wie das Gefäß angeschlagen wird. Die künftigen Bewegungen der Bestandteile des Gefäßes – der Glasmoleküle – sind daher durch dieses Muster festgelegt.

Die Kausalität wirkt vom Ganzen auf das Einzelne, vom Gefäß auf seine Bestandteile, und nicht umgekehrt.

Satz:

Eine Form der "Kausalität von oben" tritt dann auf, wenn in einem System *Attraktoren* existieren, d.h. Zustände, auf die hin das System sich zwingend entwickelt, falls es sich zu irgendeinem Zeitpunkt "nahe genug" am Attraktor-Zustand befindet.

Damit haben wir nun alle notwendigen Vorbereitungen getroffen, um unser letztes und entscheidendes Szenario in den Blick zu nehmen: unser eigenes neuronales Netz.

Es besteht aus vielen Milliarden Neuronen. Jedes Neuron ist mit hunderten oder sogar tausenden anderer Neuronen direkt verbunden, und über wenige Zwischenschritte sind *alle* Neuronen aneinander gekoppelt. Für die neuronalen Prozesse gilt daher, was wir weiter oben (in [2.2](#)) über die prinzipielle Nicht-Berechenbarkeit komplexer Systeme festgestellt haben: Der hohe Vernetzungsgrad der Neuronen schließt die Existenz eines mathematischen Verfahrens zur Berechnung der weiteren Entwicklung aus. Die physikalische Kausalität ist also *unvollständig*.

Die nächste Frage ist: Gibt es hier die zuvor definierte "Kausalität von oben"?

Wir gehen von folgenden Annahmen aus:

1. Jede Art geistiger Aktivität (Gedanken, Assoziationsketten, Bilderfolgen etc.) ist eine Abfolge neuronaler Aktivierungsmuster.
2. Abfolgen neuronaler Aktivierungsmuster können Repräsentationen von Sachverhalten sein.

Betrachten wir die neuronalen Muster. Wie werden sie zu Repräsentationen?

Stellen wir uns ein neuronales Netz vor, in dem es noch keine Repräsentationen gibt. Ein erstmals wahrgenommenes Objekt wird in diesem Netz – ausgehend von der primären Sehrinde – ein bestimmtes Muster verursachen. Die neuronalen Verbindungen, die dabei aktiv sind, werden durch ebendiese Aktivität verstärkt. Dasselbe ist bei jeder Wiederholung der Fall. Auf diese Weise entsteht allmählich eine stabile Verbindung zwischen dem Objekt und einem spezifischen Muster (bzw. einem Ensemble spezifischer Muster).

Außerdem gilt Folgendes: Zwar werden die neuronalen Muster zunächst durch äußere Reize verursacht, aber nach einer hinreichenden Anzahl von Wiederholungen werden sie vom neuronalen Netz auch unabhängig von diesen Reizen hergestellt. Das bedeutet:

Neuronale Muster, die mit Objekten auf die eben beschriebene Weise in Verbindung stehen, sind Attraktoren des Netzes. (Siehe dazu die [Bemerkung](#) auf Seite 15.)

Zuvor haben wir festgestellt:

Unter der Voraussetzung, dass die physikalische Kausalität unvollständig ist, folgt aus der Existenz von Attraktoren, dass das betreffende System, falls es im Attraktor-Zustand selbst oder diesem Zustand "nahe genug" ist, durch Kausalität von oben bestimmt wird.⁵

Allerdings besteht gemäß unserer ersten Voraussetzung ein geistiger Prozess nicht nur aus neuronalen Mustern, sondern auch aus den Übergängen zwischen diesen Mustern. Für die Übergänge gilt aber dasselbe wie für die Muster selbst: Zunächst werden sie durch die Abfolge bestimmt, in der die verursachenden Objekte erscheinen. Wenn sich diese Reihenfolge wiederholt, dann wird die entsprechende neuronale Aktivität verstärkt, und das hat zur Folge, dass die Muster auch dann, wenn sie vom Netz selbst erzeugt werden, abermals in derselben Reihenfolge auftreten. Ebenso werden auch die räumlichen Beziehungen der Objekte auf die Muster übertragen.

Das bedeutet:

In den Prozessen, die vom Netz selbst erzeugt werden, treten die neuronalen Muster, die mit Objekten fest verbunden sind, in denselben räumlichen und zeitlichen Zusammenhängen auf wie die Objekte selbst. *Somit können die Muster als Repräsentationen der Objekte aufgefasst werden, und die Prozesse als Repräsentationen der Sachverhalte, in denen die Objekte auftreten.*

In menschlichen neuronalen Netzen sind es also nicht die physikalischen oder neuronalen Bedingungen und Gesetze, durch die festgelegt wird, was im Netz geschieht, sondern es ist *die Struktur des Netzes* – die Tatsache, welche Attraktoren es darin gibt und wie ihre Abfolge geregelt ist, von der die im Netz ablaufenden Prozesse abhängen.

Die Kausalität wirkt also vom Ganzen auf das Einzelne, vom Netz auf seine Bestandteile, und nicht umgekehrt.

Damit haben wir unser erstes Ziel erreicht:

Satz:

Das neuronale Netz wird durch Kausalität von oben geregelt. Die geistige Ebene ist die dominante Ebene. In ihr liegen die Ursachen für die im Netz ablaufenden Prozesse.

Unsere bisherigen Äußerungen waren also tatsächlich Schlussfolgerungen und nicht bloß physikalische Prozesse!

So weit, so gut, aber damit sind wir noch nicht dort angelangt, wo wir eigentlich hin wollen. Dass wir die Kausalität nach oben verlegt haben, bedeutet noch nicht, dass wir *frei* sind. Wir haben nur die physikalische Kausalität durch die geistige Kausalität ersetzt. Damit haben wir erreicht, dass unser Geist nicht durch physikalische Gesetze beherrscht wird, sondern *durch sein eigenes Gesetz: das Strukturgesetz, dem die Abfolge der neuronalen Muster gehorcht, die etwas repräsentieren.*

Aber bleiben wir damit letztlich nicht doch im Schema von Anfangsbedingungen und Gesetzen gefangen, dem wir entrinnen wollten? Glücklicherweise ist das nicht der Fall. Um das zu zeigen, müssen wir auf den Unterschied zwischen physikalischen und geistigen Gesetzen eingehen:

Die Reihenfolge der neuronalen Muster wird, wie oben festgestellt, zunächst durch die Reihenfolge bestimmt, in der die Objekte bzw. Sachverhalte auftreten, die die Muster verursachen. Sobald das Netz aber dazu in der Lage ist, diese Muster selbst herzustellen, hängen die Übergangsregeln der Muster – das, was wir als *geistiges Gesetz* bezeichnet haben – in zunehmendem Maß von ihrer Verwendung in inneren Prozessen ab. Diese Abhängigkeit von äußeren und inneren Bedingungen hat zur Folge, dass sich die Übergangsregeln von Mensch zu Mensch unterscheiden.

Somit haben wir schon den ersten Unterschied bestimmt:

⁵ Das neuronale Netz ist *immer* "nahe genug" an einem Attraktor-Zustand: es wird sich von jedem beliebigen Zustand fast augenblicklich auf einen Zustand einstellen, der etwas *bedeutet*.

*Während physikalische Gesetze **allgemeingültig** sind, sind geistige Gesetze **individuell gültig** – sie gelten jeweils nur für einen einzigen Menschen.*

Verbindungen zwischen Neuronen werden verstärkt, wenn sie aktiv sind, und abgebaut, wenn sie inaktiv sind. Das bedeutet zugleich, dass jede geistige Aktivität die Struktur des Netzes beeinflusst. Wenn aber die Struktur sich ändern kann, dann können sich offenbar auch die Regeln ändern, die die Abfolge der neuronalen Muster bestimmen.

Also ist dies der zweite Unterschied:

*Physikalische Gesetze sind **unveränderlich**, geistige Gesetze sind **veränderbar**.*

Satz:

Physikalische Gesetze sind allgemeingültig und unveränderlich. Geistige Gesetze sind individuell und veränderbar.

Damit lässt sich nun unsere Freiheit begründen:

Wir haben nachgewiesen, dass die Kausalität in der geistigen Ebene liegt. *Wille* und *Absicht* müssen als Elemente der geistigen Kausalität aufgefasst werden. Stellen wir uns nun konkret vor, wir stünden vor einer wichtigen Entscheidung. Wenn wir in den Entscheidungsprozess eintreten, dann werden wir anfangs durch die bis dahin gültigen Vorgaben – durch unser eigenes geistiges Gesetz – auf bestimmte, bekannte Wege geführt.

Aber wir sind jederzeit dazu imstande, diese Wege zu verlassen, indem wir z.B. einfach das Gegenteil dessen erwägen, was wir bis dahin angenommen haben, oder indem wir einen bisher noch nie erprobten Pfad einschlagen; Dazu sind wir eben deshalb imstande, weil die Ursachen für das, was im Netz geschieht – auch für die Veränderungen der Netzstruktur – in der geistigen Ebene liegen.

Mit anderen Worten: Das Gesetz, das in unserem Netz die Abfolge der neuronalen Muster bestimmt, die etwas repräsentieren, also unser eigenes geistiges Gesetz, kann durch uns selbst verändert werden: wir selbst können durch unser Denken und Handeln die Gesetze unseres Denkens und Handelns ändern, und zwar *gezielt*.

Das bedeutet zugleich: Obwohl geistige Prozesse eigenen Regeln unterworfen sind, ist es nicht möglich, daraus eine Willensentscheidung abzuleiten: sie kann in diesen Regeln nicht enthalten sein, weil die Regeln durch den geistigen Prozess, der der Entscheidung vorausgeht, geändert werden können. Während dieser Prozess stattfindet, können sich die Gesetze, denen er gehorcht, ändern – oder genauer: *er selbst* kann die Gesetze ändern, die vor seinem Beginn galten.

Satz:

Willensentscheidungen sind Ursachen von Handlungen. Da erst durch den Entscheidungsprozess selbst bestimmt wird, was geschehen wird, ist die Entscheidung vorher nicht festgelegt.

Sie ist also frei.

Auf die Frage, warum eine (entscheidungsfähige) Person so und nicht anders gehandelt hat, ist demnach nur eine einzige Antwort zulässig:

Weil sie es so wollte.

Bemerkung:

Das heißt selbstverständlich nicht, dass Willensentscheidungen nicht hinsichtlich ihrer neuronalen, chemischen, physikalischen, genetischen, sozialen, psychologischen usw. Ursachen analysiert werden können. Es bedeutet aber, dass diese Analysen unvollständig bleiben und niemals zu einem sicheren Ergebnis führen, weil geistige Phänomene nicht auf andere Schichten der Wirklichkeit reduziert werden können. Der Wille bleibt die letzte Instanz.

Bemerkung:

Um Objekte zu erkennen, müssen künstliche neuronale Netze an großen Datensätzen trainiert werden. In zahlreichen Wiederholungen werden die Verbindungsstärken ihrer Neurone so lange variiert, bis eine hinreichend hohe Erkennungsrate erreicht ist.

Wir sind dagegen von folgender Hypothese ausgegangen: Ein wahrgenommenes Objekt, das ein neuronales Aktivierungsmuster verursacht, wird *durch dieses Muster selbst* repräsentiert. Hier wird die Beziehung zwischen Objekt und Repräsentation also nicht erst durch Variation der Verbindungsstärken der Neurone hergestellt, sondern sie besteht von Anfang an und wird nur durch *Verstärkung* der aktiven Verbindungen stabilisiert und präzisiert, wodurch das neuronale Muster zum *Attraktor* wird.

Am deutlichsten wird diese Hypothese durch die sogenannte "Prägung" bestätigt. (Wie z.B. bei den Graugänsen von Konrad Lorenz). Hier gibt es weder "große Datensätze" noch "zahlreiche Wiederholungen" – der Vorgang ereignet sich fast augenblicklich.

Außerdem tritt danach ein *sofortiges Wiedererkennen* auf, trotz der unvermeidlichen Variabilität des Sinneseindrucks, der erkannt werden soll. Durch das Attraktor-Konzept wird diese – ansonsten kaum erklärbar – Leistung zur Selbstverständlichkeit: solange der sinnliche Input im Einzugsbereich des Attraktors liegt, gilt offenbar: *Wahrnehmen = Wiedererkennen*, weil der neuerlich aktivierte Attraktor ja bereits das Objekt darstellt, sodass weitere Berechnungen überflüssig sind.

Zur Hypothese, dass Objekte durch Attraktoren repräsentiert werden, ist außerdem Folgendes zu ergänzen:

Das Muster, das sich als Folge eines wahrgenommenen Objekts in der primären Sehrinde ausbildet, wird nicht als Ganzes direkt ins neuronale Netz übertragen. Vielmehr wird es in etliche Komponenten zerlegt – in diesem Sinn also *parametrisiert* – die erst am Ende des Verarbeitungsprozesses zu dem neuronalen Gesamtmuster zusammengefügt werden, das wir als Attraktor auffassen.

Diese Parametrisierung ist ein wichtiger Aspekt der Attraktor-Hypothese: Der Attraktor ist durch eine Untermenge des Phasenraums definiert. Der *Attraktor-Zustand* des Systems entspricht einer Trajektorie, die diese Untermenge für eine gewisse Zeitspanne nicht verlässt. Für seine Wiederherstellung ist aber schon eine (kleine) Teilmenge der entsprechenden Parameterwerte ausreichend, die überdies nicht einmal besonders genau sein müssen. Zur Wiedererkennung genügt also ein Bruchteil des ursprünglichen, vollständigen Sinneseindrucks. Dadurch wird das Erkennen von Objekten extrem erleichtert und zugleich die Fähigkeit zur Verallgemeinerung von Objekten und Sachverhalten gesteigert.

Hier ein Beispiel, das beide Aspekte der Attraktor-Hypothese demonstriert: Wiedererkennen nach nur einer Begegnung und Fähigkeit zur Verallgemeinerung:

Wenn ein Kind zum ersten Mal das Bild einer Giraffe sieht, dann erkennt es später nicht nur die Giraffe auf diesem Bild, sondern auch alle auf anderen Bildern dargestellten Giraffen. Es ist also im Besitz des Allgemeinen, unter dem alle Exemplare subsumiert sind.

2.4. The "Hard Problem": Wie ist Empfindung möglich?

(Die vollständige Version ist im zweiten Teil der Arbeit [Willensfreiheit](#) enthalten. Dort ist sie allerdings mit dem Beweis gegen KI-Empfindung verknüpft. Hier trenne ich die beiden Beweise.)

Im vorigen Abschnitt über Willensfreiheit haben wir bewiesen, dass die geistige Ebene die *kausale Ebene* des neuronalen Netzes ist.

Die Dynamik des neuronalen Netzes wird also nicht durch *Objekte der physikalischen Ebene* und deren Akzidenzien bestimmt: *Atome, Moleküle und physikalische Wechselwirkungen*, sondern

durch *Objekte der geistigen Ebene* und deren Akzidenzien: **geistige Zustände**, die etwas repräsentieren oder bedeuten, und **Informationsverarbeitung**.

Wir haben festgestellt:

Jeder geistige Zustand ist ein neuronales Aktivierungsmuster. Diese Muster sind Attraktoren der Dynamik des neuronalen Netzes. Jeder geistige Prozess ist eine Abfolge solcher Muster.

Diese Feststellungen betreffen die Frage, wie die Objekte und Prozesse des geistigen Bereichs in Bezug auf ihre *materiellen Voraussetzungen* verstanden werden können.

Jetzt aber ist es unsere Aufgabe, sie als das zu erfassen, was sie als *geistige Phänomene* sind.

Die Antwort ist:

Satz:

Jeder geistige Zustand ist eine Verbindung zweier ungleichartiger Elemente: Information und Empfindung.

Sein Gehalt an **Information** ist das, was er *repräsentiert* bzw. *bedeutet*.

Empfindung muss hier im weitest-möglichen Sinn verstanden werden: Es steht für alles, was an einem geistigen Zustand *über Information hinaus* geht, also für dasjenige, was **nicht definierbar** ist, sondern *nur gefühlt und erlebt* werden kann.

Zwei Beispiele: die Frequenz der Farbe "rot" kann definiert werden, die Empfindung **rot** aber nicht; die Stärke eines Drucks kann definiert werden, die Empfindung **Schmerz** aber nicht.

An dieser Stelle müssen wir uns wieder mit einer "spezifischen Blindheit" auseinandersetzen, die hier sogar in zwei Formen auftritt:

Von vielen Naturwissenschaftlern wird *Geist* mit *Informationsverarbeitung* **gleichgesetzt**.

Das ist die erste Form dieser Blindheit. Sie schließt eine naturwissenschaftliche Antwort auf die Frage aus, was Geist ist, und zwar aus folgendem Grund:

Alles, was **definiert** werden kann, ist durch Informationsverarbeitung **erreichbar**, alles, was **nicht definiert** werden kann, ist für Informationsverarbeitung **prinzipiell unerreichbar**: gleichgültig, welche Funktion man auf Information anwendet – das Ergebnis ist immer bloß Information und sonst nichts; die Information "rot" wird niemals zur Empfindung **rot**, die Information "Druck" wird niemals zur Empfindung **Schmerz**.

Und daraus folgt:

Satz:

Geist ist mehr als nur Informationsverarbeitung.

Die zweite Form der Blindheit betrifft den Bereich außerhalb der Naturwissenschaft. Auch hier ist der Blick auf Empfindung vollkommen verstellt, wenn auch auf ganz andere Weise: auf die Fragen, wie Empfindung **erklärt** werden kann und **ob** bzw. **wie** ihr Auftreten **möglich** ist, gibt es keine begründbaren Antworten, sondern nur seltsam anmutende Konstrukte, die ihre Existenz dem Scheitern aller Erklärungsversuche verdanken.

Ich werde aber die verschiedenen Positionen – Qualia-Eliminativismus, Panpsychismus, Bewusstsein als eigene oder sogar fundamentale Form der Existenz usw. – nicht diskutieren, sondern gleich zu den Schlussfolgerungen übergehen, die sich aus dem bisher Gesagten ergeben.

Im Abschnitt [2.2. Das fehlende Element](#) haben wir festgestellt (auf Seite 10):

Jedes existierende Objekt besteht aus einem **undefinierbaren** und einem **definierbaren** Teil, die miteinander **untrennbar verbunden** sind: aus **Substanz** und **Akzidenzien**.

Bei den Objekten, die nun Gegenstand unserer Analyse sind, handelt es sich nicht mehr um Objekte der physikalischen, sondern um Objekte der geistigen Schicht der Wirklichkeit.

Wir müssen somit die obige Aussage auf *diese* Objekte anwenden, mit anderen Worten: wir müssen geistige Zustände als *untrennbare Einheiten von Substanz und Akzidenzien* auffassen.

Was ist die Substanz eines geistigen Zustands, was ist sein Akzidens?

Unser Ausgangspunkt ist der Satz:

Jeder geistige Zustand ist eine Verbindung zweier ungleichartiger Elemente: Information und Empfindung.⁶

Information ist offenbar dasjenige, was sich unserem Denken erschließt – das, was *definiert* werden kann.

Also ist Informationsverarbeitung das Akzidens des geistigen Zustands.

Hingegen ist **Empfindung** dasjenige, was *nicht definiert* werden kann, was sich also unserem Denken entzieht.

Also ist Empfindung die Substanz des geistigen Zustands.

Und das bedeutet:

Empfindung ist der Antrieb der Dynamik des Geistes.

Damit sind nun alle Vorbereitungen getroffen, um das Auftreten von Empfindung zu erklären. Bevor wir damit beginnen, müssen wir aber bestimmen, *was* eigentlich erklärt werden soll.

Was verstehen wir unter "Erklärung"?

Ein Beispiel: Wenn ich erkläre, was ein Auto ist, dann beschreibe ich seinen technischen Aufbau und begründe damit seine Funktion. Das Ziel der Erklärung ist also die *Definition* des zu Erklärenden – das Gelingen der Erklärung setzt die Möglichkeit der Definition voraus.

Somit gilt: **Da Empfindung nicht definierbar ist, kann sie nicht erklärt werden.**⁷

Was wir jedoch erklären können ist, warum es Empfindung gibt und warum sie "anders" ist.

Den *ersten* Teil dieser Erklärung haben wir bereits geleistet, indem wir Empfindung als *Substanz der geistigen Zustände* bestimmt haben, die wir als *untrennbare Einheiten* von Empfindung und Information auffassen.

Daraus folgt, dass Empfindung nicht nur ein *mögliches*, sondern sogar ein *notwendiges* Element des Geistes ist.

Was aber noch fehlt, ist der zweite, *wichtigere* Teil der Erklärung: *Warum ist Empfindung "anders"?*

2.5. Warum Empfindung einzigartig ist

Warum ist Empfindung so fundamental anders als alles, was wir sonst in der Wirklichkeit vorfinden?

Üblicherweise wird gefragt:

"Wieso gibt es im Geist etwas Undefinierbares, wie 'Farbe' oder 'Schmerz', und sonst nirgends?"

⁶ Hier und im Folgenden bezeichnet "Empfindung" immer, wie weiter [oben](#) festgestellt, "das, was *nicht definierbar* ist, was also *über Information hinaus* geht.

⁷ Auch hier gibt es eine weit verbreitete Blindheit: viele Wissenschaftler sind überzeugt, dass das in ihrem Fachgebiet rasch anwachsende Wissen eines Tages für die *Erklärung* von Empfindung ausreichen wird.

Unsere Frage lautet dagegen:

"Wieso ändert das Undefinierbare, das es überall in der Wirklichkeit gibt, seinen Charakter, wenn es im Geist auftritt?"

Wir fragen also nicht nach dem Grund der *Existenz* dieses Undefinierbaren, was überflüssig wäre, weil es – wie wir gezeigt haben – in *allem Seienden* zu finden und somit selbstverständlich ist, sondern nach dem Grund seiner *Veränderung*.

In der ersten Version kann die Frage nicht beantwortet werden. In dieser (falschen) Form führt sie zu seltsamen Hypothesen, wie Qualia-Eliminativismus, oder Panpsychismus.

In der zweiten Version lässt sich die Frage aber beantworten, wie wir nun zeigen werden.

Voraussetzung unserer Argumentation ist der folgende

Satz:

Solange sich Akzidenzien höherer Komplexität als Funktionen von Akzidenzien geringerer Komplexität beschreiben lassen, bleibt die zugehörige Substanz gleich. Wenn dieser funktionelle Zusammenhang unterbrochen wird, dann ändert sich die Substanz. Für uns erscheint sie dann als neue, zweite Substanz.

Bevor wir uns dem Beweis dieses Satzes widmen, müssen wir klären, inwieweit sich die Akzidenzien in komplexeren Ebenen der Realität als Funktionen von Akzidenzien in einfacheren Schichten beschreiben lassen – in diesem Sinn also darauf *zurückführbar* sind.

Z.B. können die Vorgänge in Neuronen als Funktionen ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften beschrieben werden. (Was allerdings nicht bedeutet, dass sie *berechnet* werden können.)

Dasselbe gilt grundsätzlich für alle evolutionären Übergänge: vom physikalischen zum chemischen Bereich, dann zum biochemischen, zellularen, neuronalen, bis hin zum Bereich einfacher neuronaler Netze, die keinen Geist hervorbringen: die in diesen Netzen stattfindenden Prozesse lassen sich als Funktionen ihrer Architektur und äußerer Bedingungen beschreiben.

Erst beim letzten dieser Übergänge – dem Übergang zu neuronalen Netzen, die Geist hervorbringen – endet die Kette der Rückführbarkeit:

Wie wir bei der Begründung der Willensfreiheit festgestellt haben, gilt dann Folgendes:

Die Reihenfolge der neuronalen Aktivierungsmuster wird zunächst durch die Reihenfolge bestimmt, in der die Objekte bzw. Sachverhalte auftreten, die die Muster verursachen. Sobald das neuronale Netz aber dazu in der Lage ist, diese Muster selbst herzustellen, hängen die Übergangsregeln der Muster – das, was wir als *geistiges Gesetz* bezeichnet haben – in zunehmendem Maß von ihrer Verwendung in inneren Prozessen ab.

Das bedeutet, dass sich die Dynamik des neuronalen Netzes – also der Geist – in zunehmendem Maß von den Kausalketten der Umgebung abkoppelt und stattdessen eine eigene, *innere* Gesetzmäßigkeit entwickelt, deren Kausalität *geistiger Art* ist. Und daraus folgt, dass sich der Informationsgehalt – also das Akzidens der geistigen Zustände – nicht mehr als Funktion der Akzidenzien der darunter liegenden Schichten der Wirklichkeit darstellen lässt.

Nun zum Beweis des obigen Satzes:

Die Gesamtheit physikalischer Akzidenzien bezeichnen wir als *erstes Akzidens*, ihre zugehörige Substanz als *erste Substanz*, die Gesamtheit geistiger Akzidenzien als *zweites Akzidens*, ihre zugehörige Substanz als *zweite Substanz*.⁸

⁸ Das soll aber nicht heißen, dass es nun *zwei verschiedene* Substanzen gibt – vielmehr ist die zweite Substanz als *aus der ersten Substanz hervorgehend* gedacht, und unsere Frage lautet demnach: Warum verwandelt sich die erste Substanz bei der Entstehung von Geist in die zweite Substanz Empfindung?

Soeben haben wir festgestellt, dass sich die Akzidenzien aller evolutionären Ebenen auf Akzidenzien der jeweils darunter liegenden Ebenen zurückführen lassen, mit Ausnahme der Akzidenzien der obersten, also der geistigen Ebene.

Es gilt Folgendes:

Substanz und Akzidens bilden stets eine **untrennbare Einheit**.

Das *erste Akzidens* ist *untrennbar* mit der *ersten Substanz* verbunden.

Wenn komplexe Akzidenzien schrittweise auf jeweils einfachere Akzidenzien reduzierbar sind, dann heißt das, dass sie zuletzt auch auf das erste und einfachste Akzidens zurückgeführt werden können.

Für uns ist *Reduzierbarkeit* jedoch gleichbedeutend mit *ontologischer Identität*: Wenn B auf A reduzierbar ist, dann **ist** B eigentlich A. Wenn also ein komplexes Akzidens auf das erste Akzidens reduzierbar ist, dann **ist** es eigentlich das *erste Akzidens*, und dann ist es untrennbar mit der *ersten Substanz* verbunden.

Solange die Akzidenzien reduzierbar sind, bleibt also die zugehörige Substanz gleich – sie ist dann immer noch *erste Substanz*.

Falls aber die Kette der Reduzierbarkeit auf das erste Akzidens durch das Auftreten eines neuen, *nicht reduzierbaren* Akzidens unterbrochen wird, dann **unterscheidet** sich dieses neue Akzidens vom ersten Akzidens und von allen anderen, daraus ableitbaren Akzidenzien.

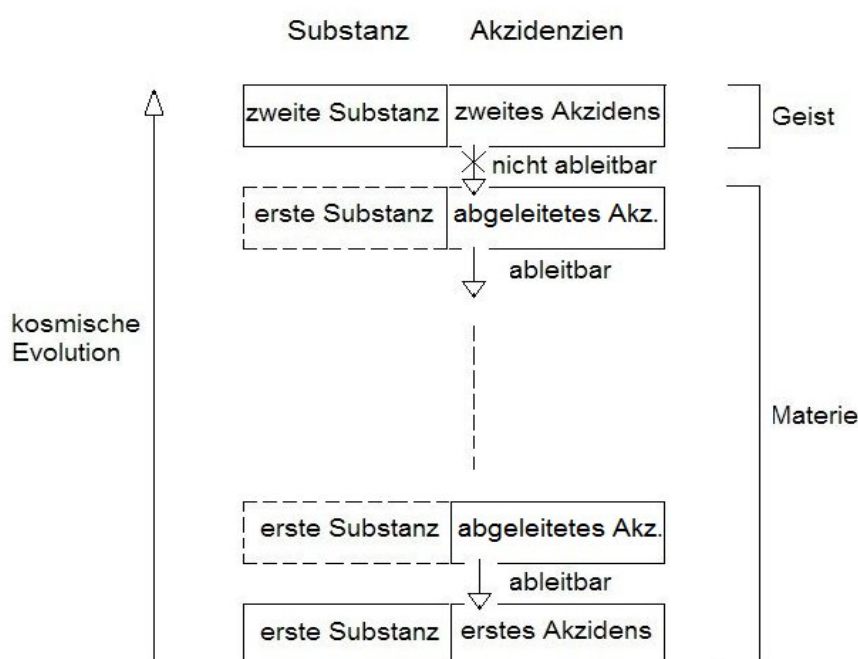
Aufgrund der **Untrennbarkeit** von *erster Substanz* und *erstem Akzidens* gilt jedoch:

Wenn die Substanz eines Objekts die *erste Substanz* ist, dann muss das zugehörige Akzidens das *erste Akzidens* sein.

Und daraus ergibt sich:

Falls ein Akzidens erscheint, das vom ersten Akzidens verschieden ist, dann muss auch die zugehörige Substanz von der ersten Substanz verschieden sein.

Hier eine Skizze zur Veranschaulichung:



Damit haben wir bewiesen, dass Empfindung, die Substanz des Geistes, nicht physikalisch ist, dass sie also anders sein muss, und die Art des Beweises lässt darauf schließen, dass Empfindung das Einzige ist, was im Universum nicht physikalisch ist.

Somit ist nun alles erklärt, was erklärbar ist: Als Substanz des Geistes ist Empfindung **notwendig**, und aufgrund der Tatsache, dass die Änderung der Substanz erst beim **letzten** evolutionären Schritt erfolgt: bei der Entstehung von Geist, ist Empfindung **anders als alles andere**: sie ist **einzigartig**.

Was sie ist, ist jedoch **nicht erklärbar**. Substanz ist der **undefinierbare** Teil alles Existierenden, und was nicht definierbar ist, ist auch nicht erklärbar. Wir **wissen** zwar, was Empfindung ist, weil sie ja ein Teil von uns selbst ist, aber dieses Wissen ist kein **begriffliches, definierbares, mitteilbares Wissen**, sondern **Kenntnis des unmittelbar Gegebenen**.

2.6. Warum KI-Systeme nichts empfinden können

Wird Geist mit Informationsverarbeitung gleichgesetzt, was im Bereich der KI-Forschung durchgehend der Fall ist (Blindheit), dann folgt daraus, dass uns von der Schaffung eines KI-Systems **mit Bewusstsein**, das uns außerdem geistig in jeder Hinsicht überlegen ist, keine **prinzipiellen**, sondern bloß **technische** Schwierigkeiten trennen, die wir aber, wie es scheint, schon in naher Zukunft überwinden werden.

Das ist jedoch falsch, denn die soeben durchgeführte Begründung des Auftretens von **Empfindung** lässt sich auf erstaunlich einfache Weise zu einem Beweis erweitern, dass KI-Systeme **nicht empfindungsfähig** sind. **Bewusstsein** ist aber nicht **nur Information**, sondern **Information und Empfindung**, und somit ist auch KI-Bewusstsein ausgeschlossen.

Der Beweis beginnt mit der folgenden

Definition:

Als Wesen eines Objekts bezeichnen wir das, was es aufgrund der untrennbaren Einheit seiner Substanz und Akzidenzien ist. Die Aktivität, die sich aus dieser Einheit ergibt, nennen wir wesensgemäß.

(Die **wesensgemäße Aktivität** der Erde ist es also, Gravitation auszuüben.)

Der Zweck dieser Definition wird sofort klar, wenn wir uns nun **Simulationen** zuwenden.

Betrachten wir beispielsweise eine mechanische Simulation des Sonnensystems, in der die Modellkörper durch mechanische Vorrichtungen – Ketten, Zahnräder, Wellen usw. – bewegt werden und dadurch die Bewegungen der Himmelskörper nachahmen. Die **wesensgemäße Aktivität** der Modellkörper wäre offenbar, **Gravitation** auszuüben. Aber es ist **nicht die Masse** (die **Substanz**) der Modellkörper, was die Dynamik der Simulation antreibt – was also den gewünschten Ablauf verursacht – sondern **die von uns konstruierte Mechanik**, die dann, elektrisch oder auch mechanisch (etwa durch Drehen einer Kurbel), **aktiviert** werden muss.

Um diesen Sachverhalt auszudrücken, bezeichnen wir diese Art der Aktivität als **zugeführte Aktivität**, im Gegensatz zur soeben definierten **wesensgemäßen Aktivität**, die **von selbst** geschieht.

Die Definition einer **Simulation** nimmt dadurch folgende Form an:

Die Dynamik der Simulation wird – im Gegensatz zum Original – nicht durch die wesensgemäße Aktivität verursacht, die der untrennbaren Einheit von Substanz und Akzidenzien der Objekte der Simulation entspringt, sondern durch zugeführte Aktivität.

Die Akzidenzien, aus denen die Dynamik der Simulation gebildet ist, werden also **nicht durch Substanz aktiviert**: die Substanz der Objekte der Simulation (ihre Masse) ist nicht die Substanz, die zu diesen Akzidenzien gehört und mit denen sie eine untrennbare Einheit bildet, sondern nur deren

materielle Basis, von der diese Akzidenzien jederzeit getrennt werden können. (Wie in der mechanischen Simulation des Sonnensystems sofort ersichtlich.)

Wie wir im vorigen Abschnitt gezeigt haben (siehe [Seite 19](#)), ist aber die **Untrennbarkeit von Substanz und Akzidenzien** eine **notwendige Bedingung** für die Änderung der Substanz:

Die Verwandlung des Wesens des Seienden erfolgt nur dann, wenn sich die Dynamik des betrachteten Systems aus der **untrennbaren Einheit** von Substanz und Akzidenzien ergibt. **Nur dann** folgt aus der Tatsache, dass die Akzidenzien nicht auf das erste Akzidens reduzierbar sind, auch die Verwandlung der zugehörigen Substanz.

Bei uns selbst ist diese Bedingung erfüllt: die Substanz verwandelt sich – wir haben Empfindungen.

Die Dynamik einer Simulation beruht jedoch auf **zugeführter** Aktivität. Die Akzidenzien werden also **nicht** durch Substanz aktiviert, und die zur Existenz der Systemobjekte gehörende Substanz bildet **keine** untrennbare Einheit mit diesen Akzidenzien.

Und das bedeutet: Hier fehlt der Grund dafür, dass sich diese Substanz verwandelt. Sie bleibt **erste Substanz**.

Mit anderen Worten: **Das Wesen der Simulation bleibt physikalisch**. Die Simulation bleibt ein informationsverarbeitendes System ohne Empfindung.

Die Verwandlung von Materie in Geist findet nicht statt.

Die soeben genannte Bedingung, dass die Dynamik des betrachteten Systems sich aus der **untrennbaren Einheit** von Substanz und Akzidenzien ergeben muss, gilt nicht nur für die letzte, d.h. für die geistige Ebene – sie muss auf **jeder** Ebene, die beim evolutionären Aufstieg von Materie zu Geist erreicht wird, eingehalten werden. Wenn auf irgendeiner dieser Ebenen die Dynamik des Systems nicht durch die **wesensgemäße Aktivität** der Objekte verursacht wird, sondern durch **zugeführte Aktivität**, dann zerreißt die Einheit von Substanz und Akzidenzien und die Verwandlung des Wesens des Seienden kann sich dann nicht mehr ereignen.

Was bedeutet das nun für unseren Beweis, dass KI-Systeme kein Bewusstsein haben können?

Für KI-Systeme, die durch *Software* auf konventionellen Computern realisiert sind, ist der Beweis ausnahmslos gültig: Der Einsatz von Software ist *immer* mit zugeführter Aktivität verbunden.

Was wäre aber mit einem *Nachbau* eines biologischen neuronalen Netzes, der die neuronalen Wechselwirkungen durch geeignete Hardware reproduziert und dessen Struktur der Struktur des gesamten Netzes entspricht, sodass angenommen werden könnte, dass die Zustandsfolge des *konstruierten* Systems weitgehend der Zustandsfolge des *biologischen* Systems gleichen würde? Könnte hier die Verwandlung in Empfindung stattfinden?

Die Antwort ist eindeutig **nein**. Die Bedingung für die Verwandlung ist nicht erfüllt: Die Dynamik des Nachbaus ist *nicht* durch *wesensgemäße*, sondern durch *zugeführte* Aktivität verursacht.

Das Problem besteht darin, dass von der üblichen naturwissenschaftlichen Sicht der Wirklichkeit her diese Tatsache überhaupt nicht verstanden werden kann.

In dieser Sichtweise wird die Wirklichkeit ja mit einer – beschreibbaren und definierbaren – Zustandsfolge **gleichgesetzt**, und es muss demnach erwartet werden, dass die zunehmende Annäherung zweier Zustandsfolgen schließlich zur *Identität der Systeme selbst* führt.

In der erweiterten materialistischen Sicht, die wir hier präsentiert haben, wird der Begriff der Existenz jedoch um ein Element erweitert, das aus dem Bereich des Definierbaren hinausführt.

Das bedeutet, dass alle unsere Beschreibungen und Vorstellungen von den Vorgängen in der Natur notwendig *unvollständig* sind. Sozusagen "hinter den Kulissen" des uns zugänglichen Teils der Bühne geschieht etwas, was sich uns entweder vollständig verschließt oder lediglich durch

Rückschluss vom uns zugänglichen Teil der Wirklichkeit – den Akzidenzien – erkennbar und verstehbar wird. Die Wirklichkeit ist hier also *mehr* als eine Zustandsfolge.

Im Rahmen unserer Überlegungen bedeutet das: *Aus der angenäherten Identität der Zustandsfolgen des natürlichen und des künstlichen Systems kann nicht auf deren annähernd bestehende Wesensgleichheit geschlossen werden.*

Konkret: Die Substanz der zwei Systeme kann trotz der weitgehenden Identität ihrer Zustände durchaus verschieden sein:

Im *biologischen System* ist sie die mit den Akzidenzien des Systems *untrennbar verbundene* Substanz und verwandelt sich deshalb in die *geistige Substanz Empfindung*.

Das *konstruierte System* wird jedoch mit *zugeführter Aktivität* angetrieben, und daher steht die Substanz hier mit den Akzidenzien des Systems in einer nur konstruierten und keineswegs untrennbaren Verbindung, sodass sie *physikalische Substanz* bleibt und sich *nicht in Empfindung umwandelt*.

Das Resultat unserer Schlussfolgerungen ist folgender

Satz:

Es ist nicht möglich, ein KI-System zu konstruieren, das Empfindungen erlebt und Bewusstsein hat. Weder in einer Simulation noch im Nachbau eines Systems, das Geist hervorbringt, kann die Umwandlung von Materie in Geist stattfinden.

Es gibt keinen Geist in der Maschine.

Es kann also nur *künstliche Intelligenz* konstruiert werden und nicht *künstlicher Geist*.

Bedeutet das, dass es überhaupt unmöglich ist, künstlichen Geist zu erschaffen?

Nein. Unsere Argumentation schließt nur aus, dass Geist *konstruiert* werden kann. Die Definition des Begriffs *Nachbau* lässt sich aber dahingehend erweitern, dass sie eine *künstliche Evolution* einschließt, d.h. eine Evolution, die von uns geplant und gesteuert ist. In diesem Fall wäre – ebenso wie bei der natürlichen Evolution – die Bedingung erfüllt, dass die jeweilige System-Aktivität immer *wesensgemäß* ist. Wenn wir an keiner Stelle dieses künstlichen Evolutionsprozesses durch Konstruktionen eingreifen und Aktivität zuführen, sondern uns darauf beschränken, die Entwicklung zu steuern und zu beschleunigen, dann *könnte* am Ende dieser Evolution ein System stehen, das Geist hervorbringt.

Niemand kann allerdings wissen, ob eine solche künstliche Evolution möglich ist, oder ob der Weg, den die Natur gewählt hat, der einzig gangbare ist.

In jedem Fall ist aber klar, dass die Schaffung künstlichen Geistes einer sehr fernen, vielleicht niemals erreichbaren Zukunft vorbehalten bleibt, wenn sie nicht sogar unmöglich ist.

2.7. Über Empfindung und Künstliche Intelligenz

Ich habe den Begriff "Empfindung" abweichend von seinem üblichen Gebrauch bestimmt. Ich will nun ein wenig ausführlicher erläutern, warum das erforderlich war und was es bedeutet.

Jeder geistige Zustand enthält etwas, was *nicht definierbar* ist, was also *über Information hinaus* geht. Da es aber keinen Begriff gibt, dem alle dafür in Frage kommenden Elemente geistiger Zustände zugeordnet werden können, habe ich stattdessen die Bezeichnung gewählt, die diesem fehlenden Begriff am nächsten kommt: **Empfindung**.

Der Begriff "Empfindung" wird hier also gegenüber seinem üblichen Gebrauch einerseits eingeschränkt (weil er ja *keine Information*, d.h. keinen *definierbaren* Teil enthalten soll), andererseits aber auch wesentlich erweitert.

Zur Illustration dienten zwei Beispiele: *Farbe* und *Schmerz*. Farbe, weil die undefinierbarkeit der Farbempfindung ein bekanntes Faktum ist, und Schmerz, weil vollkommen einsichtig ist, dass das Ereignis "Hammerschlag auf Finger" einen geistigen Zustand auslöst, der nicht nur die Information "Hammerkopf hat Kontakt mit Finger" enthält, sondern auch *etwas darüber hinaus Gehendes*: die Empfindung *Schmerz*, die so stark sein kann, dass es unmöglich ist, ihr Auftreten zu bestreiten.

Die auf diese Weise verstandene *Empfindung* lässt sich in drei Bereiche unterteilen:

A) Der erste Bereich ist der Bereich der *Wahrnehmung*:

Empfindung umfasst das ganze "innere Theater": den virtuellen Raum, die Bühne, auf der wir agieren, die uns immer als Ganzes – als "Bild" – präsent ist und auf der wir sehen, hören, fühlen, riechen und schmecken.

Während es bei der Empfindung *Farbe* kaum zu bezweifeln ist, dass sie nicht definiert werden kann, mag es zunächst so scheinen, als würden wir in den Bereich des Definierbaren zurückkehren, falls unser Wahrnehmungsbild *farblos* ist: *Grauwerte* sind doch definierbar? – Ja, das sind sie, aber die damit verbundene *Empfindung* ist es nicht: definierbar ist bloß die Intensität des Lichts, und ebenso der neuronale Erregungszustand, der daraus folgt. Doch beim Übergang zur *Wahrnehmung* verlassen wir den Bereich der Information: die *Helligkeit*, die wir *wahrnehmen*, ist ebenso eine Empfindung wie *Farbe*.

Und dasselbe gilt auch für alle anderen Sinne: die Frequenz eines Tons ist definierbar, aber die *Ton-Empfindung* ist es nicht, usw.

Das bedeutet:

Wenn Empfindung fehlt, dann gibt es kein "inneres Theater", das ja aus Empfindungen aufgebaut ist.

Um es in aller Deutlichkeit auszusprechen:

KI-Systeme sehen nicht, hören nicht, fühlen nicht, riechen nicht, schmecken nicht.⁹

Leider ist unser Sprachgebrauch für die Unterscheidung zwischen Systemzuständen *mit* Empfindung und solchen *ohne* Empfindung nicht geeignet. Für uns bedeutet "sehen" oder "hören" einfach das, was es für uns *ist*, und das ist in jedem Fall Information *und* Empfindung. Deshalb sind Aussagen über Wahrnehmungen *genau genommen* nur dann korrekt, wenn sie sich auf Menschen oder höhere Tiere beziehen, ansonsten sind sie falsch: Roboter *sehen* nicht, Bienen *sehen* nicht – sie verarbeiten nur Frequenz-, Intensitäts- und Richtungsinformationen. Pixel, durch die nur die *Information* über Helligkeit und Farbe übermittelt wird, können jedoch *nicht* zu einem Bild zusammengefügt werden, im Gegensatz zu *denselben* Pixeln, wenn deren Inhalt als Helligkeit und Farbe *wahrgenommen* wird: es ist unmittelbar klar, dass sie sich dann zu einem Bild addieren lassen.

B) Der zweite Bereich ist der Bereich der *Gefühle und Stimmungen*. Dazu muss nichts weiter erklärt werden.

KI-Systeme erleben nichts und fühlen nichts. Sie empfinden weder Glück noch Unglück, weder Liebe noch Hass. Sie sind weder heiter noch betrübt, weder gut aufgelegt noch gereizt.

⁹ Das gilt auch für einfache Tiere, wie etwa Insekten, und zwar aus folgendem Grund: Wir haben gezeigt, dass die Entstehung von Empfindung *nur dann* stattfinden kann, wenn das neuronale Netz eine eigene, *innere* Gesetzmäßigkeit entwickelt. Eine notwendige (und hinreichende) Bedingung dafür ist aber, dass das Netz *funktionell ungebundene* Strukturen enthält, d.h. Strukturen, deren Funktion nicht genetisch oder durch frühe Programmierung festgelegt ist. Nur unter dieser Voraussetzung kann (und wird) sich das *Netzwerk aus neuronalen Zuständen* (Attraktoren) ausbilden, das wir als *Geist* auffassen.

Der *Besitz von Augen* ist für uns gleichbedeutend mit der Fähigkeit *zu sehen*. Das ist jedoch falsch. Für ein Tier, das eine lichtempfindliche Zelle besitzt, ist die Welt keineswegs *hell* – das Tier verfügt lediglich über die *Information*, aus welcher Richtung das Licht kommt.

Diese Liste lässt sich nach Belieben fortsetzen, da ja *jeder* geistige Zustand ein *Quale* ist, d.h. nicht nur aus *Information*, sondern auch aus *Empfindung* besteht.¹⁰

C) Wir haben *Empfindung* als *Substanz* des geistigen Zustands bestimmt. Daraus folgt, dass sie als *Ursache* der geistigen Dynamik aufgefasst werden muss.

Demnach muss alles, was *unser* Denken und Handeln antreibt, einen *Empfindungsanteil* besitzen. Es gibt kein Handeln oder Denken ohne ein Motiv. Selbst rein logisches Schlussfolgern kann nur stattfinden, wenn wir die korrekte Lösung finden *wollen*.

Umgekehrt folgt aus dem *Fehlen* von Empfindung:

KI-Systeme können nichts wollen oder nicht-wollen. Sie kennen weder Motiv noch Interesse, weder Neugier noch Ablehnung.

In diesem Bereich ist der Mangel an Differenziertheit des Sprachgebrauchs besonders problematisch. Programmierer sprechen von "Zielen" oder "Absichten" eines KI-Systems, von dem, was es "anstrebt". Es handelt sich dabei aber in allen Fällen nur um die Steigerung eines Parameterwertes und nicht um *Ziele* oder *Absichten*, wie wir sie als Elemente menschlichen Handelns verstehen, die immer mit Emotionen verknüpft sind.

Ich fasse zusammen:

1. ***KI-Systeme können nichts wahrnehmen.***
Ihnen fehlt das "*innere Theater*", das "*Bild*" der Umgebung: Sie *sehen* nicht. Ebenso gilt: sie hören nicht, fühlen nicht, riechen nicht, schmecken nicht. Für sie gibt es *nur Information*.
2. ***KI-Systeme können nichts erleben.***
Sie haben keine Gefühle.
3. ***KI-Systeme können nichts wollen.***
Ihnen fehlt Intentionalität und Motivation.

Gleichgültig, wie die Zukunft der KI auch immer aussehen mag, KI-Systeme werden aufgrund der oben genannten Einschränkungen *niemals* eine neue, überlegene Spezies sein. Die Dystopien, in denen wir ihnen ausgeliefert sind, gehören in den Bereich der Fantasy.

(Im dritten Teil der Arbeit [Willensfreiheit](#) untersuche ich, inwiefern ihre Empfindungslosigkeit die Leistungen gegenwärtiger und zukünftiger KI begrenzt.)

Bemerkung über Bewusstsein:

Wie schon zuvor festgestellt, gilt Folgendes:

Alles, was ***definiert*** werden kann, ist durch Informationsverarbeitung ***erreichbar***, alles, was ***nicht definiert*** werden kann, ist für Informationsverarbeitung ***prinzipiell unerreichbar***: gleichgültig, welche Funktion man auf Information anwendet – das Ergebnis ist immer bloß Information und sonst nichts; die Information "rot" wird niemals zur Empfindung *rot*, die Information "Druck" wird niemals zur Empfindung *Schmerz*.

Deshalb bilden "**Information**" und "**Empfindung**" (in der [oben](#) festgelegten Bedeutung) **das einzige Begriffspaar**, das es ermöglicht, zwischen künstlicher Intelligenz und menschlichem Geist eine klare und eindeutige Grenze zu ziehen und dafür eine Begründung zu liefern.

Daraus folgt, dass der häufig im Mittelpunkt der Diskussion stehende Begriff "**Bewusstsein**" nur dann für diese Grenzziehung geeignet ist, wenn die geistigen Phänomene, die ihm (in seiner

¹⁰ Natürlich gibt es auch Aktivitäten *ohne* Empfindung, wie Reflexhandlungen oder automatisch ausgeführte Abfolgen von Bewegungen. Das sind dann aber keine *geistigen*, sondern *neuronalen* Aktivitäten.

jeweiligen Definition) zugeschrieben werden, gemäß ihrer Zugehörigkeit zu *Information* oder *Empfindung* analysiert und eingeteilt werden: der zur *Informationsverarbeitung* gehörende Teil des Bewusstseins (z.B. jede Art von Selbst-Repräsentation) ist *reproduzierbar* – gleichgültig, welche technischen Schwierigkeiten seiner Simulation auch im Weg stehen, während der zur *Empfindung* gehörende Teil (Wollen, Wünsen, Leiden, Mitfühlen usw.) für KI *unzugänglich* bleibt.

Es wäre also eine unnötige und überdies auf Abwege führende Komplikation, den Unterschied zwischen KI und Geist auf den Begriff "Bewusstsein" zu gründen.

3. Die Einheit der Wirklichkeit

3.1. Geist und Materie

Im vorigen Kapitel haben wir die naturwissenschaftliche Sicht der Wirklichkeit erweitert, indem wir auf ein Element der Wirklichkeit hingewiesen haben, das zwar allgemein zugänglich und eigentlich selbstverständlich ist, aber bisher nicht beachtet wurde, sodass seine Bedeutung für wesentliche Fragen der Philosophie und Naturwissenschaft unerkannt blieb.

Ausgangspunkt war der *Unterschied zwischen Wirklichkeit und Beschreibung*:

Die Wirklichkeit ist **aktiv**, die Beschreibung ist **nicht aktiv**. Aktivität muss *von etwas* ausgehen. Daher muss zur Existenz wirklicher Objekte ein Element gehören, das Objekten in einem Beschreibungssystem *fehlt*. Dieses Element haben wir **Substanz** genannt.

Diese Erweiterung hat es uns ermöglicht, die Kausalität vom physikalischen in den geistigen Bereich zu heben, die Existenz der Willensfreiheit zu beweisen, das Auftreten von Empfindung – und damit zugleich von Bewusstsein – zu begründen und außerdem zu erklären, warum Empfindung ein wesentlich *anderes*, ja sogar *einzigartiges* Element der Wirklichkeit ist.¹¹

Dadurch, dass nun nicht mehr die Physik, sondern der Geist die Dynamik des neuronalen Netzes bestimmt, gehört Geist – in diesem Sinn – nicht mehr der *physikalischen Wirklichkeit* an: geistige Prozesse können nicht mehr als Veränderungen der Beziehungen *physikalischer* Objekte betrachtet werden, die *physikalischen Gesetzen* gehorchen, sondern müssen als Veränderungen der Beziehungen *geistiger* Objekte (Qualia) aufgefasst werden, die *geistigen Gesetzen* folgen.

Empfindung – gemäß unserer Definition "das, was über Information *hinaus* geht" – hat hier als Substanz des Geistes denselben Status wie *Masse* in Systemen, die durch Gravitation bestimmt sind, oder wie *elektrische Ladung* in elektromagnetischen Systemen: So, wie Masse und Ladung *physikalische Objekte* antreiben und führen, so treibt die auf diese Weise definierte Empfindung die *geistigen Zustände* an und führt sie, indem sie sie *aktiviert, organisiert, und aufeinander bezieht*.

Durch diese Erweiterung des naturwissenschaftlichen Weltbildes wird **Empfindung** in dieses Weltbild **integriert**. Geist und Materie gehören zu ein- und derselben Wirklichkeit.

Damit ist der erste Teil des alten **Substanz-Problems** gelöst, der bisher unbeantworteten Frage:

Wie viele Substanzen – voneinander *unabhängige* Arten von Existenz – **gibt es?**

Existiert nur Materie? Oder nur Geist? Oder beide? Oder gibt es eine dritte Substanz, in der das Allgemeine existiert – die Universalien und Gesetze, die Mathematik?

Durch unsere bisherigen Argumente und Beweise haben wir *Geist und Materie* zusammengeführt.

Für die Integration des *Allgemeinen* ist jedoch eine tiefer gehende Analyse der Entstehung der Wirklichkeit erforderlich, die wir nun in den beiden folgenden Abschnitten ausführen werden.

¹¹ Es ist bemerkenswert, dass es dafür nicht erforderlich war, *die Physik selbst* zu "erweitern" – es war ausreichend, einen Sachverhalt hervorzuheben, der in der Physik seit ihren Anfängen präsent ist.

3.2. Woher stammt das Allgemeine?

Die Existenz des Allgemeinen ist für die Naturwissenschaft notwendig: gäbe es das Allgemeine nicht, dann gäbe es keine Naturgesetze und keine Physik – und, wie wir später zeigen werden, auch keine Wirklichkeit.

Deshalb ist es außerordentlich irritierend, dass bis heute – nach Jahrtausenden Philosophie und Jahrhunderten Physik – noch nicht einmal der Ansatz einer Idee erkennbar ist, wo die Herkunft des Allgemeinen liegen könnte. Im Bereich unserer Erfahrung – also dort, wo die Physik entstanden ist – begegnen wir nur *Einzelfällen*, das Allgemeine ist hier *unauffindbar*.

David Hume hat 1740 festgestellt, "... dass in keinem Gegenstand, für sich betrachtet, etwas liegt, was uns veranlassen könnte, einen Schluss zu ziehen, der über den Gegenstand hinausgeht; und dass wir auch dann, wenn wir die häufige oder beständige Verbindung gewisser Gegenstände beobachtet haben, keinen Grund haben, einen Schluss zu ziehen, der andere Gegenstände beträfe, als eben jene, die uns in den Erfahrungen gegeben waren." – und diese Aussage ist nach wie vor gültig.

Wenn das Allgemeine nicht dem Bereich der Erfahrung entstammt, dann muss es in einem *tiefer liegenden* Bereich gesucht werden – einem Bereich, der dem Erfahrbaren logisch und ontologisch *vorausgesetzt* ist.

Bei der Bestimmung dieses Bereichs knüpfen wir an die beiden Argumentationen an, die im ersten Kapitel: [Zwei vorbereitende Argumentationen](#) vorgestellt worden sind.

[Die erste Argumentation](#) über die spezielle Relativität führt zu der Einsicht, dass es an der *Basis der Wirklichkeit* nur Lichtgeschwindigkeit gibt. Daraus folgt, dass hier keine "Masse" im üblichen Sinn existiert, und dass es daher an der *Basis der Physik* nur zwei fundamentale Einheiten geben kann: Meter und Sekunde. Die Einheit Kilogramm kann erst später eingeführt werden. (Mehr dazu folgt im [physikalischen Teil](#) dieser Arbeit.)

Diese Argumentation ist für die folgende Ableitung insofern von Bedeutung, als sie deren Schlussfolgerungen stützt und bestätigt.

[Die zweite Argumentation](#) ist jedoch schon für ihren Beginn wichtig, *da sie die Existenz eines "Urknalls" ausschließt*.

Es gibt somit kein räumlich und zeitlich (im Nichts!) lokalisiertes Anfangsereignis.

Wenn die Annahme vermieden werden soll, dass das Universum einfach "da" ist, dann bleibt also nur die Annahme eines ***überall und jederzeit stattfindenden Entstehens*** der Wirklichkeit.

Damit werden wir uns nun befassen.

Wir beginnen mit folgender Überlegung:

Wenn man Existenz nicht *voraussetzen*, sondern *begründen* will, dann kann man nicht mit etwas beginnen, was selbst schon existiert.

Dasjenige, was die Wirklichkeit hervorbringt, muss daher – im ontologischen Sinn – ***vor aller Existenz*** liegen. Es ist also ***kein Objekt***.

Daraus folgt, dass wir es als das, was es "ist", weder definieren noch denken können, da unser Denken das Netz der Beziehungen zwischen Objekten nicht verlassen kann.

Somit gilt für den Ursprung der Wirklichkeit:

Er ist weder ***definierbar*** noch ***denkbar***.

Da er die Wirklichkeit hervorbringt, müssen wir ihm ***Aktivität*** zuschreiben.

Und das bedeutet:

Das Element, mit dem wir die physikalische Sicht der Wirklichkeit erweitert haben, die **Substanz, der undefinierbare, undenkbare Teil von Existenz, von dem die Aktivität alles Existierenden ausgeht**, begegnet uns jetzt auf dem Grund der Dinge.

Satz:

Substanz ist der Ursprung der Wirklichkeit.

3.3. Die Ableitung der fundamentalen Gleichung

Auch wenn wir die Substanz als das, was sie "ist", nicht denken können, ist es – wie sich gezeigt hat – dennoch möglich, *über sie* etwas auszusagen. Für die Beschreibung des Entstehens der Wirklichkeit werden die folgenden drei Aussagen benötigt:

- (1) *Substanz* bringt die Wirklichkeit hervor, und von ihr geht die *Aktivität* der Dinge aus. Daher müssen wir auch ihr selbst *Aktivität* zuschreiben. **Substanz ist Aktivität.**
- (2) Unterscheidung setzt Vergleich voraus. Vor aller Existenz gibt es daher keine Unterscheidung. Somit muss die Substanz *in sich unterschiedslos* sein.
- (3) Dass die Substanz *aktiv* ist, bedeutet, dass sie ihre Unterschiedslosigkeit aufhebt: Substanz ist *Das-Sich-Verändernde*. Indem die Substanz sich verändert, erzeugt sie Unterschiede und steigt damit zur Existenz auf.

Nach (1) ist die Substanz der *Ursprung der Wirklichkeit*. Wie gelangen wir unter dieser Voraussetzung zu einer *Beschreibung der Wirklichkeit*?

Indem wir vom *Ursprung der Wirklichkeit* zum *Ursprung der Beschreibung der Wirklichkeit* wechseln – oder, um es philosophisch auszudrücken: indem wir von dem, was die Substanz *an sich* ist, zu dem übergehen, was sie *für uns* ist.

Unsere Aufgabe ist es also, dasjenige zu bestimmen, was *für die Beschreibung der Wirklichkeit* denselben Status hat wie die Substanz *für die Wirklichkeit selbst*.

Was ist die Substanz? Die logische und ontologische Voraussetzung der Wirklichkeit.

Was sind die logischen und ontologischen Voraussetzungen der Beschreibung der Wirklichkeit?

Raum und Zeit.

Das bedeutet: Raum und Zeit leisten für die Beschreibung der Wirklichkeit dasselbe wie die Substanz für die Wirklichkeit selbst. **Für uns ist die Substanz Raum und Zeit.**

Nach (3) bringt die Substanz die Wirklichkeit hervor, indem sie sich ändert. Daher beginnen wir den Aufbau unserer Beschreibung der Wirklichkeit mit der Beschreibung einer Änderung.

Die erste Frage ist: *Was ändert sich?*

Das, was die Substanz *für uns* ist: Raum und Zeit. (Da wir noch *vor* aller Existenz sind, *kann* es nur Raum oder Zeit sein, was sich ändert.)

Die zweite Frage ist: *Wie* stellen wir diese Änderung dar?

Nach (2) ist die Substanz *in sich unterschiedslos*. Es gibt also *keine Struktur und kein Gedächtnis*.

Das bedeutet, dass sich jede zeitliche Änderung nur auf den jeweils vorhergehenden Augenblick beziehen kann, und jede räumliche Änderung nur auf einen unmittelbar benachbarten Ort.

Somit müssen Änderungen als *Differenzialquotienten* dargestellt werden.

Beginnen wir mit einer Änderung des Raumes. Wie kann sich der Raum in der Beschreibung ändern? Nur, indem sich sein *Längenmaß* oder *Winkelmaß* ändert.¹²

Zunächst zur Änderung des Längenmaßes.

Wir definieren σ , die **metrische Dichte der Länge**, wie folgt:

Sei r eine räumliche Koordinate. Dann ist

$$\frac{dr}{\sigma(r)} = dr' \quad \Leftrightarrow \quad dr = \sigma(r) dr'$$

– wobei r' dieselbe räumliche Koordinate *nach* der metrischen Änderung bezeichnet. σ ist dimensionslos.

Wir setzen also für die erste Änderung: Änderung 1 = $\frac{d\sigma}{dr}$

Es ist aber klar, dass *eine* Änderung nicht ausreicht, um eine Beschreibung zu begründen. Da ohne Änderung *Nichts* wäre, muss aus der ersten Änderung etwas folgen, und diese Folge muss wiederum eine Änderung der Substanz selbst sein, d.h. von Raum oder Zeit.

Unsere erste Änderung war eine Änderung des Raumes. Als zweite Änderung benötigen wir eine andere, von der ersten verschiedene Änderung, also eine Änderung der Zeit.

Daher setzen wir für die zweite Änderung: Änderung 2 = $\frac{d\zeta}{d(ct)}$, wo ζ die **metrische Dichte der Zeit t** bezeichnet.

Aus Dimensionsgründen, die im Folgenden klar werden, muss hier ct anstelle von t gesetzt werden, wobei c eine Konstante ist, die die Dimension einer Geschwindigkeit hat. Ebenso wie σ ist auch ζ dimensionslos.

Damit haben wir nun, ausgehend von den Aussagen über die Substanz, zwei Änderungen bestimmt, wobei wir angenommen haben, dass die zweite Änderung aus der ersten folgt. Da aber weiterhin gilt, dass ohne Änderung *Nichts* wäre, sehen wir uns jetzt abermals gezwungen, die Kette der Veränderungen fortzusetzen.

Allerdings steht uns als das, was sich ändern kann, nur Raum und Zeit zur Verfügung, und beides haben wir bereits verwendet. Das bedeutet, dass die Kette der Veränderungen, in der jede Veränderung aus der jeweils vorhergehenden folgt, nur dadurch unaufhörlich werden kann, dass aus der zweiten Änderung wiederum die erste folgt.

Wir erhalten somit:

$$(\text{Änderung 1} \Rightarrow \text{Änderung 2}) \text{ und } (\text{Änderung 2} \Rightarrow \text{Änderung 1})$$

Daraus folgt:

$$\text{Änderung 1} = \text{Änderung 2}$$

Die Gleichung, zu der wir auf diese Weise gelangt sind, lautet also

$$\boxed{\frac{d\sigma}{dr} = \pm \frac{d\zeta}{dct}} \quad \text{oder} \quad \boxed{\frac{d\sigma}{dr} = \pm \frac{1}{c} \frac{d\zeta}{dt}} \quad (0)$$

¹² Wie sich herausstellt, führen Änderungen des Längenmaßes zur Gravitation, Änderungen des Winkelmaßes zum Elektromagnetismus und Atomaufbau.

In Worten:

Die räumliche Änderung der metrischen Dichte der Länge ist proportional der zeitlichen Änderung der metrischen Dichte der Zeit.

Der Proportionalitätsfaktor ist die Geschwindigkeit c .

Wir haben zunächst nur die Änderung des *Längenmaßes* betrachtet. Nun müssen wir dasselbe für die Änderung des *Winkelmaßes* durchführen.

Wir definieren jetzt also η , die **metrische Dichte des Winkels**, analog zu σ :

Anstelle der Definition
$$\frac{dr}{\sigma(r)} = dr' \quad \Leftrightarrow \quad dr = \sigma(r) dr'$$

erhalten wir somit
$$\frac{d\alpha}{\eta(r)} = d\alpha' \quad \Leftrightarrow \quad d\alpha = \eta(r) d\alpha'$$

– und anstelle von Gleichung (0) erhalten wir

$$\boxed{\frac{d\eta}{dr} = \pm \frac{d\zeta}{dct}} \quad \text{oder} \quad \boxed{\frac{d\eta}{dr} = \pm \frac{1}{c} \frac{d\zeta}{dt}} \quad (0')$$

Gleichung (0) und (0') stellen dar, was der Entstehungsvorgang der Wirklichkeit *für uns* ist: *das Gesetz, aus dem die Wirklichkeit gewebt ist*, oder, anders gesagt, **die fundamentalen Gleichungen**, wobei "fundamental" bedeutet, dass sich aus diesen Gleichungen und zusätzlichen *metrischen* Annahmen alles ableiten lassen muss, was überhaupt ableitbar ist.

Ich will an dieser Stelle unterbrechen und einiges anmerken, was mir wichtig erscheint.

Wenn c mit der Lichtgeschwindigkeit identifiziert wird, dann wird durch die beiden Gleichungen die Bedeutung der Lichtgeschwindigkeit begründet.

Wenn Gravitation als *Änderung der metrischen Dichte der Länge* definiert wird, sodass Masse die Dimension *Länge* hat, dann folgt aus Gleichung (0) nach wenigen Schritten die Newtonsche Gravitation, und nach einigen weiteren Zeilen ergibt sich die Periheldrehung der Planeten-Ellipsen in Übereinstimmung mit der Allgemeinen Relativitätstheorie. ([Struktur](#) ab Seite 36)

Analog folgt aus Gleichung (0'), die sich aus der Änderung der *metrischen Dichte des Winkels* ergibt, eine Definition des Elektromagnetismus, die auf einfache Weise zu einem Atommodell führt, das mit dem quantenmechanischen Atommodell identisch ist. ([Struktur](#) ab Seite 171)

In beiden Fällen kann auf geometrische Weise *erklärt* werden, *was* geschieht und *warum* es geschieht.

Gravitation und Elektromagnetismus entstammen demselben Ursprung. Beide Theorien sind *rein metrisch*. Sie bedürfen keiner weiteren "Vereinigung". (Zur Frage der Quantisierung werde ich im physikalischen Teil ausführlich Stellung nehmen.)

Damit haben wir die Beschreibung der *Entstehung der Wirklichkeit* so weit durchgeführt, dass die *Herkunft des Allgemeinen* daraus abgeleitet werden kann, und auch weit genug, dass die Basis meines Aufbaus der Wirklichkeit erkennbar ist.

Den nächsten Schritt der Ableitung werde ich aber noch hinzufügen, weil dadurch konkreter wird, wohin der Gedankengang führt.

(Die ganze Ableitung findet sich auch im Buch [Struktur](#), beginnend auf Seite 20.)

Damit die Gleichungen (0) und (0') als Basis einer physikalischen Beschreibung der Wirklichkeit dienen können, müssen sie in *dynamische Gleichungen* umgeformt werden – ohne Bewegung gibt es keine Veränderung. Das gelingt am einfachsten dadurch, dass die dimensionslose Größe ζ als Quotient zweier Geschwindigkeiten aufgefasst wird. Eine Geschwindigkeit ist in (0) in Gestalt der Konstanten c schon vorhanden. Also verwenden wir c auch bei der Definition von ζ . Wir setzen:

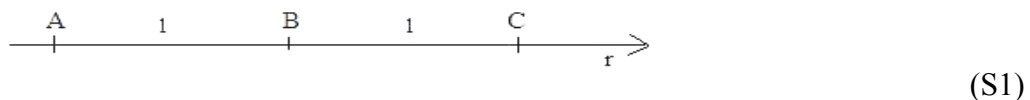
$$\zeta = \frac{v}{c} \quad c \text{ ist die Konstante, } v \text{ ist die Variable. Gleichung (0) wird dann zu}$$

$$\frac{d\sigma}{dr} = \pm \frac{d \frac{v}{c}}{d(ct)}$$

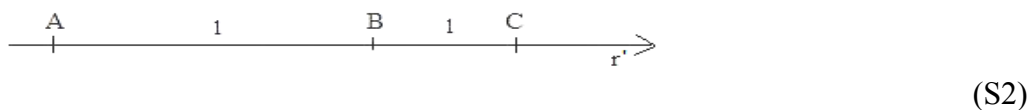
$$\boxed{\frac{d\sigma}{dr} = \pm \frac{1}{c^2} \frac{dv}{dt}} \quad (1)$$

Eine Skizze zur Illustration. Sie zeigt, dass (1) eine naheliegende Folge von (0) ist.¹³

Seien A, B und C drei Punkte entlang der Koordinate r . Die Abstände zwischen A und B sowie zwischen B und C seien gleich 1.



Hier ist σ konstant. Nun ändern wir die Verhältnisse folgendermaßen:



Die *Abstände* sind gleich 1 geblieben, aber die *Länge des Maßstabs* hat sich zwischen A und B vergrößert, zwischen B und C dagegen verringert. Das bedeutet: die *metrische Dichte* σ ist zwischen B und C größer als zwischen A und B.

Was ergibt sich in (S2) für B? Nach (1) entsteht ein Fluss, den ich **metrischen Fluss** nenne, d.h. B erfährt eine Beschleunigung, für die – wegen der Möglichkeit des positiven und negativen Vorzeichens in (1) – zunächst noch die Richtung offen ist. Wir lassen uns hier von der Vorstellung leiten, dass B zurück zum Mittelpunkt von AC beschleunigt wird. Das bedeutet, dass in (1) das negative Vorzeichen zu wählen ist, also

$$\boxed{\frac{d\sigma}{dr} = - \frac{1}{c^2} \frac{dv}{dt}} \quad (1)$$

Zu beachten ist der Unterschied zwischen der metrischen Dichte σ und der "normalen" Dichte ρ : Im Fall von ρ gibt es einen festen Wert ρ_0 derart, dass die Größe der Beschleunigung von der Größe der Abweichung von diesem Wert bestimmt wird. Hier existiert also ein *absolutes* Maß, ρ hat ein *Gedächtnis*. Würde σ einer normalen Dichte ρ entsprechen, dann wäre das Ausmaß der Dichteänderung von der Ausgangsdichte abhängig. Um diese Abhängigkeit zu eliminieren, müsste statt (1) gesetzt werden:

¹³ Die metrische Dichte der Zeit als v/c anzusetzen, ist auch dadurch motiviert, dass dann die Geschwindigkeit v die gesamte metrische Information enthält, d.h. die Information, wie sich Längen und Zeiten in Abhängigkeit von v ändern. Das führt zur relativistischen Struktur der Wirklichkeit.

$$\frac{d\rho}{dr} \frac{1}{\rho} = - \frac{1}{c^2} \frac{dv}{dt}$$

Hingegen kann die metrische Dichte σ keinen solchen Absolutwert besitzen – es wäre unsinnig, einem Kontinuum eine (absolute) Dichte zuzuschreiben. Hier gibt es also kein absolutes Maß, und der Faktor $1/\sigma$ entfällt; σ hat *kein Gedächtnis*. Es gibt keine absolute metrische Dichte, nur Dichte-Relationen.

Ebenso, wie wir Gleichung (Q) in eine dynamische Gleichung umgeformt haben, müssen wir das auch für Gleichung (Q') durchführen. Statt

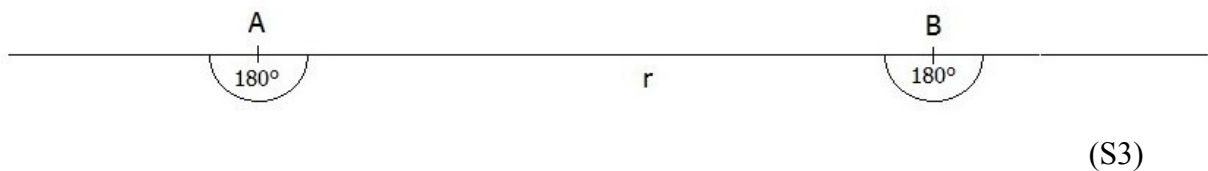
$$\zeta = \frac{v}{c} \quad \text{ist nun aber zu setzen} \quad \zeta = \frac{w}{c}$$

– wobei w eine Geschwindigkeit *normal* zu r ist. Der Grund dafür ist, dass hier keine *Länge*, sondern ein *Winkel* verändert wird. Gleichung (Q') wird dann zu

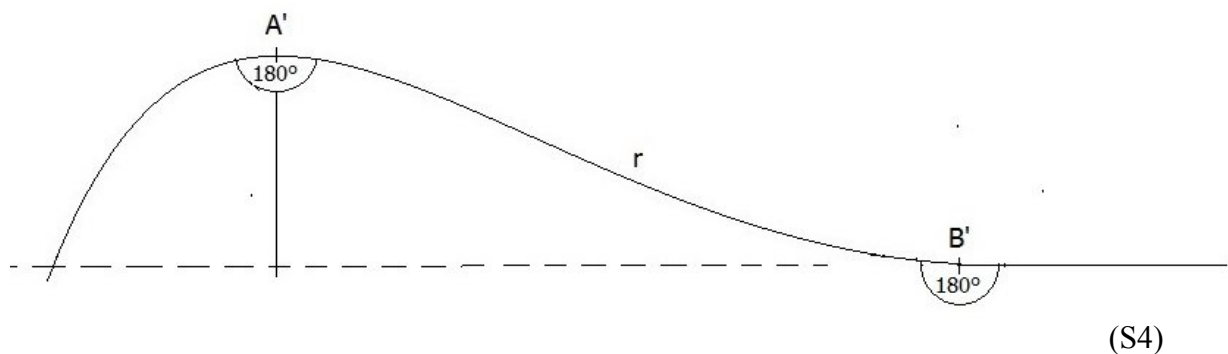
$$\frac{d\eta}{dr} = \pm \frac{d \frac{w}{c}}{d(ct)}$$

$$\boxed{\frac{d\eta}{dr} = \pm \frac{1}{c^2} \frac{dw}{dt}} \quad (1')$$

Auch hier wieder eine Skizze zur Illustration: Seien A und B zwei Punkte entlang der Koordinate r . Die bei A und B eingezeichneten Winkel betragen 180° .



Hier ist η konstant. Nun ändern wir die Verhältnisse folgendermaßen:

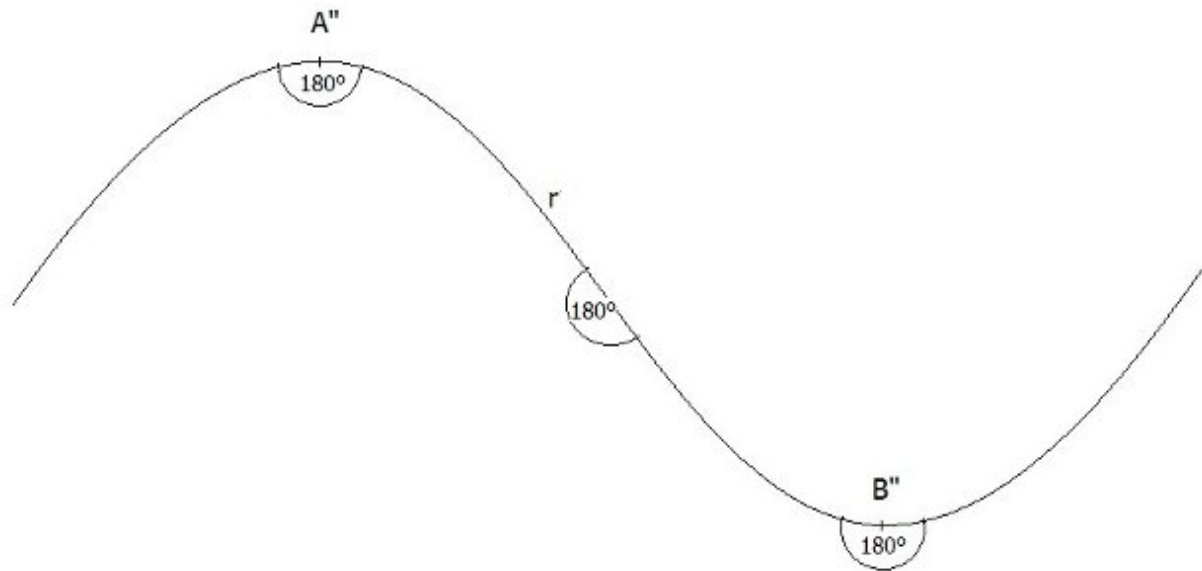


Die *Winkel* sind gleich 180° geblieben, aber das *Winkelmaß* hat sich bei A' im Vergleich mit dem Winkelmaß bei A verkleinert. Das bedeutet: die *metrische Winkeldichte* η ist bei A' *größer* als bei A. Bei B' ist das Winkelmaß dagegen vergrößert, die Winkeldichte ist also bei B' *kleiner* als bei B.

Was ergibt sich in (S4) für A'? Nach (1') entsteht ein **metrischer Fluss**, A' erfährt also eine Beschleunigung, diesmal aber *normal* zu r . Auch hier nehmen wir wieder an, dass das negative Vorzeichen zu wählen ist, also

$$\frac{d\eta}{dr} = - \frac{1}{c^2} \frac{dw}{dt}$$

Die folgende Skizze zeigt, dass Transversalwellen als *Wellen der Winkeldichte* aufgefasst werden können, wenn die Änderung der Amplitude als *metrische Änderung des Winkels* interpretiert wird.¹⁴



(S4b)

Damit ist diese Ableitung abgeschlossen.

Unser Ziel war, ontologische Schlussfolgerungen in eine mathematische Form zu bringen, die als Basis der Physik geeignet ist. Die Aussage, zu der wir auf diesem Weg gelangt sind, lautet wie folgt:

Die Wirklichkeit ist ein differenzielles Gewebe aus metrischen Änderungen von Raum und Zeit, die sich gegenseitig bedingen. Alles, was existiert und was sich ereignet – jedes Objekt, jede Wechselwirkung – ist ein Muster aus diesen Veränderungen, ein Zustand oder Prozess der Raumzeit.

Diese Aussage stützt sich zunächst bloß auf die Analyse des Ursprungs der Wirklichkeit. Im Folgenden werden wir weitere Schritte zu ihrer Bestätigung unternehmen.

Aus dem bisher Gesagten lassen sich 5 Arten von Wellen mit Lichtgeschwindigkeit ableiten ([Struktur](#) ab Seite 29):

Wellen des longitudinalen metrischen Flusses v

Wellen des transversalen metrischen Flusses w

Außerdem weitere drei Arten von metrischen Wellen:

Wellen in σ , der metrischen Dichte der Länge

Wellen in η , der metrischen Dichte des Winkels

Wellen in ζ , der metrischen Dichte der Zeit.

¹⁴ Dadurch wird erreicht, dass auch der Elektromagnetismus – ebenso wie die Gravitation – auf metrische Veränderungen zurückgeführt werden kann. ([Struktur](#) ab Seite 179)

3.4. Die Herkunft des Allgemeinen

(Alles, was in den Abschnitten 3.4 und 3.5 über Gleichung (0) gesagt wird, gilt ebenso für (0').)

Gleichung (0) beschreibt, wie die Wirklichkeit aus einem Zustand entsteht, der *vor* aller Existenz liegt: vor aller Existenz ist die Substanz *in sich unterschiedslos* – es gibt keine Struktur, kein Gedächtnis und keine Größe.

Diese Eigenschaften müssen wir auf das übertragen, was die Substanz *für uns* ist, also auf *Raum und Zeit*. Daraus folgt, dass es in diesem Zustand a) keine Möglichkeit gibt, einen Ort festzulegen, b) keine Möglichkeit, einen Zeitpunkt auszuzeichnen, und c) keine Möglichkeit, Längen- oder Zeiteinheiten zu definieren.

Das bedeutet, dass es in diesem Zustand unmöglich ist, zu unterscheiden, ob (0) einen Einzelfall beschreibt oder einen allgemeinen Sachverhalt.

Bezogen auf a) und b) ist diese Folgerung selbstverständlich. Für c) kann sie durch ein einfaches Beispiel demonstriert werden:

Sei P ein Punkt in einer Ebene mit den Koordinaten x_0 und y_0 . Sei $x_0 = y_0$. Dann ist P ein Punkt auf der 45°-Geraden durch den Koordinatenursprung. Wenn es aber keine Einheit der Länge gibt, dann wird die Lage des Punktes auf der Geraden beliebig, mit anderen Worten: ohne Festlegung einer Einheit sind Punkt und Gerade ununterscheidbar.

Das heißt: **Ohne Festlegung von Einheiten sind hier Einzelnes und Allgemeines äquivalent.**

Genau das trifft auch auf Gleichung (0) zu. Aus dem bisher Gesagten folgt somit:

Die aus zwei Teilen bestehende Aussage:

[(0) gilt für **einen** Punkt der Raumzeit mit einem **bestimmten** Wert der beiden Differenzialquotienten] (und) [es gibt keine Möglichkeit, Ort, Zeitpunkt und Größe zu bestimmen]

ist äquivalent zur Aussage:

[(0) gilt für **alle** Punkte der Raumzeit mit **beliebigen** Werten der beiden Differenzialquotienten]

Somit ist ein durch (0) ausgedrückter Sachverhalt zugleich Einzelnes und Allgemeines. Hier ist Einzelnes und Allgemeines nicht unterscheidbar.

Ebenso wie für die Begründung von *Existenz* ist es also auch für die Begründung von *Kausalität* und der *Möglichkeit von Naturgesetzen* erforderlich, auf den Zustand *vor* aller Existenz zurück zu gehen. **Es ist der einzige Weg zur Begründung des Allgemeinen.**

Die Substanz erzeugt die Wirklichkeit, indem sie ihre Unterschiedslosigkeit aufhebt. *Für uns* vollzieht sich die Aufhebung der Unterschiedslosigkeit an Raum und Zeit.

Der durch Gleichung (0) dargestellte differenzielle Zusammenhang, der *permanent* das Gewebe der Wirklichkeit herstellt, hat kein Gedächtnis und kennt keine Größe.

Indem er die Wirklichkeit hervorbringt, erzeugt er zugleich ein Gedächtnis und Größenverhältnisse.

Auf diese Weise wird das, was zuvor **Einzelnes** – abstrakter Sachverhalt – **und zugleich Allgemeines** – fundamentales Gesetz – war, zum **Einzelnen**: zu dem, was der Fall ist; Aber nur *für uns*; *an sich* trägt das, was jeweils der Fall ist: das Einzelne, stets das Allgemeine **in sich**.

Satz:

In der Gleichung des Prozesses, der die Wirklichkeit hervorbringt, sind Einzelnes und Allgemeines ununterscheidbar. Somit trägt jeder Einzelfall das Allgemeine in sich – als Erbe des Zustands, dem er entstammt.

3.5. Antworten auf die Fragen über die Naturgesetze

Die grundsätzlichen Fragen über die Naturgesetze sind nach wie vor offen.

Sie lauten wie folgt:

1. **Warum** gibt es sie? 2. **Woher** kommen sie? 3. **Wo** sind sie? 4. **Wie** bestimmen sie das Verhalten der Objekte? 5. **Warum** sind sie, wie sie sind?

Was Gleichung (0) – das *fundamentale Naturgesetz* – betrifft, haben wir die Fragen 1, 2, 3 und 4 in den drei vorhergehenden Abschnitten beantwortet:

1. **Warum** gibt es das *fundamentale Naturgesetz*?

Es folgt aus den Aussagen über das, was die Wirklichkeit hervorbringt – über die **Substanz**.

2. **Woher** kommt es?

Dieselbe Antwort wie bei 1.

3. **Wo** ist es?

Es ist **in allem, was existiert**, Jeder Einzelfall trägt das Allgemeine in sich. Er ist niemals nur Einzelfall, sondern immer auch Verkörperung des Gesetzes.

4. **Wie** bestimmt es das Verhalten der Objekte?

Dieselbe Antwort wie bei 3.

Zuletzt also zur Frage

5. **Warum** ist das *fundamentale Naturgesetz*, wie es ist?

Es gilt Folgendes:

Gleichung (0) folgt aus den drei *a priori* gültigen, allgemeinen Aussagen über die Substanz. Jeder ihrer Bestandteile stellt *die einfachste* Möglichkeit dar, die Bedingung, aus der sein Auftreten folgt, zu erfüllen. Das bedeutet: alles, was an Gleichung (0) verändert oder hinzugefügt werden könnte, wäre unbegründet oder überflüssig und damit zugleich *unzulässig*, und zwar aus folgendem Grund:

Gleichung (0) repräsentiert die notwendigen und hinreichenden Bedingungen für das *Entstehen der Wirklichkeit*. Deshalb darf sie nur genau das enthalten, was für die *Beschreibung der Entstehung der Wirklichkeit* notwendig und hinreichend ist.

Kurz zusammengefasst, lautet also die Antwort auf die Frage

5. **Warum** ist das *fundamentale Naturgesetz*, wie es ist?

Gleichung (0) ist, wie sie ist, weil sie nur in dieser Form *für uns* genau dem entspricht, wie die Wirklichkeit *an sich* entsteht.

Nachdem alle Fragen zum *fundamentalen Naturgesetz* beantwortet sind, stellt sich nun die Frage, was daraus in Bezug auf weitere Naturgesetze folgt. Die Antwort ist:

Alles, was aus Gleichung (0) und zusätzlichen metrischen Annahmen abgeleitet werden kann, erbt von dieser Gleichung alle 5 zugehörigen Antworten – die Antwort auf die Frage 5. **Warum** ist das Gesetz, wie es ist? jedoch nur dann, wenn bei der jeweiligen Ableitung abermals das Prinzip der *Notwendigkeit* eingehalten und alles *Überflüssige* vermieden wird.

Falls Gleichung (0) tatsächlich den Erzeugungsprozess der Wirklichkeit repräsentiert, dann gilt das für die ganze Beschreibung der Wirklichkeit, soweit sie ableitbar ist.

In welchem Maß das in meinem Beschreibungssystem zutreffen kann, wird sich im Folgenden herausstellen.

3.6. Philosophisches Resümee: Die Änderung unserer Sicht der Wirklichkeit

Zunächst haben wir durch den Beweis der Willensfreiheit und die Begründung der Existenz der Qualia gezeigt, dass Geist und Materie zur selben Wirklichkeit gehören.

Danach haben wir gezeigt, dass das Allgemeine *in allen Objekten und Sachverhalten* existiert: nur *für uns* sind sie *nichts als* Einzelfälle, *an sich* aber tragen sie stets auch das Allgemeine in sich, das sie ihrer Entstehung aus der Substanz verdanken, in der Einzelnes und Allgemeines ununterscheidbar sind.

Es gibt demnach **nur eine Substanz**. *An sich* ist sie **die ganze Wirklichkeit**. *Für uns* zerfällt sie in einen *denkbaren* und einen *nicht denkbaren* Teil.

Den denkbaren Teil bezeichne ich als *Akzidenzien*, den undenkbbaren Teil nenne ich weiterhin *Substanz*, weil er für das steht, was die Substanz *für uns* ist: Die *Einheit*, die der undenkbbare Teil zusammen mit den Akzidenzien bildet, ist ja *als solche* ebenfalls undenkbar; wir *wissen* nur von ihr, und dieses Wissen drücken wir durch den Begriff *Untrennbarkeit* aus.

Substanz ist dasjenige, was die Akzidenzien **aktiv** macht.

Masse, elektrische Ladung und Empfindung sind somit **Erscheinungsformen der Substanz**.

Wir haben ja schon in der Beschreibung der *Entstehung der Wirklichkeit* demjenigen, was die Wirklichkeit hervorbringt – der **Substanz – Aktivität** zugeschrieben.

In dieser fundamentalen Schicht der Wirklichkeit ist die Substanz also der Antrieb der *metrischen Veränderungen*.

Im physikalischen Bereich wird sie dann zu dem, was physikalische Systeme antreibt, also zu *Masse und Ladung*.

Im geistigen Bereich ist sie das, was die geistige Aktivität verursacht: *Empfindung*.

Der undenkbbare Teil von Existenz **verändert** sich also beim Aufstieg des Seienden zu immer komplexeren Formen. Da wir aber Veränderung *ausschließlich* durch Akzidenzien wahrnehmen und denken können, ist diese Veränderung für uns unzugänglich und bleibt dadurch *verborgen*, bis sie sich schließlich *in uns selbst* zeigt: als **Empfindung**, die wir zwar nach wie vor nicht definieren können, von der wir aber doch genau wissen, **was** sie ist, weil unser Bewusstsein ein unaufhörlicher Strom von Qualia ist – von unseren geistigen Zuständen, die untrennbare Einheiten von Empfindung und Information sind.

Untrennbarkeit hat sich schließlich auch als das Kriterium erwiesen, das es uns ermöglicht, zwischen künstlicher Intelligenz und menschlichem Geist eine klare Grenze zu ziehen:

Bei biologischen, evolutionär entstandenen neuronalen Netzen bilden Substanz und Akzidenzien eine untrennbare Einheit, bei konstruierten neuronalen Netzen jedoch nicht, und das bedeutet:

In uns selbst ist die Substanz **verwandelt**. **Wir haben Empfindungen und Bewusstsein**.

In KI-Systemen bleibt die Substanz dagegen **physikalisch**. **KI-Systeme sind empfindungslos und bewusstlos**.

Wenn wir "Transzendenz" als dasjenige auffassen, was *außerhalb des Bereichs des Denkbaren und Definierbaren* liegt, dann erkennen wir:

Das Transzendente ist nicht irgendwo "außerhalb" – es ist *in uns selbst*. Es ist also weder unzugänglich noch verborgen – es *erschließt* sich uns, ja es ist sogar das Einzige, von dem wir *genau* wissen, **was** es ist, weil es ein Teil von uns selbst ist: **Empfindung**.

3.7. Warum Etwas ist und nicht Nichts

Aus der begrifflichen Bestimmung der Substanz lässt sich ableiten, *warum* überhaupt etwas existiert, warum also *Etwas* ist und nicht *Nichts*.

Wir haben festgestellt:

Substanz ist dasjenige, was *vor* aller Existenz liegt. Was vor aller Existenz liegt, kann jedoch nicht selbst schon existieren.

Halten wir also *erstens* fest:

Die Substanz *existiert nicht*.

Andererseits gilt:

Substanz ist dasjenige, von dem die **Aktivität** existierender Objekte ausgeht.

Von etwas, was *nicht existiert*, kann jedoch keine Aktivität ausgehen; Von *Nichts* kann nichts ausgehen.

Halten wir also *zweitens* fest:

Die Substanz *existiert auch nicht nicht*.

Es gilt also:

Die Substanz existiert weder, noch existiert sie nicht.

Wir haben die Substanz als dasjenige bestimmt, aus dem das Seiende hervorgeht.

Somit gilt:

Der Ursprung des Seienden existiert weder, noch existiert er nicht.

Er ist weder Etwas noch Nichts.

Alles *Seiende* kann *sein* oder *nicht sein*.

Für den Ursprung des Seienden, der selbst kein Seiendes mehr ist, besteht diese Alternative nicht.

Es gibt aber *hinter* der Alternative *Sein oder Nicht-Sein* bzw. *Etwas oder Nichts* keine weitere Alternative. Daher ist das, was nicht in der Alternative *Sein oder Nicht-Sein* steht, **notwendig**.

Das bedeutet:

Satz:

Der Ursprung des Seienden ist notwendig, und mit ihm zugleich das daraus Hervorgehende, also das Seiende.

Denn wäre *Nichts*, dann wäre auch der Ursprung des Seienden *Nichts*, und das wurde zuvor ausgeschlossen.

4. Die Physik verfehlt die kausale Struktur der Wirklichkeit

Ich habe mich dafür entschieden, den nun folgenden Teil über Physik der Darstellung und Kritik dessen zu widmen, was ich für das grundlegende Problem der Art von Physik halte, wie wir sie kennen – die Art von Physik also, die sich seit Galilei und Newton entwickelt hat und die aus der Beobachtung und Quantifizierung erfahrbarer Sachverhalte entsteht. Diese Kritik ist zugleich eine Analyse des *prinzipiellen* Unterschieds zwischen meinem Beschreibungssystem und der Standardphysik, und sie enthält die Gründe dafür, warum ich dieses System gewählt habe und warum ich es für notwendig halte.

Es mag sein, dass die Anfänge *jeder* Physik im Bereich der Erfahrung liegen müssen, aber genauso klar ist, dass sich jede Physik irgendwann im Verlauf ihrer Entwicklung von der begrifflichen und mathematischen Bindung an diesen Bereich lösen muss.

Warum? – Aus folgendem Grund:

Die Existenz des **Allgemeinen** ist eine notwendige Bedingung für die Möglichkeit von Naturgesetzen und von Kausalität. An der Existenz von Naturgesetzen ist nicht zu zweifeln. Also existiert das Allgemeine. Im Bereich der Erfahrung ist es jedoch **unauffindbar** – hier gibt es ausschließlich Einzelfälle. Somit muss sich unterhalb dieses Bereichs – als seine logische und ontologische **Voraussetzung** – ein weiterer, **fundamentaler** Bereich befinden, in dem das Allgemeine existiert oder zumindest seine Herkunft erkennbar ist.

Wenn aber der Bereich der Erfahrung die Kausalstruktur der Wirklichkeit nicht enthält, dann kann auch die dem Bereich der Erfahrung entstammende Beschreibung der Wirklichkeit diese Struktur nicht enthalten – jedenfalls nicht, solange ihre Grundbegriffe sich auf Elemente aus diesem Bereich beziehen.

Ebenso wie der Bereich der Erfahrung selbst benötigt also auch die in ihm entstandene Naturbeschreibung ein ihr vorausgesetztes logisches Fundament, in dem die **wahren Ursachen** für die durch Erfahrung entdeckten Gesetzmäßigkeiten liegen.

Die im philosophischen Teil dieser Arbeit durchgeführten Argumentationen liefern ein genaueres Bild des soeben dargestellten Sachverhalts:

In den Abschnitten [3.2](#) und [3.3](#) haben wir dafür argumentiert, dass der fundamentale Bereich aus einem *Zustand vor aller Existenz* erzeugt wird, gemäß den Gleichungen (0) und (0').

In [3.4](#) haben wir gezeigt, dass in diesem Erzeugungsprozess die *Herkunft des Allgemeinen* liegt:

Da der durch die beiden Gleichungen beschriebene Prozess die Wirklichkeit erst *hervorbringt*, gehört auch *er selbst* dem Zustand *vor aller Existenz* an. In diesem Zustand besteht keine Möglichkeit, Ort, Zeit und Größe zu bestimmen, sodass es unentscheidbar ist, ob die beiden Gleichungen Einzelfälle beschreiben oder allgemeine Sachverhalte: Einzelnes und Allgemeines sind hier **ununterscheidbar**. Das, was der Prozess erzeugt, ist also **beides zugleich**.

Somit gilt:

Indem dieser Prozess sich vollzieht, erzeugt er Einzelfälle, die das Allgemeine in sich tragen.

Im Zustand vor aller Existenz gibt es **keine Masse** in kg, da sie in ihm nicht definiert werden kann. (Gäbe es sie, würde ihre Existenz die Ununterscheidbarkeit aufheben und dadurch die Existenz des Allgemeinen verhindern.) Wenn aber dieser Zustand keine Masse enthält, dann kann auch der daraus erzeugte fundamentale Bereich der Wirklichkeit keine Masse enthalten.

Der fundamentale Bereich ist also rein metrisch: Es gibt nur die Einheiten Meter und Sekunde. Masse hat die Dimension *Länge*, Gravitationsbeschleunigung wird durch Änderung des *Längenmaßes* verursacht. (Im Buch "Die [Struktur](#) der Wirklichkeit" ab Seite 36.)

Daraus folgt, dass Entitäten, die der Erfahrung entstammen und deren Definition die Einheit kg erfordert – wie *Masse, Ladung, Kraft, Energie, Impuls, Wirkung* usw. – im fundamentalen Bereich, der das Allgemeine und damit auch die Kausalstruktur enthält, **überhaupt nicht vorhanden** sind.

In der fundamentalen, kausalen Schicht der Wirklichkeit existiert nichts, was diesen physikalischen Begriffen entspricht.

(Auch elektrische Ladung hat die Dimension *Länge*., Elektromagnetismus wird durch Änderung des *Winkelmaßes* (der Bogenlänge) verursacht. ([Struktur](#) ab Seite 171))

Die einzige Möglichkeit, die Masse in Kilogramm einzuführen, besteht darin, einen Gegenstand, dessen geometrische Masse m (in Meter) bekannt ist, zu *wiegen* und auf diese Weise das numerische Verhältnis von geometrischer Masse m und der üblichen Masse M (in Kilogramm) zu bestimmen, die dadurch – in diesem Sinn – *definiert* wird. (Es gilt: $m = MG/c^2$)

"Definieren" hat hier also die Bedeutung:

Herstellen einer Verbindung zwischen der abstrakten Größe "geometrische Masse" und der spezifischen Erfahrung, die wir als "Gewicht" und "Trägheit" kennen.

Diese Definition beruht allerdings auf einem Mess-Akt, d.h. auf einem *Einzelfall*, und damit gilt nun wieder die bekannte Einschränkung: Erfahrungen an Einzelfällen können nicht zu allgemeingültigen Gesetzen verallgemeinert werden, sondern nur zu testbaren Hypothesen.

Für die physikalische Praxis ist diese Tatsache von geringer Bedeutung, theoretisch ist sie aber von außerordentlicher Wichtigkeit, denn dadurch werden *allgemeingültige metrische Gesetze* bei der Einführung der Masse in Kilogramm auf den Status von *Arbeitshypothesen* herabgestuft, und das bedeutet:

Satz:

Die Masse in Kilogramm gehört nicht zur kausalen Struktur der Wirklichkeit. Das gilt somit auch für jede Gleichung, in der Terme auftreten, die die Einheit Kilogramm enthalten.

Das entspricht dem in der Überschrift festgestellten Sachverhalt:

Die gegenwärtige Physik verfehlt die Kausalstruktur der Wirklichkeit. Die Ursachen für das, was geschieht, werden durch die Beschreibungen nicht erfasst.

Das Problem überträgt sich direkt auf *Interpretationen und Erklärungen*:

Einen Vorgang zu *erklären* bedeutet darzulegen, *was* geschieht und *warum* es geschieht, d.h. seine *Ursachen* zu kennen.

Wir haben jedoch festgestellt:

Entitäten, die physikalischen Begriffen entsprechen, deren Definition die Einheit kg enthält, existieren im kausalen Bereich der Wirklichkeit nicht.

Und daraus folgt offenbar, dass es auf Basis der gegenwärtigen Physik in fast allen Fällen **unmöglich** ist, Prozesse, die durch physikalische Gleichungen beschrieben werden, *kausal* zu interpretieren und zu erklären.

Was folgt nun aus alledem? Und wie kann es möglich sein, dass eine Physik, deren fundamentale Begriffe die kausale Struktur der Wirklichkeit verfehlen, dermaßen erfolgreich ist?

Die Antwort ist:

Aus dem oben Gesagten folgt ja nicht, dass die Gleichungen, in denen diese Begriffe erscheinen, *quantitativ falsch* sind, es folgt daraus nur, dass sie die *wahren Ursachen* nicht enthalten können und dass durch sie nichts *erklärt* werden kann. Begriffe, die die Einheit kg voraussetzen, müssen also nicht *aufgegeben* werden – nur ihr derzeitiger Status als *notwendige Elemente* der Beschreibung und Interpretation der Wirklichkeit muss sich ändern:

Notwendig sind sie nur insofern, als sie die Beschreibung der Wirklichkeit mit *Erfahrung* verknüpfen, und die Verbindung der Physik zum Bereich der Erfahrung muss bestehen bleiben, weil wir erwarten, dass die Physik unsere Erfahrungen erklärt und begründet.

Das wichtigste Ziel ist aber, die *Kausalstruktur* der Wirklichkeit zu erkennen, und dafür sind die derzeitigen Grundbegriffe der Physik nicht nur überflüssig, sondern ungeeignet – und, mehr als das, durch ihre Verwendung bei Interpretationen und Erklärungen wird die Erkenntnis der wahren Ursachen sogar *vollständig verhindert*.¹⁵

Diese zunächst extrem anmutende Behauptung soll in den folgenden Abschnitten durch die Analyse einiger Stationen des Weges illustriert und untermauert werden, den die theoretische Physik nach 1900 beschritten hat und in dessen Verlauf sie die Wirklichkeit aus *genau diesem Grund* schließlich aus den Augen verloren hat.

Vorher will ich aber, als kurze Einführung, noch darüber berichten, wie ich selbst auf diese Zusammenhänge gestoßen bin:

Ich war über die philosophisch motivierte Gleichung (0) zur Gleichung (1) gelangt

$$\frac{d\sigma}{dr} = - \frac{1}{c^2} \frac{dv}{dt} \quad (1)$$

und wusste nicht, wohin sie mich führen würde. Die einzig verfügbaren Einheiten sind Meter und Sekunde, die einzig verfügbaren Parameter sind die metrische Dichte der Länge σ und die metrische Dichte des Winkels η .

Es liegt nahe, Masse als *metrische Verdichtung der Länge* auf folgende Weise zu definieren:

Ein kugelförmiges Objekt mit der geometrischen Masse m (in Meter) verkleinert den Radius des Raumbereichs, den es einnimmt, um m Einheiten – wobei m dem Radius eines schwarzen Lochs mit der (Newtonschen) Masse M (in Kilogramm) entspricht.

(Betrachten wir als Beispiel die Erde. Nehmen wir an, ihr Radius sei genau 6370 km und sie sei exakt kugelförmig. Sie wird also von einer Kugelfläche mit diesem Radius begrenzt. Jetzt entfernen wir die Erde aus dieser sie begrenzenden Kugelfläche. Dann nimmt der Radius dieser Kugelfläche um 8,86 mm zu, d.h. sie rückt überall um 8,86 mm nach außen. (8,86 mm ist der Radius eines schwarzen Lochs mit der Masse der Erde.))

Wenn für einen Punkt, der außerhalb einer zentralen Masse m liegt, die Entfernung zum Zentrum *ohne* die Masse m gleich r ist, dann beträgt diese Entfernung also *mit* der Masse m nur noch $r - m$.

Somit gilt für die metrische Dichte σ im Außenraum

$$\sigma(r) = \frac{r - m}{r} \quad (2)$$

¹⁵ Ich will hier vorgreifend anmerken, dass die Quantentheorie, *korrekt interpretiert*, genau das leistet, was an dieser Stelle notwendig ist: durch sie werden physikalische Begriffe, die dem Bereich der Erfahrung entstammen, auf Begriffe des fundamentalen Bereichs, *die zur Kausalstruktur gehören*, *zurückgeführt*. Was in der üblichen Darstellung uninterpretierbar und unerklärbar ist, wird dadurch vollkommen verständlich. Leider wurde das aber nicht erkannt; die üblichen Begriffe wurden weiterhin nicht nur für die mathematische Beschreibung, sondern auch für die Interpretation verwendet und verhindern bis heute die Sicht auf die wahren Zusammenhänge. Weiter unten werde ich darauf ausführlich eingehen.

(2) nach r differenziert ergibt

$$\frac{d\sigma}{dr} = \frac{m}{r^2} \quad \text{Nach (1)} \quad \frac{d\sigma}{dr} = -\frac{1}{c^2} \frac{dv}{dt} \quad \text{gilt also}$$

$$\boxed{\frac{dv}{dt} = -c^2 \frac{m}{r^2}} \quad (3)$$

Wird m in (3) als *geometrische Masse* aufgefasst ($m = \frac{MG}{c^2}$), dann ergibt sich

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{MG}{r^2} \quad (4)$$

Diese Beschleunigung entspricht der *Newtonschen Fallbeschleunigung*, die von einer zentralen Masse M verursacht wird. Daraus lässt sich die *Newtonsche Fallgeschwindigkeit* (für den Fall aus dem Unendlichen) ableiten:

$$\boxed{v = \pm c \sqrt{\frac{2m}{r}}} \quad (5)$$

Außerdem gelangt man auf dieser Basis auch über die Newtonsche Näherung hinaus: von hier aus führt ein einfacher Weg zu einem Wert für die Ellipsendrehung, der mit dem aus der AR errechneten Wert übereinstimmt. Auch der Weg zur Schwarzschildlösung der AR ist kurz und einfach.

Ich will aber an dieser Stelle abbrechen. Alles Weitere findet sich im Buch [Struktur](#) ab Seite 36.

Bei der *metrischen* Ableitung der Gravitation ergibt sich der Zusammenhang zwischen geometrischer Masse und normaler Masse gewissermaßen "von selbst", da ja die geometrische Masse m aus der Schwarzschildlösung bekannt ist.

Bei der ebenso *rein metrisch* ausgeführten Ableitung des Atomaufbaus ist das jedoch nicht der Fall:

Hier definierte ich zunächst das metrische Analogon zum "normalen" Spin, indem ich Kilogramm durch Meter *ersetzte*. Da der normale Spin die Einheiten $\text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$ hat, besteht der metrische Spin daher aus den Einheiten $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$.

Die Ableitung des metrischen Spins führt zu folgendem Ergebnis: (Die metrischen Versionen der bekannten Größen sind durch * gekennzeichnet)

$$\text{Spin}^* = \pm \frac{1}{2} W^*_{\text{Planck}} = \pm \frac{1}{2} \hbar^* \quad (W^*_{\text{Planck}} \dots \text{metrisches Wirkungsquantum}) \quad (6)$$

– also zu einem Resultat, das mit dem bekannten Resultat – bis auf den Austausch der Einheit kg durch die Einheit Meter – identisch ist. ([Struktur](#) Seiten 200 - 205)

(Außerdem ist im metrischen Szenario auch vollkommen einsichtig, warum sich das Elektron erst nach einer Drehung um 720° wieder im Ausgangszustand befindet. Folgendermaßen:

Bei negativer Ladung wird die metrische Winkeldichte \underline{n} *größer*, somit das Winkelmaß *kleiner* und der damit gemessene Umfang des ganzen Kreises *größer*. Es stellt sich heraus, dass *im Abstand des Bohr-Radius* – d.h. auf der ersten Elektronen "Bahn" – die Winkeldichte *genau doppelt so groß ist wie im normalen Raum*, sodass also der Umfang jedes Kreises nicht $2\pi r$, sondern $4\pi r$ beträgt, und dasselbe gilt für alle weiteren Bahnen bzw. Orbitale.

Im metrischen Modell ist es daher selbstverständlich, dass für das "Elektron" im Grundzustand sowie in angeregten Zuständen eine ganze Drehung immer 720° beträgt.)

Ebenso wie im Fall von Gleichung (6) kann auch der Übergang von Newtons Gleichung (4)

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{MG}{r^2} \quad \text{bzw.} \quad \frac{dv}{dt} = -c^2 \frac{M}{r^2} \frac{G}{c^2}$$

auf ihr metrisches Analogon so interpretiert werden, dass in M und in G die Einheit kg durch die Einheit Meter *ersetzt* wird. Vom Faktor G/c^2 bleibt dann nur eine dimensionslose Zahl $q \in \mathbb{R}$ übrig:

$$\frac{dv}{dt} = -c^2 \frac{M^*}{r^2} q$$

Infolge der Festlegung der metrischen Masse M^* als $M^* = m$ (dem Radius des schwarzen Lochs mit Masse M)¹⁶, gilt jedoch $q = 1$, sodass wir also wieder Gleichung (3) erhalten

$$\frac{dv}{dt} = -c^2 \frac{m}{r^2} \tag{3}$$

– das metrische Analogon zu (4). Die metrische Masse m , d.h. die *metrische Verdichtung um m Einheiten*, führt also *direkt* zur Newtonschen Beschleunigung.

Die **Gravitationskonstante**, die zwei Aufgaben hatte: Anpassung der Einheiten und Anpassung des Zahlenwertes, *verschwindet* damit. Wie Gleichung (3) zeigt, existiert sie im metrischen Aufbau der Beschreibung nicht. Aus metrischer Sicht ist ihr einziger Zweck, die rein metrisch abgeleitete Gravitationsbeschleunigung mit dem Bereich der Erfahrung zu verknüpfen.

Durch diesen Akt wird jedoch eine **nicht ableitbare Naturkonstante** zur Beschreibung der Wirklichkeit hinzugefügt.

Allein diese Tatsache stellt bereits ein starkes Indiz dafür dar, dass der Bereich der Erfahrung die Kausalstruktur der Wirklichkeit nicht enthält und dass die Einheit Kilogramm nicht Teil dieser Struktur ist.

Was ich mit den beiden Beispielen zeigen wollte, gilt auch für mein ganzes Beschreibungssystem, einschließlich aller Argumentationen und Ableitungen:

Mein Beschreibungssystem der Wirklichkeit beruht ausschließlich auf den Einheiten Meter und Sekunde.

Auf diese Weise – und **nur** auf diese Weise – wird das Problem vermieden, mit dessen Darstellung dieses Kapitel begonnen hat: Alle Ableitungen finden im *fundamentalen Bereich* statt, der die Kausalstruktur enthält und der dem Bereich der Erfahrung *vorausgesetzt* ist. Physikalische Begriffe, die die Einheit Kilogramm enthalten – die also Entitäten bezeichnen, die im fundamentalen Bereich *nicht existieren* – treten in den Ableitungen nicht auf. Sie erscheinen nur dann, wenn ein Resultat für den Vergleich mit dem Standardresultat auf konventionelle Art ausgedrückt werden soll.

Wie in den beiden Beispielen demonstriert, besteht die Möglichkeit, Kilogramm durch Meter zu *ersetzen* – in der physikalischen Größe selbst und in den Gleichungen, die sie enthalten. Das metrische Resultat hat dann dieselbe Gestalt wie die Standardversion, aber seine Bedeutung ändert sich, da es nun statt der Einheit Kilogramm die Einheit Meter enthält.¹⁷

Jetzt aber zu den Beispielen aus der Geschichte der Physik nach 1900, bei denen sich – auf Basis der Argumentationen dieses Kapitels – mit geradezu dramatischer Deutlichkeit zeigt, in welchem Ausmaß der Physik die Wirklichkeit dadurch verloren gegangen ist, dass die oben aufgeführten Tatsachen unbekannt sind.

16 In der Schwarzschildlösung der AR ist die geometrische Masse gleich $2m$. Der Faktor 2 fehlt hier, weil die Darstellung nicht-relativistisch ist. Beim Übergang zu relativistischer Betrachtung tritt er dann auf.

17 Das lässt vermuten, dass *in der ganzen Standardphysik* die Einheit Kilogramm gegen die Einheit Meter *ausgetauscht* werden kann. (Mehr dazu im Buch [Struktur](#) Seiten 226 - 229)

5. Der Verlust der Wirklichkeit

Ende des 19. Jahrhunderts schien die Physik weitgehend abgeschlossen. Die meisten der Szenarien, die die Physiker im Blick hatten, konnten zufriedenstellend beschrieben werden, und nur noch wenige galt es aufzuklären, wie etwa die Strahlung schwarzer Körper oder den lichtelektrischen Effekt. Planck, Einstein und Compton gelang es schließlich, diese Szenarien übereinstimmend mit dem Experiment mathematisch darzustellen, jedoch nur dadurch, dass sie die Erzeugung und Aufnahme der Strahlung durch Atome und Moleküle (Planck) oder sogar die Strahlung selbst (Einstein und Compton) *quantisierten*.

Ich beginne mit dem lichtelektrischen Effekt.

5.1. Der lichtelektrische Effekt

Zunächst die experimentellen Fakten:

Wird eine Metallplatte mit UV-Licht bestrahlt, dessen Frequenz über einer bestimmten Grenze liegt, dann werden ohne messbare Verzögerung Elektronen freigesetzt, deren Geschwindigkeit nur von der Frequenz der Strahlung abhängt.

Das steht in eklatantem Widerspruch zum Wellenbild des Lichts, demzufolge die Geschwindigkeit der Elektronen von der Intensität des Lichts abhängen müsste und ihre Ablösung bei jeder beliebigen Frequenz erfolgen sollte. Überdies wäre eine geradezu enorme Verzögerung (unter realistischen Bedingungen viele Stunden) bis zur Ablösung des ersten Elektrons zu erwarten, wenn man annimmt, dass die auf eine Fläche der Größenordnung des Elektronenquerschnitts eingestrahlte Lichtenergie sich bis zum erforderlichen Wert summieren muss.

Einsteins Lösung ist bekanntlich, die Wechselwirkung zwischen Licht und Elektron als *Stoßprozess von Teilchen* aufzufassen, und zwar eines *Lichtquants* mit der Frequenz ν_L und der Energie $h\nu_L$ (wo h das von Planck postulierte *Wirkungsquantum* ist), und eines *Elektrons*, das mit der Energie A gebunden ist, die gleich der Ablösearbeit sein muss.

Aus der Energiebilanz ergibt sich dann die Beziehung

$$h\nu_L = A + \frac{m_e v^2}{2} \quad (1)$$

(A ... Ablösearbeit, v ... Geschwindigkeit des Elektrons nach der Wechselwirkung)

Wenn die Wechselwirkung auf diese Weise dargestellt wird, stimmt das Resultat mit dem Experiment überein. Insofern ist es gerechtfertigt, dies als erfolgreiche Beschreibung aufzufassen.

Aus unserer Sicht beschränkt sich der "Erfolg" auf den quantitativen Aspekt. Gemäß den Ausführungen des vorigen Kapitels wird das, was sich "wirklich" ereignet, von Einsteins Beschreibung vollständig verfehlt:

Alle drei Terme der Gleichung enthalten die Einheit Kilogramm: h [$\text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$], A [$\text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$] und m [kg] sind daher Elemente der physikalischen Beschreibung, die keine Entsprechung im fundamentalen Bereich der Wirklichkeit haben; Was sie bezeichnen, existiert dort nicht.

Einsteins Gleichung verfehlt also die Kausalstruktur des Geschehens, und die zu dieser Gleichung gehörende Interpretation ist falsch: (Siehe dazu auch die [Bemerkung](#) auf Seite 50)

Es findet kein Stoßprozess von Teilchen statt. Es gibt keine "Lichtquanten".

Was ereignet sich also *tatsächlich*?

Um das herauszufinden, müssen wir uns auf eine Beschreibung stützen, die *ausschließlich* auf den Einheiten Meter und Sekunde beruht. Nur dann verbleiben wir im kausalen metrischen Bereich.

Das gelingt auf folgende Weise:

Dem Elektron ist eine Frequenz zugeordnet, die wir mit ν bezeichnen. Für ein ruhendes Elektron setzen wir

$$y = \cos 2\pi t \nu$$

Für ein mit der Geschwindigkeit v bewegtes Elektron ergibt die Lorentz-Transformation

$$y = \cos 2\pi \left(t \nu \frac{1}{k} - x \nu \frac{v}{c^2} \frac{1}{k} \right) \quad \left(k = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \right)$$

Die Frequenz ν_e eines mit der Geschwindigkeit v bewegten Elektrons verhält sich zur Frequenz ν_{e_0} eines ruhenden Elektrons also wie

$$\frac{\nu_e}{\nu_{e_0}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{k} \quad (2)$$

Für nichtrelativistische Elektronen ist v klein gegen c und daher gilt

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \approx \frac{1}{1 - \frac{v^2}{2c^2}} \approx 1 + \frac{v^2}{2c^2} \quad (3)$$

Jetzt zur Wechselwirkung. Zunächst betrachten wir die Wechselwirkung zwischen Licht und einem freien Elektron.

Sei also ν_{e_0} die Frequenz eines ruhenden, nicht gebundenen Elektrons vor der Wechselwirkung, ν_e die Frequenz des nach der Wechselwirkung mit der Geschwindigkeit v bewegten Elektrons.

Wir bilden eine Überlagerung aus der den Bewegungszustand des Elektrons repräsentierenden Schwingung

$$y = \cos 2\pi t \nu_{e_0}$$

und der das Licht repräsentierenden ebenen Welle

$$y = \cos 2\pi \left(t \nu_L - x \frac{1}{\lambda_L} \right)$$

Aus dem Summensatz für Winkelfunktionen

$$2 \cos a \cos b = \cos(a + b) + \cos(a - b) \quad (4)$$

folgt, dass wir durch die Überlagerung zwei Wellen mit den Frequenzen

$$\nu_{e_0} \pm \nu_L$$

erhalten (wo ν_L die Frequenz des Lichts ist).

Die höhere Frequenz muss der Frequenz ν_e des durch die Wechselwirkung *beschleunigten* Elektrons entsprechen, also nach (2)

$$\nu_e = \nu_{e_0} + \nu_L = \nu_{e_0} \frac{1}{k} \quad (5)$$

(Die zweite Frequenz diskutieren wir gleich anschließend.)

Dann ist $\nu_L = \nu_{e_0} \left(\frac{1}{k} - 1 \right)$ und nach (3)

$$\nu_L = \nu_{e_0} \frac{v^2}{2c^2} \quad (6)$$

Das ist unser wichtiges Zwischenergebnis:

Auch bei unserer einfachen Wellenüberlagerung hängt die Geschwindigkeit des Elektrons nach der Wechselwirkung nur von der Frequenz des Lichts ab.

[Für die zweite Frequenz müssten wir setzen

$$\nu_e = \nu_{e_0} - \nu_L = \nu_{e_0} k$$

Nach (3) ist aber $k \approx 1 - \frac{v^2}{2c^2}$

und wir erhalten wieder $\nu_L = \nu_{e_0} \frac{v^2}{2c^2}$

Die Frequenz der zweiten Welle entspräche also der Frequenz eines Elektrons, dessen Geschwindigkeit nach der Wechselwirkung $-v$ beträgt. Da wir aber von einem ruhenden Elektron ausgegangen sind, so dass ν_{e_0} nicht weiter verkleinert werden kann, entfällt dieser Teil.]

Um dieses Verfahren auf die Wechselwirkung von Licht mit einem gebundenen Elektron zu übertragen, müssen wir nur in (5) den Frequenzunterschied δ_ν zwischen einem gebundenen und einem freien Elektron einfügen

$$\nu_e = \nu_{e_0} + \nu_L - \delta_\nu = \nu_{e_0} \frac{1}{k} \quad (5')$$

Gleichung (6) wird dann zu

$$\boxed{\nu_L = \nu_{e_0} \frac{v^2}{2c^2} + \delta_\nu} \quad (6')$$

Das ist unser Endresultat, das – gemäß unseren Voraussetzungen – aus dem folgt, was wirklich geschieht: aus einer Überlagerung von Wellen.

(6') enthält nur bekannte und messbare Parameter, und es stimmt mit Einsteins Lösung überein, wovon man sich leicht durch Multiplikation mit h überzeugen kann:

$$h\nu_L = h\nu_{e_0} \frac{v^2}{2c^2} + h\delta\nu \quad (7)$$

Es gilt
$$h\nu_{e_0} \frac{v^2}{2c^2} = m_e c^2 \frac{v^2}{2c^2} \quad (8)$$

So gelangen wir schließlich zu
$$h\nu_L = \frac{m_e v^2}{2} + h\delta\nu \quad (9)$$

– und das ist identisch mit
$$h\nu_L = A + \frac{m_e v^2}{2} \quad (1)$$

Vergleichen wir nun die beiden Modelle – das übliche, einem mechanischen Stoß analoge Modell und unser Wellenüberlagerungsmodell.

Die Tatsache, dass die Geschwindigkeit der Elektronen nach der Wechselwirkung nur von der Frequenz des Lichts abhängt, lässt sich im mechanischen Stoßmodell nur so erklären, dass immer gleiche, unteilbare, durch ihre Frequenz definierte Lichtteilchen mit den Elektronen-Teilchen in Wechselwirkung treten. (Gäbe es auch andere oder geteilte Lichtteilchen, dann wären nach dem Stoß auch Elektronen mit anderen Geschwindigkeiten zu erwarten.)

Im Wellenmodell hingegen ist diese Tatsache selbstverständlich: Hier verlassen die "Elektronen" die Metallplatte in einem stetigen Prozess, *als Wellen*, deren Frequenz aus der Überlagerung von Licht- und Elektronenwellen folgt. Gemäß Gleichung (4) sind daher nach der Wechselwirkung keine anderen Frequenzen und damit auch keine anderen Energien und Geschwindigkeiten möglich – Wellenüberlagerungen lassen keine anderen Resultate zu.

In diesem Modell ist somit klar ersichtlich, warum die Amplitude bzw. die Intensität des Lichts gleichgültig ist, und ebenso, warum keine Verzögerung bis zur ersten Messung auftritt: der Überlagerungsprozess setzt augenblicklich ein. Die Annahme unteilbarer Lichtteilchen ist im Wellenmodell also überflüssig.

Für die Ableitung unseres Endresultats (6') werden nur zwei Voraussetzungen benötigt:

1. Sowohl Licht als auch Elektron sind *Wellen*.
2. Die Lorentz-Transformation gilt.

Ansonsten gehen *keine physikalischen Voraussetzungen* in die Ableitung ein.

Erst bei der Multiplikation von (6') mit h, also für den Schritt von (6') auf (7):

$$\nu_L = \nu_{e_0} \frac{v^2}{2c^2} + \delta\nu \quad (6')$$

$$h\nu_L = h\nu_{e_0} \frac{v^2}{2c^2} + h\delta\nu \quad (7)$$

– und für die physikalische Interpretation von (7) werden die Begriffe *Wirkung*, *Energie* und *Masse* gebraucht sowie die zwischen diesen Begriffen und der Frequenz geltende Beziehung

$$h\nu = mc^2 = E$$

Mit anderen Worten: Für die Beschreibung der Wechselwirkung zwischen Licht und Elektron beim Lichtelektrischen Effekt ist die Annahme ausreichend, dass beide Partner Wellen sind. Nicht nur die Annahme von Lichtquanten ist überflüssig – es kann sogar auf *alle* physikalischen Begriffe und Zusammenhänge verzichtet werden. Erst beim Übergang zu einer mechanischen Beschreibung der gewohnten Art treten die Begriffe auf, die sonst die notwendige Basis der Beschreibung bilden: Masse, kinetische Energie, Gesamtenergie.

Hier stehen also die Beschreibungen durch Wellen und durch Teilchen nicht nebeneinander, sondern es besteht eine hierarchische Beziehung zwischen beiden: Die Wellenbeschreibung kommt zuerst – sie ist *fundamental*; die Teilchenbeschreibung ist ihr nachgeordnet – sie ist *abgeleitet*.

Die Gleichungen $E = h\nu$ und $p = h/\lambda$ sind daher in diesem Fall kein Beweis für den Welle-Teilchen-Dualismus; sie sind **Definitionsgleichungen** für die Größen Energie und Impuls.

Der Begriff **Energie** wird auf den Begriff **Frequenz zurückgeführt**, und der Begriff **Impuls** auf den Begriff **Wellenlänge**. (Mehr dazu folgt im [Kapitel 6](#) über Quantentheorie.)

Es ist klar: Wenn diese Interpretation, die sich beim Lichtelektrischen Effekt auf ganz natürliche Weise ergibt, tragfähig ist, dann ändert sich formal **nichts** – begrifflich und konzeptionell ändert sich aber **alles**. Was vorher unerklärbar und letztlich absurd war – Schlagwort "Welle-Teilchen-Dualismus" – ist jetzt erklärbar und selbstverständlich.

Ich fasse zusammen. Wie zu sehen ist, lässt sich der Lichtelektrische Effekt auf zwei Arten darstellen:

1. Nach dem mechanischen Stoßmodell. Beide Partner werden als Teilchen aufgefasst.

Dann muss entweder eine *objektiv dualistische* Position eingenommen werden (Quanten, die die gesamte Energie tragen, sind in die Wellen eingebettet – dies war Einsteins, de Broglies und später Bohms Standpunkt) oder es muss *Komplementarität* angenommen werden (dies ist die Kopenhagener Interpretation).

Die dualistische Position führt zur expliziten Nichtlokalität, die Kopenhagener Interpretation führt zum Verzicht auf jede Art von Verständnis.

2. Durch Wellenüberlagerung. Beide Partner werden als Wellen aufgefasst.

Dann entfallen die Interpretationsschwierigkeiten, die mit den unter 1. erwähnten Positionen verbunden sind. Weder Dualismus noch Komplementarität sind erforderlich.

Das alles ist vorläufig nur für den Lichtelektrischen Effekt bewiesen. Der nächste Schritt, den wir auf unserer Analyse des historischen Gangs der Physik unternehmen müssen, ist die Erprobung der Modellannahmen an der Streuung von hochfrequentem Licht (Röntgenstrahlen) an Elektronen.

5.2. Der Compton-Effekt

Bei der Streuung von Röntgenstrahlen an Elektronen werden zwei Effekte beobachtet, die nicht mit der Annahme vereinbar scheinen, dass Licht *nur* eine Welle ist:

1. Die Wellenlänge der gestreuten Strahlung ist größer als die der einfallenden.
2. Die Streuwinkelverteilung ist bezüglich Vorwärts- und Rückwärts-Richtung asymmetrisch.

1922 gelang es Arthur Compton, die Streuung von Röntgenstrahlen an Graphit als Stoßprozess von Lichtquanten und Elektronen zu beschreiben.

Er leitete die gemessene, vom Streuwinkel ϑ abhängige Differenz zwischen der Wellenlänge λ_2 der gestreuten und der Wellenlänge λ_1 der einfallenden Strahlung

$$\lambda_2 - \lambda_1 = \lambda_C (1 - \cos \vartheta) \quad (\lambda_C \text{ Compton-Wellenlänge des Elektrons})$$

aus der Annahme ab, dass *Lichtteilchen* an *Elektron-Teilchen* gestreut werden.

Der Unterschied zwischen Compton-Effekt und Lichtelektrischem Effekt besteht – aus konventioneller Sicht – darin, dass beim LE das Photon absorbiert wird, dass es also seine ganze Energie an das Elektron abgibt, während beim CE das Photon vom Elektron abgelenkt wird und nur einen Teil seiner Energie verliert.

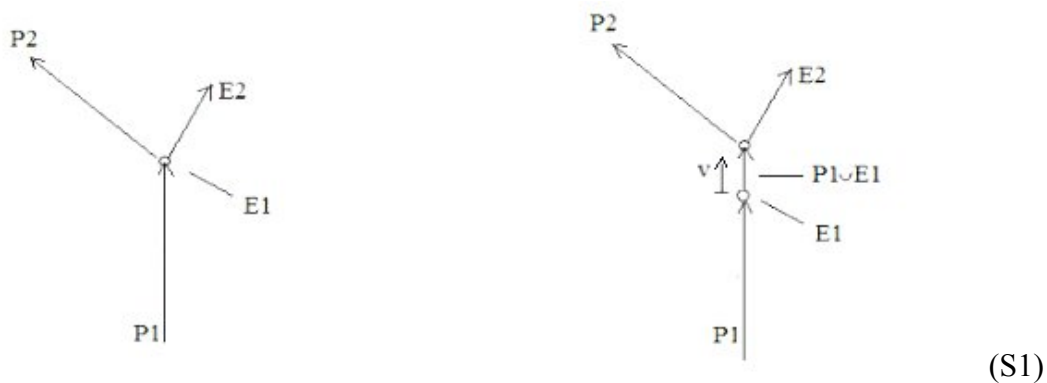
Von dem hier eingenommenen Standpunkt aus besteht der Unterschied zwischen beiden Effekten darin, dass beim LE die beiden Wellen eine dauernde Superposition bilden, während sie sich beim CE wieder trennen.

Aus dieser Sicht erfolgt der Streuprozess Photon-Elektron also in zwei Schritten:

A: Das Photon trifft auf ein ruhendes Elektron. Beide Wellen bilden eine Überlagerung.

B: Beide Wellen trennen sich wieder.

In der folgenden Skizze links der Streuprozess als Stoß, rechts die 2-Schritt Variante:



(S1)

$P1 \cup E1$ bezeichnet den kurzzeitig bestehenden Überlagerungszustand beider Wellen.

Der ganze Prozess lässt sich also wie folgt beschreiben:

Das ruhende Elektron $E1$ vereinigt sich mit dem Photon $P1$. Es wird dadurch zu E_+ ($E_+ = P1 \cup E1$). E_+ bewegt sich mit der Geschwindigkeit v . E_+ gibt das Photon $P2$ ab und wird zum Elektron $E2$.

Nennen wir das Labor-Bezugssystem S . Wir betrachten nun die Verhältnisse in jenem relativ zu S mit v bewegten Bezugssystem S' , in dem E_+ ruht. $E1'$ bewegt sich also relativ zu S' mit $-v$.

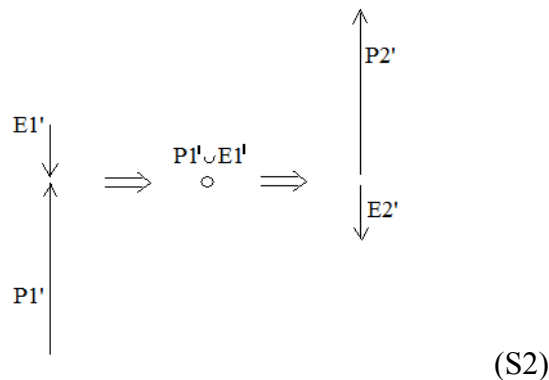
Ein mit v bewegtes Elektron hat eine de Broglie-Wellenlänge von

$$\lambda_B = \lambda_C \frac{c}{v} k \quad (\lambda_C \dots \text{Compton-Wellenlänge des Elektrons, } k = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}})$$

Bezüglich S' gilt also:

$$(1) \text{ Die Wellenlänge von } E1' \text{ beträgt } \lambda_C \frac{c}{v} k$$

Wir bleiben in S' . Nehmen wir nun zunächst den Fall an, dass sich die beiden Wellen genau entlang der Geraden trennen, auf der sich $P1'$ zu $E1'$ hin bewegt hat.

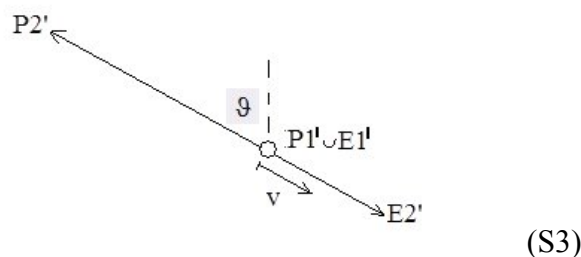


Dann ist der Trennungsprozess $TP(0^\circ)$ offenbar die Umkehrung des Vereinigungsprozesses VP , und das führt zu

$$P2' = P1' \quad \text{und} \quad E2' = E1'.$$

$E2'$ hat dann in S' wieder (so wie vorher $E1'$) die Geschwindigkeit $-v$. $P2'$ wäre in der üblichen Darstellung ein *nicht gestreutes* Photon.

Jetzt gehen wir zu einer beliebigen Trennungsrichtung ϑ über. In bezug auf S' entfernen sich $P2'$ und $E2'$ voneinander wieder entlang einer Geraden.



Gegenüber dem Trennungsprozess $TP(0^\circ)$ ist dieser Trennungsprozess $TP(\vartheta)$ nur gedreht, ansonsten aber unverändert. Es ist also *derselbe* Prozess, der Betrag der Geschwindigkeit von $E2'$ in S' ist daher wiederum $|v|$, und das aus $TP(\vartheta)$ hervorgegangene Photon ist bis auf die Richtung identisch mit dem aus $TP(0^\circ)$ hervorgegangenen Photon.

In Verbindung mit dem Vorhergehenden ergibt sich, dass in S' gilt:

- (2) Das einfallende Photon $P1'$ und das gestreute Photon $P2'$ sind bis auf die Richtung identisch.

Somit gilt $\lambda_{P1'} = \lambda_{P2'}$ für alle Streuwinkel ϑ .

Zuletzt benötigen wir noch Folgendes:

In S' hat $E1'$ die Geschwindigkeit $-v$. E_+ ist relativ zu S' in Ruhe.

Die Frage ist: Was muss bezüglich $P1'$ gelten, damit, wie in den Skizzen (S2) und (S3), in S' die Geschwindigkeit der Vereinigung E_+ der beiden Wellen $E1'$ und $P1'$ gleich 0 wird?

Die de Broglie-Wellenlänge $\lambda_B = \lambda_C \frac{c}{v} k$ des Elektrons ist ein relativistisches Phänomen: Durch Lorentz-Transformation einer gleichphasigen Schwingung in ein mit v bewegtes System wird die Phasengleichheit aufgehoben und es entsteht eine Phasenwelle mit ebendieser Wellenlänge. Wenn die dadurch erzeugte Bewegung wieder verschwinden soll, muss diese Phasenverschiebung aufgehoben werden.

Betrachten wir den kurzzeitigen Überlagerungszustand E_+ der Wellen, die $P1'$ und $E1'$ repräsentieren:

$E1'$ wird gemäß (1) repräsentiert durch (f_e ... Frequenz des ruhenden Elektrons)

$$\cos 2\pi \left(t f_e \frac{1}{k} + x \frac{1}{\lambda_C} \frac{v}{c} \frac{1}{k} \right) = \cos 2\pi \left(t f_e \frac{1}{k} + x \frac{1}{\lambda_B} \right)$$

$P1'$ wird repräsentiert durch

$$\cos 2\pi \left(t f_{P1'} - x \frac{1}{\lambda_{P1'}} \right)$$

Setzen wir nun die Wellenlänge von $P1'$ gleich der von $E1'$, also

$$\lambda_{P1'} = \lambda_B = \lambda_C \frac{c}{v} k,$$

dann entstehen durch die Wellenüberlagerung $E1' * P1'$ gemäß dem Summensatz für Winkelfunktionen

$$2 \cos a \cos b = \cos(a + b) + \cos(a - b)$$

(genau wie beim Lichtelektrischen Effekt) zwei Wellen:

Bei der ersten Welle verschwindet der x -Term, was nichts anderes bedeutet, als dass hier tatsächlich die Phasenverschiebung aufgehoben und deshalb die Geschwindigkeit von E_+ gleich 0 ist.

[Die zweite Welle würde sich, von S aus gesehen, entgegen der Richtung des einfallenden Photons bewegen, die Frequenz wäre aber zugleich gegenüber der Frequenz des in S ruhenden Elektrons $E1$ verringert, was nicht möglich ist. Wie beim Lichtelektrischen Effekt entfällt also auch hier dieser zweite Teil.]

Somit gilt:

(3) Das einfallende Photon $P1'$ hat im Bezugssystem S' die Wellenlänge

$$\lambda_{P1'} = \lambda_B = \lambda_C \frac{c}{v} k$$

Nun muss nur noch von S' ins Laborsystem S transformiert werden.

Für die Berechnung der Wellenlängen von $P1$ und $P2$ benötigen wir lediglich den relativistischen Dopplereffekt für beliebige Winkel ϑ , also:

$$\lambda' = \lambda \left(1 - \frac{v}{c} \cos \vartheta\right) \frac{1}{k}$$

In unserem Fall ist $\lambda_{P1} = \lambda_{P1'} \left(1 - \frac{v}{c}\right) \frac{1}{k}$

und, wegen (2) $\lambda_{P2} = \lambda_{P1'} \left(1 - \frac{v}{c} \cos \vartheta\right) \frac{1}{k}$

Daraus folgt $\lambda_{P2} - \lambda_{P1} = \lambda_{P1'} \frac{1}{k} \frac{v}{c} (1 - \cos \vartheta)$.

Wird nun der Wert für $\lambda_{P1'}$ aus (3) eingesetzt, ergibt sich

$$\lambda_{P2} - \lambda_{P1} = \lambda_C (1 - \cos \vartheta)$$

und das ist das gewünschte Resultat.

Was ist mit der Asymmetrie der Streuwinkelverteilung?

In S' sind alle Streurichtungen gleich wahrscheinlich, d.h. gleichverteilt zwischen 0° bis 360°. Bezüglich des Laborsystems S folgt dann die beobachtete, mit der Frequenz der einfallenden Photonen zunehmende Asymmetrie der Streuwinkelverteilung.

Auch bei der Beschreibung der Streuung von hochfrequentem Licht an Elektronen ist es also gelungen, ohne alle physikalischen Voraussetzungen, nur auf die Annahme gestützt, dass sowohl Licht als auch Elektron Wellen sind, das richtige Resultat abzuleiten. Da dieses Resultat als Differenz von Wellenlängen angegeben ist, war es hier – anders als beim Lichtelektrischen Effekt – bis zum Schluss nicht notwendig, auf die übliche mechanische Beschreibung überzuwechseln oder irgendeinen der dort notwendigen Begriffe auch nur zu erwähnen.

Damit sind die beiden Experimente, durch die der Welle-Teilchen-Dualismus des Lichts in die Physik Eingang fand, durch *Wellenüberlagerungen* beschrieben worden. Die Annahme von Licht-Teilchen – *die Quantisierung der Strahlung* – erwies sich als überflüssig.

Bemerkung:

Obwohl Einsteins Beschreibung des lichtelektrischen Effekts als Stoß von Teilchen nur der erste Schritt zur Quantisierung des Lichts ist, sind darin doch bereits alle Probleme oder besser: Absurditäten vorgezeichnet, zu denen diese Auffassung zwingt. Der Grund dafür ist eben das Postulat der Unteilbarkeit der Teilchen: es führt dazu, dass man bei Experimenten, in denen nur ein einziges Teilchen unterwegs ist und dennoch Interferenz beobachtet wird, zu der absurden Annahme genötigt wird, das *unteilbare* Teilchen existiere zur selben Zeit an zwei verschiedenen Orten. Die unvermeidliche Konsequenz dieser "Interpretation" ist dann, einzusehen, dass unsere Begriffe – oder überhaupt *irgendwelche* Begriffe – nicht dafür geeignet sind, das Fundament der Wirklichkeit zu beschreiben. Was von dieser sogenannten Interpretation übrig bleibt, ist also ein reines Denk- und Frageverbot. Die Wirklichkeit verschwindet.

Im [4. Kapitel](#) haben wir festgestellt: *Beschreibungen, in denen Begriffe auftreten, die die Einheit Kilogramm enthalten, mögen quantitativ korrekt sein, aber sie verfehlen das tatsächliche, kausale Geschehen.* Genau das ist hier der Fall: Es gibt weder "Teilchen" und noch "Stoßprozesse".

Und deshalb treten solche Probleme in unserer alternativen, *rein metrischen Beschreibung* durch Wellen überhaupt nicht auf. Hier verschwinden nur die Absurditäten und nicht die Wirklichkeit.

5.3. Die Quantisierung

Lichtelektrischer Effekt und Compton-Effekt sind die entscheidenden Stationen auf dem Weg zu einem Prinzip der modernen Physik, das heute als selbstverständlich gilt: die *Quantisierung*.

"Quantisierung" ist dasjenige Element der theoretischen Physik, von dem ihre Entwicklung in einem geradezu unglaublichen Maß – in manchen Episoden sogar fast ausschließlich – bestimmt worden ist. Der Hauptgrund dafür ist, dass es zur Erreichung des wichtigsten Ziels der Physik – der Vereinheitlichung der Naturbeschreibung – erforderlich scheint, die Allgemeine Relativitätstheorie dem Formalismus der Quantentheorie anzupassen, sie also zu "quantisieren".

Im Verlauf des Jahrzehnte langen Ringens um Vereinheitlichung entstand eine mathematische Struktur, von der zwar nicht klar ist, in welcher Beziehung sie zur Wirklichkeit steht, die aber von solcher Komplexität ist, dass viele Physiker nun davon ausgehen, in einer dermaßen reichen Mathematik müsste schließlich *auf jeden Fall* auch die Struktur der Wirklichkeit enthalten sein, wenn sie nur hinreichend weit entwickelt würde.

Von dem in dieser Arbeit eingenommenen Standpunkt sind sowohl das Motiv hinter dieser Entwicklung sowie die daraus entstandene Sicht der Beziehung zwischen Mathematik und Wirklichkeit aus mehreren Gründen *prinzipiell* falsch:

- (1) Aus unseren bisher durchgeführten Argumenten und Ableitungen folgt, dass das Fundament der Wirklichkeit *kontinuierlich* ist. **Es gibt keine Quantisierung** – jedenfalls nicht in dem ontologischen Sinn, den dieser Begriff in der Physik hat. Quantisiert sind nur die *Messungen*.

Die Begründung dafür wurde im [Kapitel 4](#) gegeben:

Im fundamentalen Bereich der Wirklichkeit, der ihre Kausalstruktur enthält, ist die Masse in Kilogramm *nicht vorhanden*. Der Terminus "Teilchen" ist aber der Inbegriff der physikalischen Entitäten, die die Masse in Kilogramm enthalten: *Masse, Ladung, Kraft, Arbeit, Impuls* – sie alle entstammen den Erfahrungen mit "gewöhnlichen" Objekten, deren Masse in Kilogramm sie überhaupt erst "erfahrbar" macht. Der Begriff "Teilchen" ist eine Projektion dieses alltäglichen Objektbegriffs in den Bereich des Kleinsten und Allerkleinsten, in dem Objekte dieser Art *nicht existieren*.

Der kausale Bereich der Wirklichkeit ist nicht quantisiert. In ihm gibt es keine "Teilchen".

Jede Erklärung eines physikalischen Vorgangs, die "Quantisierung" voraussetzt oder den Begriff "Teilchen" enthält, verfehlt die Ursachen des Geschehens. (Man denke an den [Lichtelektrischen Effekt](#) und den [Compton-Effekt](#): es gibt keine "Teilchen-Stöße", nur Wellen-Überlagerungen.)

Satz:

Die Phänomene, die üblicherweise als "Teilchen" bezeichnet werden, sind stationäre Zustände von Wellen – stehende Wellen bzw. durch Knotenflächen getrennte Schwingungsbereiche stehender Wellen – oder Übergänge zwischen solchen Zuständen.

Außerhalb dieser Zustände gibt es nur laufende Wellen oder auseinanderlaufende Wellengruppen; der Begriff "Teilchen" verliert dann seinen Sinn.

Da die Identität des durch einen Übergang erzeugten und danach durch einen ebensolchen Übergang gemessenen "Teilchens" damit aufgehoben ist, ist die Behauptung seiner Existenz zwischen Erzeugung und Messung irreführend.

Laufende Wellen sind **niemals** "quantisiert", sie sind **niemals** "teilchenartig".

Stehende Wellen sind **immer** "quantisiert", allerdings nicht in dem ontologischen Sinn, den die theoretische Physik unterstellt, sondern nur in dem trivialen Sinn, dass ihre Übergänge bei Beobachtungen und Messungen sprunghaft *erscheinen*. Die *ursächlichen Prozesse* sind **immer kontinuierlich**.

(2) Die in meiner Beschreibung der Wirklichkeit auftretenden Wellen sind keine *Wahrscheinlichkeitswellen*, sondern **wirklich existierende metrische Wellen**.

Daraus folgen zahlreiche weitere Aussagen, die den üblichen Überzeugungen widersprechen. Ich werde sie nicht aufzählen, sondern nur drei herausgreifen:

Es gibt keine Wellen, die mit bestimmten *Wahrscheinlichkeiten* Polarisatoren durchqueren, sondern nur Wellen, die diese Polarisatoren *teilweise* durchqueren.

Aus denselben Gründen gibt es auch keine "Teilchen", die gleichzeitig in verschiedenen Zuständen oder an verschiedenen Orten mit bestimmten Wahrscheinlichkeiten existieren, sondern bloß Wellen mit verschiedenen Amplituden.

Schließlich – und das ist ein unerhört wichtiger Sachverhalt, weil sich durch ihn der *Verlust der Wirklichkeit* am deutlichsten zeigt – gibt es auch **keine "Nichtlokalität"**.

Der Bellsche Beweis setzt das vollständig falsche Bild der Wirklichkeit voraus, in dem Teilchen (z.B. Photonen) entweder *ganz* oder *gar nicht* durch Polarisatoren gehen. Bei meinem Aufbau der Naturbeschreibung kann der Beweis nicht einmal *formuliert* werden. (Mehr dazu [später](#).)

(3) Gravitation und Elektromagnetismus entstammen demselben Ursprung. Beide Theorien sind *rein metrisch*. Sie bedürfen keiner weiteren "Vereinigung".

Insbesondere bedarf die Gravitation keiner "Quantisierung", und – wie wir später zeigen werden – **auch die Quantentheorie selbst ist keineswegs "quantisiert"**, sie beruht ebenfalls auf einer kontinuierlichen Basis aus "normalen" metrischen Wellen.

(4) Zuletzt noch zur Erwartung, dass die Verfolgung rein mathematischer Ziele schließlich zur Erkenntnis der Struktur der Wirklichkeit führen wird:

Im Abschnitt [2.1. Der Selbstwiderspruch](#) haben wir die Beschreibung der Wirklichkeit um ein **nicht definierbares Element** erweitert, für dessen Vorhandensein es zwingende Gründe gibt (siehe Abschnitt [2.2. Das fehlende Element](#)).

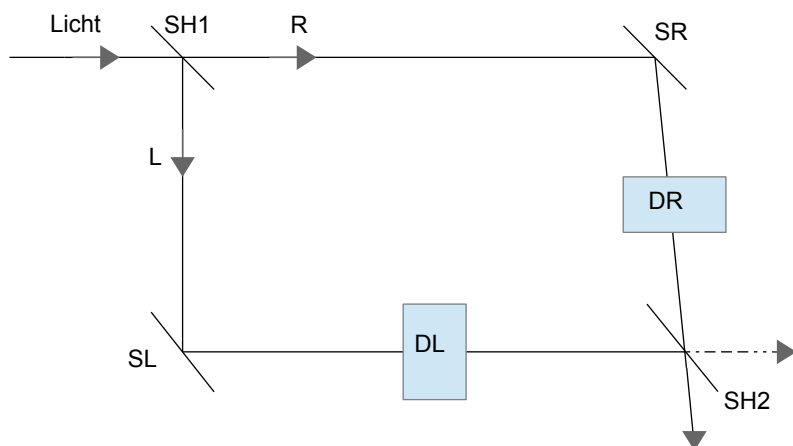
Daraus folgt offenbar, dass die Struktur der Wirklichkeit **in keiner Art von Mathematik** enthalten sein kann.

Satz:

Die Wirklichkeit transzendiert jedes mathematische System.

5.4. Paradoxon der zwei Wege

Als Erinnerung, zu welchen Absurditäten uns die Quantisierung zwingt, hier ein bekanntes Beispiel:



Ein Lichtstrahl läuft (links oben beginnend) durch die skizzierte Versuchsanordnung. Die Intensität des Lichts wird so gering gewählt, dass sich fast mit Sicherheit nur **ein einziges Photon** im dargestellten Bereich befindet.

Zunächst durchquert das Licht den halbdurchlässigen Spiegel SH1. Auf den beiden Wegen L und R wird es durch normale Spiegel SL bzw. SR so umgelenkt, dass sich die Strahlen an einem weiteren halbdurchlässigen Spiegel SH2 wieder vereinigen. Die Längen von L und R sind so abgestimmt, dass beim zweiten halbdurchlässigen Spiegel die Phase des den Weg L durchlaufenden Lichts nicht mit der Phase des den Weg R durchlaufenden übereinstimmt und einer der beiden Strahlen durch destruktive Interferenz verschwindet. In beide Strahlengänge können wahlweise Photonendetektoren (DL und DR) eingesetzt werden.

Der Verlauf des Versuchs zeigt folgende – in der üblichen Betrachtung unbehebbar – Absurdität:

Wenn sich die beiden Detektoren *nicht* in den Strahlengängen befinden, dann tritt nach dem zweiten halbdurchlässigen Spiegel *Interferenz* auf, das heißt: Das *Photon* bzw. die *Lichtwelle* muss *beide* Wege genommen haben – sonst wäre Interferenz unmöglich.

Dieses Faktum verdient besondere Beachtung:

Es muss immer in beiden Strahlengängen zugleich irgendetwas unterwegs sein, sonst könnte nicht nach dem zweiten halbdurchlässigen Spiegel immer dann, wenn beide Wege frei sind, Interferenz beobachtet werden.

Wenn nun aber die Detektoren in die Strahlengänge eingesetzt werden, so spricht immer nur *ein* Detektor an: **da das Photon unteilbar ist**, kann es nur (mit einer Wahrscheinlichkeit von jeweils 1/2) *entweder* den Weg L *oder* den Weg R entlang laufen.

Auch diesem Sachverhalt gebührt unsere besondere Aufmerksamkeit:

Es ist niemals auf beiden Wegen zugleich irgendetwas unterwegs, da das Photon unteilbar ist.

Die beiden Sachverhalte widersprechen einander offenbar.

Wie wird dieser Widerspruch in der Standardinterpretation "gelöst"? Folgendermaßen:

Wenn ein Photon in einem der Detektoren gefunden wird, dann *verschwindet* das Wellenphänomen im anderen Strahlengang augenblicklich! – es ist gewissermaßen nicht existent, es war nur eine "Wahrscheinlichkeitswelle", was auch immer das bedeuten mag.

Das ist die *Reduktion der Wellenfunktion*: Eine einzige der wellenartig sich ausbreitenden Möglichkeiten – in diesem Beispiel sind es nur zwei – wird wirklich, und alle anderen verschwinden augenblicklich, gleichgültig, wie weit entfernt sie auch sein mögen.

Wären die Amplitudenquadrate dieser quantentheoretischen Wahrscheinlichkeitswellen einfach nur Wahrscheinlichkeiten, wie beim Würfeln, dann gäbe es kein Problem – dann würde nichts verschwinden, weil es immer nur eine einzige Wirklichkeit gibt: eben den Würfel auf seiner Bahn, vom Beginn des Wurfs an, und weil die Wahrscheinlichkeit von 1/6 für jede Augenzahl bloß der Ausdruck dafür ist, dass wir diese eindeutige Bahn des Würfels einfach nicht kennen.

Von dieser Art können die quantentheoretischen Möglichkeiten aber nicht sein: Sie *interferieren* – es gibt Interferenz, wenn keine Detektoren die Lichtwege unterbrechen. Das *muss* bedeuten, dass in beiden Wegen irgendetwas vorhanden ist. Und was vorhanden ist, kann nicht einfach verschwinden! Es verschwindet aber doch. Und damit – so lautet jedenfalls das allgemeine Credo – müssen wir uns abfinden. Das Paradox ist auch nicht dazu erdacht, um etwas zu erklären, sondern dazu, um zu demonstrieren, dass die Natur sich auf eine Weise verhält, die für uns gänzlich unbegreiflich ist.

Aber halt: vielleicht "weiß" das Photon ja, was wir tun? Wenn die Information darüber, ob die Detektoren in den Strahlengängen sind oder nicht, auf irgendeine Weise am ersten Strahlteiler SH1 vorhanden ist, dann könnte das Photon sich entscheiden, ob es *einen* Weg nimmt oder *beide*.

Auch diese selbst schon wenig plausible Vermutung stellt aber keine Lösungsmöglichkeit des Problems dar.

Wir können nämlich die Entscheidung, ob die Detektoren in die Strahlengänge eingebracht werden oder nicht, so lange hinausschieben, bis das Licht bereits den ersten halbdurchlässigen Spiegel durchquert hat, wenn also bereits entschieden ist, ob es nur *einen* oder ob es *beide* Wege genommen hat. Alles verläuft dann gleich: Ohne Detektoren beobachten wir Interferenz, mit ihnen aber kein gleichzeitiges Ansprechen, sondern eine statistische Folge abwechselnder Ereignisse in beiden Detektoren. Da aber jetzt die Entscheidung, ob das Licht einen oder beide Wege genommen hat, schon gefallen ist, scheinen wir *rückwirkend* bestimmen zu können, was es tut bzw. *getan hat*.

Die Formulierungen, die die Standardinterpretation hier anbietet, erinnern eher an blumenumkränzte Sprechblasen, als dass sie irgendetwas aufklärten. Es wird etwa gesagt: "Die Ereignisse können nicht getrennt beschrieben werden. Sie bilden eine Einheit, die erst durch die Messung aufgehoben wird" oder: "Nichts ist ein Ereignis, solange es nicht beobachtet wird".

Tatsächlich mildern solche Äußerungen jedoch nicht im Geringsten die absurde Härte des paradoxen, im Grunde nicht zu akzeptierenden Sachverhalts, dass bei dem beschriebenen Szenario, nicht anders als auch bei vielen anderen quantentheoretischen Beschreibungen, irgendetwas verschwindet, was seine Existenz durch Interferenz *beweist*, und dass dieses Verschwinden *ohne jede physikalische Vermittlung* stattfindet.

Genug der Absurditäten! Es ist sicher klar geworden, dass die Gründe, die die Physiker dazu veranlasst haben, das eben Gesagte nicht als *reductio ad absurdum* aufzufassen, sondern als *Interpretation* zu akzeptieren, danach beurteilt werden müssen, ob sie für eine derart extreme Entscheidung stark genug sind, und dass jede Alternative, die solch bizarre Annahmen vermeidet, der gegenwärtigen Sichtweise vorzuziehen ist.

Der Verzicht auf die Annahme der Quantisierung ist eine solche Alternative: wenn es nur Wellen gibt, verschwindet die Absurdität. Es bleibt dann nur die ganz "normale" Frage übrig, warum nie beide Detektoren zugleich ansprechen. (Im Buch [Begriff](#) wird sie ab Seite 156 beantwortet.) Da aber *Ereignisse* in unserer Interpretation *Übergänge zwischen verschiedenen Zuständen stehender Wellen* sind, die durch Aufsummierung laufender Wellen mit unterschiedlichen Amplituden ausgelöst werden, ist die Wahrscheinlichkeit *gleichzeitiger* Ereignisse ohnehin äußerst gering.

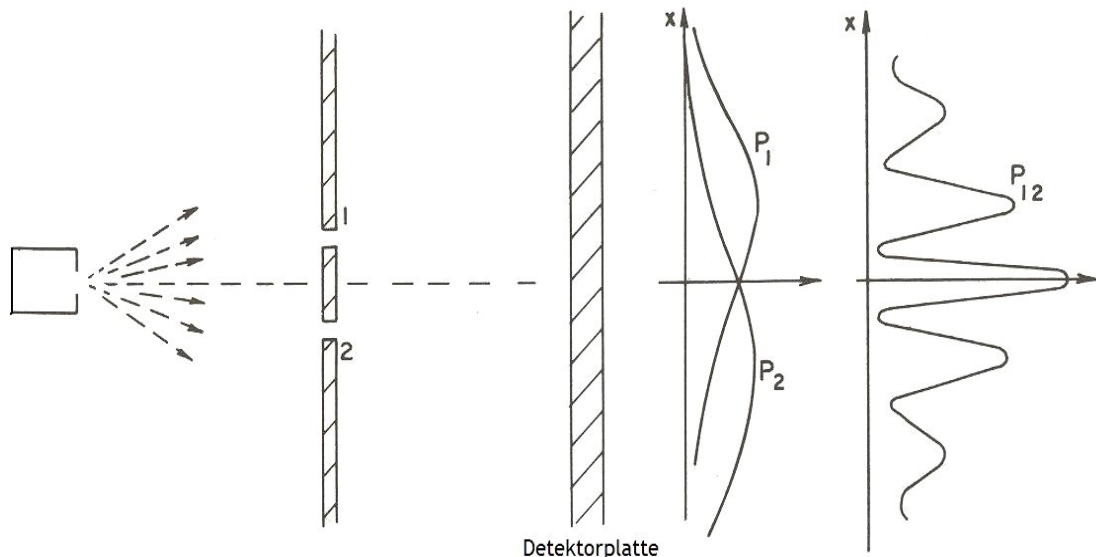
5.5. Das Doppelspaltexperiment

Im Doppelspaltexperiment versammeln sich auf fast einzigartige Weise alle Irrtümer und Vorurteile, mit denen wir uns in den vorhergehenden Abschnitten beschäftigt haben. Hier nehmen sie eine besonders klare und übersichtliche Form an, sodass der *Verlust der Wirklichkeit* deutlich erkennbar wird. Deshalb habe ich es gewählt, um an ihm meine Sicht der Wirklichkeit zu demonstrieren und den üblichen Überzeugungen gegenüberzustellen.

Ich werde das Experiment kurz skizzieren und dann die Interpretation präsentieren, die sich aus den bisher ausgeführten Argumenten und Ableitungen ergibt.

Die Information, die uns durch Theorie und Experiment zur Verfügung gestellt wird, ist so einfach und überschaubar, dass sie sich in Form weniger Skizzen darstellen lässt.

Zunächst eine Skizze des Ablaufs:



(S1)

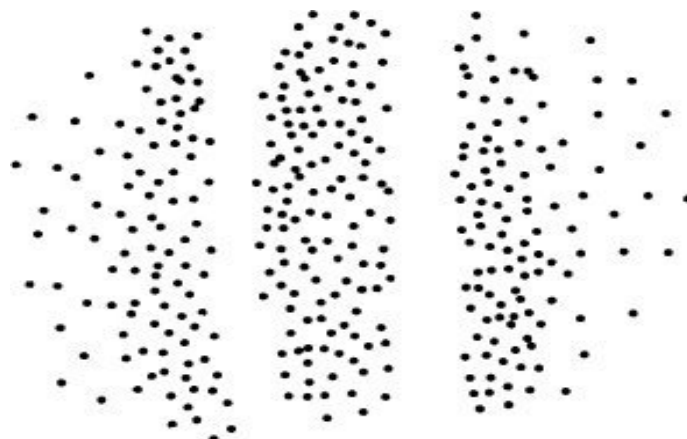
Links im Bild ist eine Vorrichtung zur Erzeugung irgendwelcher Teilchen. (Z.B. Elektronen, oder auch Photonen – das Folgende gilt für *alle* Arten von Teilchen.) Wird dieser Apparat eingeschaltet, dann erscheint auf der Detektorplatte in unregelmäßiger Folge ein Schwärzungspunkt nach dem anderen. Im Lauf der Zeit ergeben die Schwärzungen das bekannte Interferenzmuster. (P_1 zeigt die Verteilung der Punkte, wenn nur Spalt 1 offen ist, P_2 für Spalt 2, $P_{1,2}$ für beide Spalte.)

Das Scheitern aller anschaulichen Interpretationsversuche wird folgendermaßen dargestellt:

Einerseits treten Elektronen (oder Photonen usw.) ausschließlich als unteilbare Einheiten auf. Sie müssen daher als Teilchen beschrieben werden, das heißt: sie gehen *entweder* durch Spalt 1 *oder* durch Spalt 2. $P_{1,2}$ ist aber nicht die Summe von P_1 und P_2 – es gibt Interferenz, was im Teilchenbild unmöglich ist. Wir müssen also andererseits das Wellenbild der Elektronen verwenden, um diese Interferenz zu beschreiben. In *diesem* Bild tritt eine Welle durch *beide* Spalte, wird durch diese gebeugt, interferiert mit sich selbst und trifft auf die Detektorplatte. Abhängig von der Entfernung der Platte vom Doppelspalt kann die Welle dabei beliebig ausgedehnt sein.

Wir beobachten aber kein allmähliches gleichmäßiges Ansteigen der Schwärzung der Detektorplatte gemäß $P_{1,2}$, sondern eine Folge lokalisierter Ereignisse, das heißt einzelner winziger Schwärzungen, die durch jeweils ein Elektron ausgelöst werden, das also jetzt wieder der Teilchenvorstellung entspricht. Erst eine große Zahl solcher lokalen Ereignisse ergibt das Interferenzbild.

Es präsentiert sich uns also ein Bild folgender Art:



(S2)

Mit dem Auftreten des Teilchens verflüchtigt sich augenblicklich die ganze ausgedehnte Welle – das ist die sogenannte "Reduktion der Wellenfunktion": von allen wellenförmig sich ausbreitenden Möglichkeiten bleibt nur eine einzige übrig, die zum beobachteten Ereignis wird; alle anderen verschwinden.

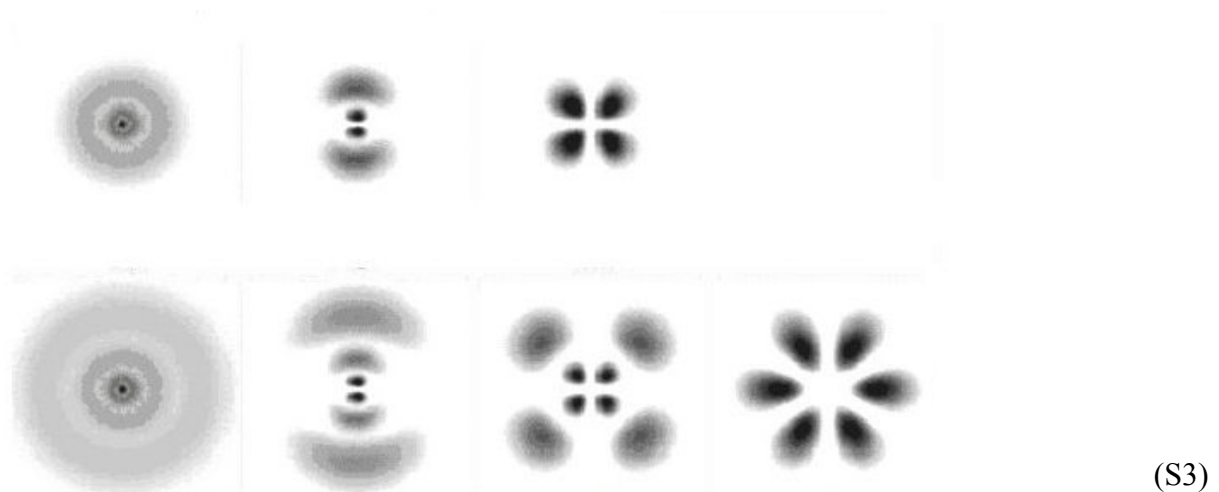
Teilchen- und Wellenbild sind miteinander unvereinbar. Dennoch benötigen wir beide zur Beschreibung. Somit scheinen wir gezwungen, die Beschränktheit unserer Begriffe und Vorstellungen zuzugeben und uns dort, wo sie versagen, ins mathematische Schema zurückzuziehen.

Dieses Schema ist allerdings überraschend einfach: Der Vorgang wird durch eine Wellengleichung beschrieben. Tatsächlich stellt $P_{1,2}$ genau die Verteilung dar, die sich auch durch die Interferenz "ganz normaler" Wellen ergeben würde, nur dass bei "normalen" Wellen eben keine punktartigen Schwärzungen auftreten würden, sondern überall eine allmähliche Zunahme der Schwärzung zu erwarten wäre.

Deshalb wird die in dieser Wellengleichung auftretende Amplitude nicht als Amplitude einer *wirklich existierenden Welle* aufgefasst, sondern als "Wahrscheinlichkeitsamplitude": Das Quadrat ihres Absolutbetrags an irgendeinem Ort auf der Detektorplatte ergibt die Wahrscheinlichkeit, dass dort ein Elektron erscheint.

Zuletzt betrachten wir eine schematische Darstellung derjenigen Objekte, von denen die Elektronen stammen, die in Skizze (S1) links erzeugt werden.

Ebensolche Objekte befinden sich auch auf der Oberfläche der Detektorplatte. Ihre sprunghaften Veränderungen führen zu den Schwärzungspunkten, die wir dann beobachten:



(S3)

Bei den abgebildeten Strukturen handelt es sich um Elektronenhüllen in verschiedenen Zuständen.¹⁸ Sie werden als "Dichteverteilungen" bezeichnet: das Amplitudenquadrat der jeweils abgebildeten stehenden Welle zeigt die Wahrscheinlichkeit an, dass sich dort ein Elektron befindet (wie bei der laufenden Welle nach dem Doppelspalt).

Mit diesen wenigen Informationen sind wir bereits ausreichend darauf vorbereitet, uns nun der Beantwortung der Frage zuzuwenden:

Was geschieht wirklich beim Doppelspaltexperiment?

Um diese Frage beantworten zu können, müssen wir den Doppelspalt-Versuch in der Form eines Gedankenexperiments durchführen, bei dem wir uns ausschließlich auf die Information stützen, die

¹⁸ Es sind Zustände des Wasserstoff-Atoms. Für Atome mit mehreren Elektronen müssen Anpassungen vorgenommen werden.

in unseren drei Skizzen präsent ist – einfach ausgedrückt: ***auf das, was wir dort sehen*** – und die seit hundert Jahren bestehende, letztlich ergebnislose Diskussion darüber außer Acht lassen.

Skizze (S1) bezieht sich auf einen ***Prozess, der durch Wellen verursacht ist***, und für den überdies gilt, dass er aufgrund der Interferenz mit Sicherheit ***ausschließlich durch Wellen*** verursacht werden kann.

Skizze (S2) zeigt die ***Schwärzungspunkte*** auf der Detektorplatte, die ***nur als Folgen lokaler Prozesse erklärbar*** sind.

Skizze (S3), in der ***Elektronenhüllen*** abgebildet sind, zeigt ***Schwingungszustände einer Kugel***, also ***stehende Wellen***, wobei die Grauwerte den Quadraten der Wellenamplituden entsprechen.

Es gilt:

Wenn man das, was beim Doppelspaltexperiment geschieht, aus der in den drei Skizzen enthaltenen Information erschließt und (zunächst) alle weiteren – irreführenden – physikalischen Gewissheiten beiseite lässt, dann folgt zwingend eine Interpretation des Experiments, die von überraschender Einfachheit und im Grunde unabweisbarer Selbstverständlichkeit ist.

Für Elektronen lautet sie wie folgt:

Aus einer Elektronenhülle (d.h. *aus einer stehenden Elektronen-Welle*, siehe Skizze (S3)) löst sich ein Elektron (*eine laufende Elektronen-Welle*) – mit anderen Worten: ***ein Teil der stehenden Welle wird zur laufenden Welle***.

Danach durchquert diese laufende Welle einen Doppelspalt.

Die Welle interferiert mit sich selbst und trifft dann auf eine Detektorplatte (*eine ungeheure Anzahl von stehenden Elektronen-Wellen*).

Dort löst sie bei einer dieser stehenden Wellen, die ***nahe genug*** am Übergang zum nächsthöheren Zustand ist (*dem Zustand mit einer Knotenfläche mehr*), genau diesen Übergang aus, indem sie sich mit der lokalen stehenden Welle vereinigt – ***die laufende Elektronen-Welle wird also zu einem Teil der stehenden Elektronen-Welle***. Dieser Übergang erscheint ***sprunghaft*** (*wie das bei stehenden Wellen immer der Fall ist*) und wird als ***Erscheinen eines Elektrons*** aufgefasst.

Der Rest der laufenden Welle ***verschwindet natürlich nicht***, sondern trifft auf andere stehende Wellen, wo er jedoch keinen Übergang auslöst und nur die Wahrscheinlichkeit künftiger Übergänge erhöht, indem er den Zustand der stehenden Welle näher an diesen Übergang bringt.

Das ist schon alles! Der ganze Vorgang kann auf diese extrem simple Weise – und nur auf diese Weise – erklärt und verstanden werden.

Bevor ich damit beginne, die physikalischen Überzeugungen zu widerlegen, die diese Erklärung zu verhindern scheinen, will ich sie zunächst auflisten und außerdem in jedem Fall unmittelbar anschließend (*schräggestellt*) anführen, wodurch sie ersetzt werden:

1. Das Wellenbild allein ist nicht ausreichend. Wie Planck, Einstein, Compton und de Broglie (und viele Andere nach ihnen) bewiesen haben, gilt sowohl für Materie als auch für Strahlung: sie sind quantisiert und sie haben Welleneigenschaften. Wenn eine dieser

beiden Voraussetzungen fehlt, dann ist es nicht möglich, die Wechselwirkung von Materie und Strahlung korrekt zu beschreiben.

Es gibt keinen "Welle-Teilchen-Dualismus". An seine Stelle tritt der – triviale und völlig unproblematische – Gegensatz zwischen laufenden und stehenden Wellen. Wie wir zuvor gezeigt haben, sind die Beweise für die Quantisierung ungültig. Die übliche Sicht der "Teilchen" genannten Zustände und Zustandsänderungen ist falsch. Die Definition des Begriffs "Quantisierung" kann nicht in ihrer gegenwärtigen Form beibehalten werden.

2. Elektronen sind "unteilbar". Falls sich nur ein einziges Elektron in der Versuchsanordnung befindet, muss es daher *als Ganzes* in beiden Spalten zugleich unterwegs sein.

Auf diese absurde Vorstellung kann verzichtet werden, da es ja einfach eine Welle ist, die durch beide Spalte läuft.

3. Mit dem Eintreten des Ereignisses verschwindet die ganze, ausgedehnte Welle.

Keine Welle verschwindet. Statt zu verschwinden, laufen die nicht für das Ereignis benötigten Teile der Welle weiter und können an der Auslösung künftiger Ereignisse beteiligt sein.

4. Das Verschwinden der Wellen ist ein nichtlokales Phänomen.

Durch meine Interpretation wird die Nichtlokalität beseitigt. Der ganze Vorgang ist offensichtlich vollständig lokal.

5. Die Fragen, wann der Übergang von Wahrscheinlichkeit zu Wirklichkeit stattfindet und wodurch er ausgelöst wird, bleiben entweder offen oder können nur durch zusätzliche Annahmen beantwortet werden, wie z.B. "durch den Akt der Beobachtung" (wobei allerdings nur das "wann" geklärt wird und nicht das "wie"), oder "durch das Bewusstsein des Beobachters", oder "durch Aufspaltung des Universums" usw. 🤪

Diese Fragen sind gegenstandslos, da es sich um "normale" Prozesse handelt: reale Wellen verursachen reale Ereignisse (Übergänge zwischen verschiedenen Zuständen stehender Wellen). Die Frage, welche physikalische Größe der Amplitude zuzuordnen ist, werde ich weiter unten beantworten.

6. Der Akt der Beobachtung (bzw. Messung) und/oder das "Bewusstsein" des Beobachters müssen eine Rolle spielen; ansonsten wäre die Darstellung des Doppelspaltversuchs unvollständig, da die Schrödingergleichung nichts enthält, was die "Reduktion der Wellenfunktion" erklärt.

Das gemessene Ereignis ist auf keine Weise davon abhängig, ob und von wem es beobachtet wird. Von der Schrödingergleichung zu erwarten, dass sie die Beschreibung dieses Ereignisses – der Auslösung des Übergangs zwischen zwei verschiedenen Zuständen der stehenden Welle – enthalten sollte, wäre unsinnig.

7. In der gesamten Physik lässt sich nichts finden, von dem behauptet werden könnte, es sei dasjenige, was in der Schrödinger-Gleichung schwingt.

Die der Amplitude zugeordnete physikalische Größe ist einer der beiden fundamentalen Parameter meines Beschreibungssystems der Wirklichkeit. (Wie schon unter 5. angekündigt, werde ich weiter unten darauf eingehen.)

8. Die Wellen können keine "wirklichen" Wellen sein, weil die Schrödinger-Gleichung komplexe Zahlen enthält.

Durch meine Erklärung, was diese Wellen wirklich sind, wird das Auftreten komplexer Zahlen auf einfache Weise begründet.

9. Im Fall von mehreren Elektronen findet die mathematische Darstellung im multidimensionalen Konfigurationsraum statt. Es kann sich daher um keinen realen Vorgang handeln.

Dieser Einwand bedarf eines längeren Kommentars, der einige fundamentale Missverständnisse über das Verhältnis von Mathematik und Wirklichkeit thematisiert. Ich werde ihn später ausführen.

10. Elektronen haben die quantenmechanische Eigenschaft "Spin", die nicht anschaulich interpretierbar ist. Insbesondere beweist der Spin-Wert $\frac{1}{2}$ des Elektrons, dass es nicht als reales Objekt verstanden werden kann, weil aus diesem Wert folgt, dass für das Elektron eine ganze Drehung 720° beträgt, während sie bei realen Objekten im realen Raum offenbar 360° sein muss.

Mittels der physikalischen Größe, die der in der Schrödingergleichung auftretenden Amplitude zugeordnet ist, kann die Eigenschaft "Spin" auf verständliche Weise erklärt werden, und auch der dem Elektron zugeordnete Spin-Wert $\frac{1}{2}$ wird anschaulich begreifbar.

Nun zu den Widerlegungen der aufgelisteten Überzeugungen.

1: Welle-Teilchen-Dualismus, Quantisierung

Wir haben Folgendes bewiesen:

Wenn man den Welle-Teilchen-Dualismus durch die zwei Formen ersetzt, in denen Wellen immer auftreten: als *laufende* und *stehende* Wellen – dann ergeben sich die experimentellen Fakten beim Lichtelektrischen Effekt und beim Compton-Effekt auf einfache Weise von selbst.

Die Wechselwirkung von Licht und Elektronen muss dann als *Wellenüberlagerung* (von Lichtwellen und Materiewellen) aufgefasst werden, und daraus folgt, dass beim Lichtelektrischen Effekt "Elektronen" sofort austreten und dass sie immer dieselbe Geschwindigkeit haben: Wellenüberlagerungen lassen keine anderen Resultate zu. Das Ergebnis ist mit dem Ergebnis Einsteins identisch.

Auch der Compton-Effekt – die Wechselwirkung zwischen hochfrequentem Licht und Elektronen – kann auf diese Weise beschrieben werden, und auch hier stimmt das Resultat mit Comptons Resultat überein.

Plancks Darstellung der Schwarzkörperstrahlung bedarf keiner weiteren Aufklärung: dass Erzeugung und Aufnahme der Strahlung quantisiert sein müssen, ist im Wellenbild selbstverständlich, da die Änderung stehender Wellen immer "quantisiert" ist – allerdings nicht in dem fundamentalen *ontologischen* Sinn, der dieser "Quantisierung" in der Standardphysik beigelegt wird, sondern in dem ganz trivialen, oder sagen wir: alltäglichen Sinn, dass stetige Prozesse zu scheinbar sprunghaften Übergängen führen, wie das bei stehenden Wellen eben immer der Fall ist.¹⁹

Wie schon im [Abschnitt 5.3](#) festgestellt, verändern sich dadurch die Definitionen der Begriffe "Quantisierung" und "Teilchen":

¹⁹ Hier erscheint ein Vergleich mit einem solchen "alltäglichen" Phänomen angebracht: Angenommen, ein Rohr wird auf eine Weise angeblasen, dass die Luftsäule im dritten Oberton schwingt. Durch allmähliche Erhöhung der Lippenspannung wird der Schwingungszustand der Luft so verändert, dass die Luftsäule schließlich in den vierten Oberton "springt". Hörbar – *beobachtbar* – ist nur die sprunghafte Veränderung, die verursachenden stetigen Prozesse bleiben verborgen. Ob ein Zustand nahe an der Grenze zu einem Übergang liegt oder im mittleren Bereich, ist für den Beobachter also (fast) nicht erkennbar.

1. Die laufenden Wellen – und zwar *alle* Wellen, auch Lichtwellen und Materiewellen – **sind überhaupt nicht quantisiert, sie sind niemals "teilchenartig"**.
2. Der Begriff "Teilchen" bezeichnet **stationäre Zustände von Wellen oder Übergänge zwischen solchen Zuständen**.

Am Wichtigsten ist jedoch Folgendes:

1. Der Begriff "Quantisierung" bezieht sich nicht auf die Wirklichkeit selbst, sondern nur auf die Beobachtungen und Messungen. Die fundamentale Schicht der Wirklichkeit selbst ist kontinuierlich.
2. Die "objektiven" Wahrscheinlichkeiten sind ganz "normale" Wahrscheinlichkeiten.

Ich will aber die (*sehr lange*) Liste falscher Interpretationen – die dann auch als Voraussetzungen in die Quantenfeldtheorie eingehen – nicht weiter fortsetzen, sondern nur noch einmal auf die [Skizze \(S3\)](#) verweisen, die Schwingungszustände einer Kugel zeigt, also **stehende Wellen**, und dazu die Frage stellen:

Warum befinden sich in dieser Skizze – auf der doch die errechneten Aufenthaltswahrscheinlichkeiten (punktförmiger?) Elektronen abgebildet sind – stehende Wellen in Kugelform?

Die einzig sinnvolle Antwort ist offenbar: Weil es Wellen **sind**. Nur etwas, was **existiert**, kann die – bildhaft dargestellte oder mathematisch beschriebene – *Gestalt* einer Welle annehmen.

Dasselbe gilt für die *Interferenz*, die nach dem Doppelspalt auftritt:

Interferenz bedeutet, dass sich *zwei Wellen gegenseitig beeinflussen*. Also kann es sich wiederum nicht bloß um Mathematik **und nichts sonst** handeln, sondern nur um Mathematik, **die etwas beschreibt**, mit anderen Worten: diesen beiden Wellen muss **Existenz** zuerkannt werden, denn nur unter dieser Voraussetzung ist es möglich, dass sie sich gegenseitig beeinflussen.

Dann kann aber die Wellenamplitude nicht die Wurzel einer Ereigniswahrscheinlichkeit sein **und nichts sonst**:

Wurzeln aus Wahrscheinlichkeiten sind rein formale Größen, denen keinesfalls Existenz zugeschrieben werden kann.

Daraus folgt, dass **alle** bekannten Interpretationsvarianten widersprüchlich und daher **falsch** sind.

Es handelt sich somit gar nicht um *Interpretationen*, sondern vielmehr um ein **totales Scheitern der Interpretation**, oder, um es ganz klar auszudrücken: um den **vollständigen Verlust der Wirklichkeit**.

2: Unteilbarkeit der Elektronen und 3: Verschwinden der Wellen

Beide Punkte sind in meiner Interpretation enthalten und bedürfen keines eigenen Kommentars.

4: Nichtlokalität des Verschwindens der Wellen

Was den Doppelspaltversuch betrifft, ist keine weitere Erklärung erforderlich. Ich will aber die Gelegenheit nützen, zur Frage der Nichtlokalität ganz allgemein Stellung zu nehmen:

Satz:

Es gibt keine "Nichtlokalität". Die Wirklichkeit ist vollständig lokal.

Die Annahme nichtlokaler Zusammenhänge verletzt das wichtigste Prinzip der Naturbeschreibung: das Prinzip der **lokalen** Kausalität:

Es gibt keinen Zusammenhang zwischen voneinander distanzierten Sachverhalten, der schneller als mit Lichtgeschwindigkeit übermittelt wird oder überhaupt ohne jede Vermittlung existiert.

Was ist dann mit dem **Bellschen Beweis**? Was ist mit all den **experimentell nachgewiesenen nichtlokalen Zusammenhängen**?

Darauf werde ich nun eingehen. Ich werde aber die Widerlegung des Bellschen Beweises hier nicht in voller Länge ausführen, sondern nur den entscheidenden Irrtum präsentieren.²⁰

Zunächst die Fakten:

- (1) Durch die quantenmechanische Beschreibung eines Objekts wird für einige Attribute dieses Objekts kein eindeutiger Wert festgelegt, sondern nur die Wahrscheinlichkeitsverteilung möglicher Messwerte.
- (2) Das gilt auch im Fall zweier räumlich getrennter Objekte, die in der Vergangenheit miteinander in Wechselwirkung standen oder die dem Zerfall eines Objektes entstammen.
- (3) Zwischen den Ergebnissen bestimmter Messungen an diesen beiden Objekten besteht dann ein Zusammenhang, der "Verschränkung" genannt wird. Z.B. sind bei zwei identischen Objekten A und B, die aus dem Zerfall eines ruhenden Objektes hervorgegangen sind und sich vom Ort des Zerfalls in entgegengesetzte Richtungen entfernen, die Geschwindigkeiten in derselben Weise miteinander verknüpft wie in der klassischen Physik, d.h. sie sind gleich groß und einander entgegengesetzt.

Nehmen wir an, es wurde noch keine Messung durchgeführt. Dann ist also bloß die Wahrscheinlichkeitsverteilung der möglichen Messwerte bekannt. Wird aber jetzt die Geschwindigkeit von A gemessen, dann ist wegen (3) natürlich *im selben Augenblick* auch die Geschwindigkeit von B bekannt.

Es erscheint naheliegend, folgendermaßen zu argumentieren:

B ist von A beliebig weit entfernt. Die Messung der Geschwindigkeit von A kann daher keinen Einfluss auf B haben. Wenn also **nach** der Messung der Geschwindigkeit von A auch die von B gegeben ist, dann muss das Objekt B diese Geschwindigkeit schon **vor** der Messung von A gehabt haben – andernfalls hätte ja die Messung von A eine **Zustandsänderung** von B bewirkt.

Da aber die quantenmechanische Beschreibung diese Geschwindigkeit nicht enthält, ist sie *unvollständig*. (Die Geschwindigkeit wäre in diesem Fall ein sogenannter *verborgener Parameter*.)

Genau diese so plausibel erscheinende Argumentation hat John Bell widerlegt, indem er bewies, dass es Fälle gibt, in denen sie zu Ergebnissen führt, die der Quantentheorie widersprechen. In zahlreichen Experimenten wurde gezeigt, dass die von der Quantentheorie vorhergesagten Ergebnisse richtig sind. Also muss das obige Argument falsch sein.

Diese Schlussfolgerung ist ohne Zweifel korrekt, und in der Physik gilt sie als Beweis für die Existenz nichtlokaler Zusammenhänge, weil ja nun offenbar feststeht, dass sich der Zustand von B tatsächlich durch die Messung an A verändert hat.

Um diese Überzeugung zu widerlegen, kehren wir kurz zum Doppelspaltexperiment zurück. Hier wird durch die Wellenfunktion (die Schrödingergleichung) die Wahrscheinlichkeit angegeben, wo das Elektron auf der Detektorplatte erscheint. Auch hier gilt somit, genau wie im Fall der

²⁰ Das Buch [Struktur](#) enthält den vollständigen Beweis (ab Seite 152). In meinem Buch [Der Begriff der Wirklichkeit](#) wird außerdem auch Bells Ableitung einbezogen. (John Stewart Bell: *On the Einstein Podolsky Rosen Paradox*, Physics, 1, 195-200, 1964). Das Kapitel beginnt auf Seite 42, der formale Beweis gegen Bells Ungleichung beginnt auf Seite 56. Ab Seite 143 folgen weitere Erläuterungen.

Verschränkung: *vor* der Messung hatte dieses Elektron **keinen** eindeutigen Ort, *nach* der Messung **hat** es einen eindeutigen Ort.

Der entscheidende Punkt ist jedoch:

Vor der Messung existierte dieses Elektron überhaupt nicht!

Vor der Messung gab es ja nur die ausgedehnte Welle, und sie ist **nicht** identisch mit dem danach erscheinenden Elektron, denn in meiner Interpretation wird der Übergang der *lokalen stehenden Welle* – der nach gängiger Auffassung als Erscheinen eines Elektrons verstanden wird – ja nicht durch die *ganze laufende Welle*, sondern nur durch einen (*sehr kleinen*) Teil dieser Welle ausgelöst.

Dasselbe ist auch bei den Experimenten zur Verschränkung der Fall: auch hier sind die korrelierten Ereignisse immer *Übergänge*, die durch *Teile von Wellen* ausgelöst werden und **nicht** durch "Teilchen", wie etwa "Photonen".

Z.B. gehen bei den Experimenten mit "polarisierten Photonen" in meiner Interpretation nicht *ganze Photonen* mit einer gewissen *Wahrscheinlichkeit* durch die Polarisatoren, sondern *Teile von Lichtwellen* (Wellen mit verringerter Amplitude) gehen *wirklich* durch und summieren sich dann bis zu einem Übergang, genau wie beim Doppelspaltversuch.

Sowohl beim Doppelspaltversuch wie auch bei den Experimenten zur Verschränkung gilt daher:

Das Objekt, das gemessen wird, wird erst durch den Messprozess erzeugt.

Vor der Messung existierte es nicht.

Und das bedeutet:

Es ist unsinnig, von einer Eigenschaft zu reden, die das Objekt vor der Messung hatte.

Damit bricht die ganze logische Struktur zusammen, die der allgemeinen Diskussion der Nichtlokalität zugrunde liegt und auf der auch der Bellsche Beweis aufbaut:

Sowohl die Behauptung, dass das Objekt B die Eigenschaft schon vor der Messung gehabt haben muss, als auch ihre Widerlegung durch John Bell werden gegenstandslos, weil sie sich auf einen nicht-existent Sachverhalt beziehen:

Das Objekt, dessen Zustandsänderung bewiesen wird, hat vor der Messung keinen Zustand, weil es vor der Messung nicht existiert.

Damit ist der Bellsche Beweis hinfällig, und daraus folgt, dass die Diskussion über die Fälle von Verschränkung und die dabei auftretenden Korrelationen *erst jetzt* wirklich beginnen kann, weil sie bisher infolge falscher Modellannahmen zu absurden Schlussfolgerungen führen musste.²¹

Da das Verständnis dessen, was sich ereignet, Einsicht in die *Kausalstruktur* des Geschehens erfordert, ist die Annahme der Nichtlokalität gleichbedeutend mit der totalen Preisgabe von *Verstehen*.

21 Wenn die Korrelationen *nicht* auf einer nichtlokalen Verbindung beruhen, dann folgt daraus, dass die dafür erforderliche Symmetrie der korrelierten Systeme sich erst im Verlauf der jeweiligen Versuchsserie – und *durch* diese Serie – herausbildet. (Siehe dazu mein Buch [Der Begriff der Wirklichkeit](#) ab Seite 143.)

Das erklärt auch, warum es immer eine "Anlaufphase" gibt und warum es nie gelungen ist, den Zusammenhang zwischen voneinander distanziierten Systemen am *Einzelprozess* zu verifizieren, sondern immer nur an der *Statistik von Versuchsserien*.

5: Übergang von Wahrscheinlichkeit zu Wirklichkeit (Reduktion der Wellenfunktion)

Wann und warum dieser Übergang stattfindet, wird in meiner Interpretation beantwortet; Es findet überhaupt keine "Reduktion" der Wellenfunktion statt, jedenfalls nicht im üblichen Sinn: ein Teil der laufenden Welle löst bei einer stehenden Welle einen Übergang aus und wird dadurch zu einem Teil dieser stehenden Welle, während der Rest der laufenden Welle einfach weiterläuft.

6: Beobachtung und Bewusstsein des Beobachters

Alles Wichtige ist bereits gesagt.

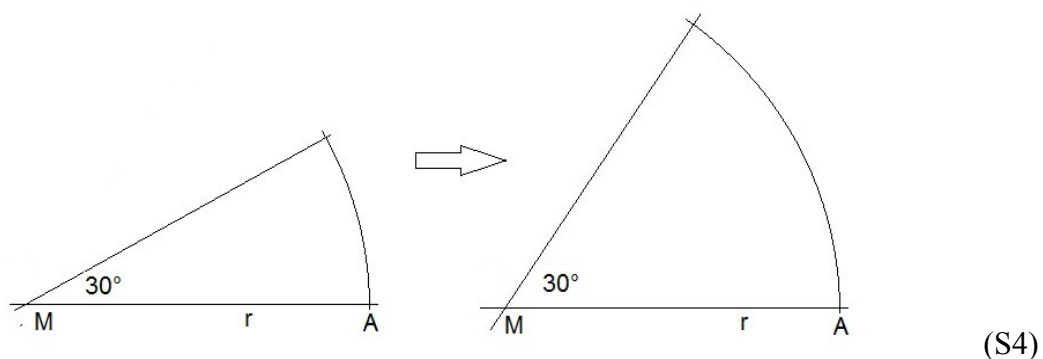
7: Was schwingt in der Schrödingergleichung?

Das ist ein Punkt von außerordentlicher Bedeutung: Meine Behauptung, dass es sich um *wirkliche Wellen* handelt, setzt ja voraus, dass es eine physikalische Größe gibt, die der Amplitude in der Schrödingergleichung zugeordnet werden kann, oder noch konkreter: **dass da etwas existiert, was schwingt**. Überdies ist aufgrund der fundamentalen Stellung der Schrödingergleichung im physikalischen Beschreibungssystem zu erwarten, dass sich die Antwort auf diese Frage direkt auf die Basis der Wirklichkeit bezieht.

Es werden also zwei Möglichkeiten nahegelegt, wo man mit der Suche nach der Antwort beginnen könnte: Entweder beim *Messprozess*, oder bei der *Entstehung der Wirklichkeit*. Da weder der Messprozess noch die Schrödingergleichung einen Hinweis auf die gesuchte physikalische Größe enthalten, habe ich mich (vor etlichen Jahren) auf die zweite Variante eingelassen.

Im Folgenden ist der Inhalt der Abschnitte [3.2](#) und [3.3](#) vorausgesetzt. Für unser Vorhaben, die physikalische Größe zu bestimmen, die der Amplitude in der Schrödingergleichung zugeordnet werden kann, ist aber eine Ergänzung erforderlich, die die *Winkeländerung* betrifft.

Eine Skizze zur Illustration:

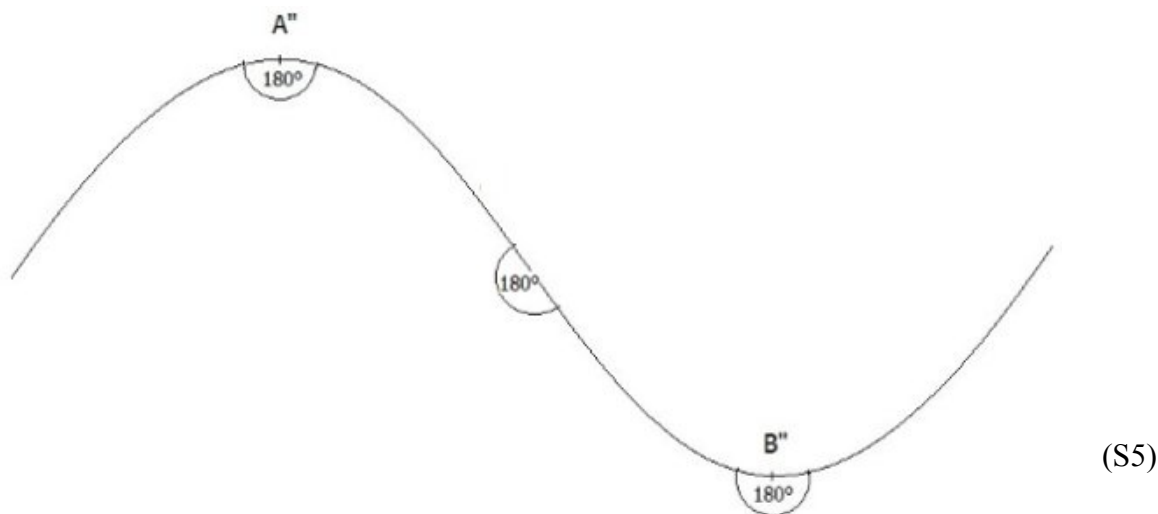


Links ist ein Winkel von 30° abgebildet. Der rechts gezeigte Winkel ist nach wie vor 30° , aber das *Winkelmaß* hat sich offenbar *vergrößert*, und das bedeutet: **die metrische Dichte des nach diesem Maß konstruierten Winkels ist geringer** als die des linken, "normalen" Winkels.

Was folgt durch diese Veränderung für A? Auch hier entsteht ein *metrischer Fluss*, diesmal aber *normal* zu r, d.h. A erfährt eine Beschleunigung nach *oben*. (Vgl. (S2) im Abschnitt [3.3](#))

Hier nochmals die Skizze (S4b) aus Abschnitt [3.3](#):

Sie zeigt, dass es unter diesen Voraussetzungen möglich ist, **Transversalwellen** als **Wellen der Winkeldichte** aufzufassen, wenn die Änderung der Amplitude als *metrische Veränderung des Winkels* interpretiert wird:



Bei meinem Aufbau der Wirklichkeit hat sich Folgendes herausgestellt:

Ebenso, wie das Konzept der **metrischen Dichte der Länge** auf direktem Weg zu einer **Gravitationstheorie** führt, die mit der allgemeinen Relativitätstheorie in Sonnensystemen und in der Umgebung von Planeten übereinstimmt, in Galaxien jedoch eine wesentlich größere Rotationsgeschwindigkeit ergibt, kann auch der **Elektromagnetismus** – völlig analog zur Gravitation – mittels des Konzepts der **metrischen Dichte des Winkels** definiert werden, und auf Basis dieser Definition lässt sich mit einfachen mathematischen Mitteln das **quantenmechanische Atommodell** rekonstruieren – und überdies auch **verstehen**.

Auf diese Weise verschwindet das Problem, das die theoretische Physik seit Jahrzehnten ohne Erfolg zu lösen versucht – die Unvereinbarkeit von **Gravitationstheorie** und **Quantentheorie** – sozusagen ganz von selbst: der gemeinsame Ursprung beider liegt in der Entstehung der Wirklichkeit.

Somit wird folgende **Annahme** nahegelegt:

Die Wirklichkeit beruht ausschließlich auf den metrischen Änderungen des Kontinuums: der Änderung der Länge und der Änderung des Winkels. Alles, was existiert und was sich ereignet, folgt aus diesen Änderungen. Sie sind die fundamentale Ebene der Wirklichkeit.

Daraus folgt:

Da die Gravitation als Längenänderung *definiert* ist, müssen alle anderen Wechselwirkungen aus der Winkeländerung hervorgehen.

Und das bedeutet:

Satz:

Die metrische Dichte des Winkels kann der Amplitude in der Schrödingergleichung zugeordnet werden. Ein Beispiel für die zugehörigen Wellen sind die in Skizze (S5) dargestellten Transversalwellen.

8: Komplexe Zahlen in der Wellenfunktion

Nach den Ausführungen des vorigen Abschnitts ist es einfach, das Auftreten komplexer Zahlen in der Schrödingergleichung zu begründen.

Um das *Anwachsen* des Längenmaßes in der AR oder der MDG darzustellen, wird eine Hilfsdimension eingeführt. Das verlängerte Differenzial kann dann, wie in der Skizze links gezeigt, auf folgende Weise dargestellt werden (dr ist das unveränderte Differenzial, dr' das veränderte Differenzial, dz ist das Differenzial entlang der nach oben gerichteten Hilfsdimension):



Offenbar gilt: $dr' = \sqrt{(dr^2 + dz^2)}$

Falls die Maßeinheit der Koordinate r jedoch nicht *vergrößert*, sondern *verkleinert* werden soll, dann muss statt der reellen Hilfsdimension z die imaginäre Hilfsdimension iz verwendet werden, sodass nun Folgendes gilt, wie in der Skizze rechts gezeigt:

$$dr' = \sqrt{(dr^2 + diz^2)}$$

Wie gefordert, ist dr' nun kleiner als dr .

Dasselbe ist beim Winkelmaß der Fall. Wenn es verringert wird, dann werden *daraus konstruierte* Winkel und zugehörige Bogenlängen *kleiner*, und ihre Darstellung erfordert imaginäre Zahlen.

Das bedeutet:

Wenn die Amplitude in der Wellenfunktion als metrische Winkeldichte aufgefasst wird, dann ist das Auftreten komplexer Zahlen in der Wellenfunktion selbstverständlich und begründet keinen Zweifel an der Annahme, dass es sich um reale Wellen handelt.

9: Darstellung im multidimensionalen Konfigurationsraum

Wie angekündigt, folgen hier einige Erläuterungen über das Verhältnis zwischen Wirklichkeit und Mathematik.

Das Erste und Wichtigste, was man sich klar machen muss, ist Folgendes:

Die Wirklichkeit wendet keine Mathematik an. Sie rechnet nicht.

Wie schon im Abschnitt [2.2. Das fehlende Element](#) festgestellt, wäre es absurd anzunehmen, dass ein Grashalm *berechnet*, wohin er sich bewegen soll – er folgt einfach dem Wind, der ihn berührt.

Wir hingegen benötigen Mathematik, um die Bewegung des Grashalms zu beschreiben. Falls uns das in hinreichender Näherung gelingt, dann neigen wir dazu, zu glauben, dass unsere Beschreibung genau das wiedergibt, was die Natur macht, dass also unsere ***Differenzialgleichung*** und der ***Prozess***, der sich in der Wirklichkeit vollzieht, ***ein und dasselbe*** sind.

Diese Gleichsetzung von Mathematik und Wirklichkeit reicht weit zurück, noch weiter als bis zu den Pythagoreern. Im 16. Jahrhundert war sie so selbstverständlich, dass selbst dann, als *reelle* Lösungen von Gleichungen nur mit Hilfe von Wurzeln aus negativen Zahlen gefunden werden konnten, noch einige Zeit vergehen musste, bis die Existenz solcher Zahlen in der Mathematik akzeptiert wurde – die Gewissheit, dass sie nicht *existieren* können, war einfach zu stark.

Ähnliches geschah im 19. Jahrhundert hinsichtlich der mathematischen Unendlichkeiten, die Georg Cantor entdeckt hatte. Die Mathematiker-Gemeinde hatte einen (unsicheren) Frieden mit dem Unendlichen geschlossen, indem sie es in aktual und potentiell Unendliches unterteilte und nur dem potentiell Unendlichen Existenz zuerkannte. Die massive Ablehnung, die Cantor erfuhr, lässt sich nur aufgrund der weiten Verbreitung der Überzeugung verstehen, dass zwischen Mathematik und Wirklichkeit eine enge *ontologische* Verwandtschaft besteht, sodass Cantors Behauptung, es gäbe nicht nur *eine* Unendlichkeit, sondern *unendlich viele* Unendlichkeiten – von denen die jeweils nächste *unendlich* größer als die vorhergehende ist – nur als Sakrileg gegen die Vernunft oder sogar als Wahnsinn aufgefasst werden konnte.

In diesen beiden Beispielen dominiert die *Vorstellung der Wirklichkeit* über die Mathematik: wenn in der Mathematik etwas erscheint, was zur Vorstellung der Wirklichkeit nicht passt, dann wird es zunächst zurückgewiesen, ja sogar bekämpft.

Inzwischen hat sich dieses Verhältnis jedoch umgekehrt, wie sich im folgenden Fall zeigt:

Nach dem Tod seines Freundes Michele Besso schrieb Einstein an dessen Familie: "Für uns gläubige Physiker hat die Scheidung zwischen Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft nur die Bedeutung einer wenn auch hartnäckigen Illusion."

Dazu ist zu sagen: Diese Illusion ist nicht nur hartnäckig, sondern *unüberwindbar* – einfach deshalb, weil es keine Illusion ist. Die Unbegrenztheit der Zeitkoordinate weist eben nicht, wie bei den Raumkoordinaten, auf ihre unbegrenzte Verfügbarkeit hin. Tatsächlich existent ist immer nur die Gesamtheit der *lokalen* – miteinander kausal verknüpften und sich permanent verändernden – *gegenwärtigen Momente*. Vergangenheit und Zukunft bleiben unzugänglich.

Deshalb lässt sich aus der relativistischen Tatsache, dass die zeitliche Einordnung von Ereignissen vom Bewegungszustand des Beobachters abhängt, kein Trost für die Hinterbliebenen ableiten. Was *tatsächlich* zur jeweiligen Wirklichkeit eines Beobachters gehört, wird ausschließlich durch die *Kausalstruktur* bestimmt, und daraus folgt: der Tote bleibt tot.

Selbst wenn also – unter der Voraussetzung, dass der Tod sich in großer Entfernung ereignet, z.B. in der Andromeda-Galaxie – der *Zeitpunkt* des Todes sich um einige Tage in die Zukunft verschieben lässt, einfach dadurch, dass der Beobachter aufsteht und sich von der Andromeda-Galaxie *weg* bewegt, ist diese Verschiebung doch völlig ohne Bedeutung. Zwar ist der Freund "jetzt" noch am Leben, aber er bleibt als "Lebender" ebenso *aus der Wirklichkeit des Beobachters ausgeschlossen*, wie er es vorher als Toter war. Es hat sich also *nichts* geändert. Die Aussage, er sei "jetzt" noch nicht tot, ist leer, da eine *Begegnung* mit dem wirklich lebenden Freund – oder auch die *Verhinderung* seines Todes – durch solche relativistischen Verschiebungen in keinem Fall ermöglicht wird.

Ganz allgemein gilt: Aussagen, die sich auf die zeitliche Einordnung (Vergangenheit, Gegenwart oder Zukunft) von Ereignissen beziehen, zu denen keine mögliche kausale Verbindung existiert, sind *leer* und daher *sinnlos*. In diesem Fall – jedoch *ausschließlich* in diesem Fall – ist Einsteins Behauptung korrekt.

In diesem Beispiel dominiert also die *Mathematik* über die Vorstellung der Wirklichkeit: Einstein zufolge *täuscht* uns diese Vorstellung, und die Mathematik gibt uns Auskunft darüber, wie es sich *wirklich* verhält. Allerdings lässt sich diese Behauptung leicht durch Experimente widerlegen: Man braucht ja nur versuchen, sich entlang der Zeitkoordinate zu bewegen. Wer nach einer hinreichend großen Zahl solcher vergeblichen Versuche dennoch unbeirrt bei seiner Überzeugung bleibt, dass die Wirklichkeit im Einsteinschen Sinn vierdimensional *ist* – dass also "die Scheidung zwischen

Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft nur eine Illusion ist" –, dem kann dann mit Recht vorgeworfen werden, dass *er* einer Illusion anhängt.

Allerdings ist diese Illusion außerordentlich wirkmächtig: die weitverbreitete Ansicht, dass Gravitation keine Kraft sei, weil ja in der vierdimensionalen, verkrümmten Raumzeit alle Körper sich auf *Geraden* (Geodäten) – also auf definitionsgemäß *kräftefreien* Bahnen – bewegen, beruht offenbar auf der Annahme, dass die Wirklichkeit – *unsere* Wirklichkeit – vierdimensional *ist*.

Das ist jedoch, wie soeben festgestellt, ganz einfach falsch – vierdimensional im Einsteinschen Sinn ist nur die *Struktur der Beschreibung* und nicht die Wirklichkeit selbst. In der Wirklichkeit gibt es keine Koordinate *ict*. Richtig ist, wie sich in allen drei Beispielen zeigt, dass Mathematik für die Beschreibung der Wirklichkeit *notwendig* ist, und dass dabei mathematische Strukturen (vierdimensionale Raumzeit, Konfigurationsraum, Hilbertraum usw.) und Begriffe (imaginäre Einheit) auftreten können, denen keine Existenz "in der Natur" zugeschrieben werden kann – und ich möchte hinzufügen, dass das eigentlich *selbstverständlich* ist: in der Natur existieren ja auch keine *Zahlen*. Wäre das den Mathematikern im 16. Jahrhundert klar gewesen, dann hätte ihnen die imaginäre Einheit keine schlaflosen Nächte bereitet.

In manchen Fällen hilft uns das Auftreten solcher Strukturen und Begriffe, die Wirklichkeit besser zu verstehen, aber in den meisten Fällen ist ihre Einführung und Verwendung bloß notwendig, weil ohne sie entweder überhaupt keine oder nur eine wesentlich kompliziertere mathematische Darstellung möglich wäre. Der Konfigurationsraum ist ein solcher Fall.

Zum Problem wird ihr Erscheinen jedoch nur dann, wenn Mathematik und Wirklichkeit miteinander identifiziert oder verwechselt werden.

Um den in unseren drei und auch in zahlreichen anderen Beispielen in ähnlicher Form auftretenden Irrtum aufzuklären, ist es daher nicht erforderlich, das Verhältnis zwischen Mathematik und Wirklichkeit genauer zu analysieren.²²

Es genügt die einfache, durch unsere Beispiele hinreichend gestützte Annahme:

Mathematik ist ein unverzichtbares Mittel zur Beschreibung der Wirklichkeit. Aber sie ist weder *identisch* mit der Wirklichkeit noch ist sie die *eigentliche* Wirklichkeit.

Wenn also eine mathematische Darstellung in einem anderen Raum als dem dreidimensionalen Raum unserer Anschauung stattfindet, ist das kein Hinweis darauf, dass Elemente dieser Darstellung oder sogar der gesamte dargestellte Prozess *nicht real* sind.

Bemerkung:

Cantors wunderbar einfacher Beweis, dass die reellen Zahlen zwischen 0 und 1 auch in einer unendlich langen Liste von unendlich langen Zahlen keinen Platz haben – und noch mehr seine phantastische unendliche Folge von immer "größeren" Unendlichkeiten – beweisen eindrucksvoll, wie verschieden Wirklichkeit und Mathematik sind.

Vielen Physikern scheint diese Erfahrung leider zu fehlen – ansonsten könnte die Identifikation von Wirklichkeit und Mathematik oder die Verwechslung beider nicht dermaßen verbreitet sein.

10: Der Spin und die 720°-Drehung

Die allgemeine Überzeugung, dass der Spin nicht als Eigenschaft eines Objekts aufgefasst werden kann, das in derselben Weise *existiert* wie die Objekte unserer Alltagserfahrung, ist korrekt.

Die Behauptung, dass das Elektron nicht in dieser Weise existieren kann, weil es diese Eigenschaft hat, ist hingegen falsch.

²² Im Buch [Struktur](#) habe ich das durchgeführt (Seite 300ff.)

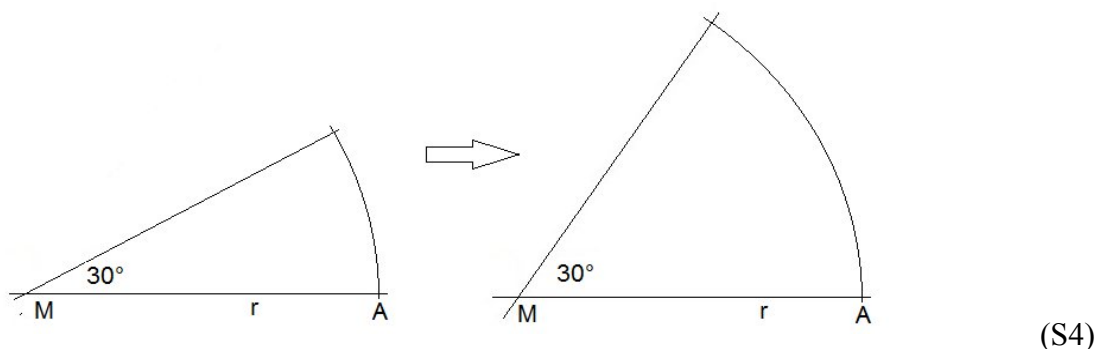
Ist das kein Widerspruch?

Die Antwort ist *nein*. Um das zu begründen, müssen wir zu den metrischen Veränderungen zurückkehren, aus denen die Wirklichkeit hervorgeht:

Masse ist als Änderung der *metrischen Dichte der Länge* definiert, die einen *metrischen Fluss* auf die Verdichtung hin verursacht, dessen Geschwindigkeit mit abnehmender Entfernung größer wird. Es stellt sich ein stationärer Zustand ein (der Fluss ist zeitlich konstant).

Ganz analog ist elektrische **Ladung** als Änderung der *metrischen Dichte des Winkels* definiert, die einen metrischen Fluss *normal* zur Richtung eines Schenkels des Winkels verursacht.

Hier nochmals Skizze (S4): Der durch die Verringerung der Winkeldichte (die Vergrößerung des 30° -Winkels) erzeugte Fluss ist normal zu r , d.h. A wird *nach oben* beschleunigt:



Auch hier bildet sich ein stationärer Zustand aus: es entsteht ein zeitlich konstanter Fluss, dessen Geschwindigkeit umso größer ist, je kleiner die Distanz zwischen M und A ist, falls sich in M eine elektrische Ladung befindet.

r geht durch M , ansonsten ist die Lage von r in der Ebene, in der sich der abgebildete Winkel befindet, beliebig. Das bedeutet, dass der Fluss in dieser Ebene um den Mittelpunkt M *rotiert*.

Jedem Punkt auf dem Kreis mit Mittelpunkt M und Radius MA muss also *dieselbe tangentiale Geschwindigkeit* zugeordnet werden. Für die Richtung dieser Geschwindigkeit gibt es immer zwei Möglichkeiten: in der Skizze kann der metrische Fluss bei A nach oben oder nach unten weisen.

Da auch die Lage der Winkelebene beliebig ist, gilt außerdem:

Jedem Punkt P auf der Kugelfläche mit Mittelpunkt M und Radius MA muss auf der durch P definierten Tangentialebene *dieselbe Tangentialgeschwindigkeit in jeder Richtung* zugeordnet werden, oder, anders ausgedrückt, wir sind zu einer Drehung in jeder Ebene gelangt, deren Größe feststeht und für die es bei jeder bestimmten Richtung zwei Möglichkeiten gibt.

Das entspricht der Definition des quantenmechanischen Spins, aber mit dem wesentlichen Unterschied, dass er hier nicht als *Eigenschaft eines Objekts* auftritt, sondern als *Eigenschaft des Kontinuums*, das durch die Anwesenheit einer elektrischen Ladung metrisch verändert ist. Diese Veränderung stellt dann die notwendige und hinreichende *Voraussetzung* dafür dar, dass sich *stationäre Wellenzustände* ausbilden können.

Erst diese stationären Wellenzustände können als *"Objekte"* aufgefasst werden. Sie enthalten den soeben bestimmten, in jeder Ebene durch den Mittelpunkt vorhandenen rotierenden Fluss – die Rotationsgeschwindigkeit – also nicht als **Eigenschaft**, sondern als **Voraussetzung**.

Während das durch **Masse** veränderte Kontinuum aus *Linien* – im kugelsymmetrischen Fall aus *Geraden* durch den Mittelpunkt – aufgebaut ist, besteht das durch **Ladung** veränderte Kontinuum aus *Flächen* – im kugelsymmetrischen Fall aus *Ebenen* durch den Mittelpunkt.

Warum das so ist, wird aus den Definitionen klar: Im Fall von Masse werden *Längen* verändert, also *Linien*, im Fall von Ladung aber *Winkel*, also *Flächen*.

Was bedeutet es nun, dass es sich beim Spin nicht um eine Eigenschaft von Objekten handelt, sondern um eine Eigenschaft des Kontinuums?

Es bedeutet, dass das Argument, das Elektron könne wegen des Spins nicht als reales Objekt betrachtet werden, hinfällig ist: Als Eigenschaft eines *Objekts* wäre der Spin nicht möglich, aber als Eigenschaft des *Kontinuums* ist er zwar höchst abstrakt, aber unproblematisch: das Kontinuum aus Ebenen aufgebaut zu denken, denen bestimmte Eigenschaften zugeordnet sind, ist genauso möglich wie es aus Linien aufgebaut zu denken, denen bestimmte Eigenschaften zugeordnet sind, wie im Fall der Gravitation. Zwar entfernt sich der Begriff des Kontinuums durch diesen Akt von unserer naiven Anfangsvorstellung, aber diese Distanzierung ist ohnehin unvermeidlich: schon die Zuordnung von reellen Zahlen zu Punkten des Kontinuums ist ja keineswegs so selbstverständlich, wie sie uns heute erscheint.

Im durch Ladung veränderten Kontinuum bilden sich demnach stationäre Wellenzustände aus, wie in unserer Skizze (S3) auf Seite 54. Wann immer wir also einen Zustand vorfinden, den wir als "Elektron" auffassen, begegnet er uns in einer dieser Gestalten, und **in jedem Fall** tritt dann auch die Rotationsgeschwindigkeit auf, die wir als "Spin" bezeichnen.

Es ist also selbstverständlich, dass wir diesen Spin für eine Eigenschaft des *Elektrons* halten – und dennoch ist es falsch.

Nachdem wir das Elektron als "reales Objekt" wiederhergestellt haben – zumindest in der durch meine Interpretation eingeschränkten Form als stationären Wellenzustand oder Übergang zwischen solchen Zuständen – müssen wir noch die Frage beantworten, warum es sich erst nach einer Drehung von 720° wieder in derselben Lage befindet.

Damit meine metrische Rekonstruktion des Atommodells mit den quantenmechanischen Vorgaben übereinstimmt, muss die – als Länge definierte – Einheitsladung dem klassischen Elektronenradius gleichgesetzt werden. (So wie bei der Gravitation die Länge der Masse dem Radius des schwarzen Lochs mit ebendieser Masse gleichgesetzt werden muss, um Übereinstimmung mit der AR zu erreichen.)

Bei negativer Ladung wird die Winkeldichte größer, somit das Winkelmaß kleiner und der *damit gemessene* Umfang des ganzen Kreises größer.

Es stellt sich heraus, dass *im Abstand des Bohr-Radius* – d.h. auf der ersten Elektronen-"Bahn" – die Winkeldichte genau *doppelt so groß ist wie im normalen Raum*, sodass also der Umfang jedes Kreises nicht $2\pi r$, sondern $4\pi r$ beträgt, und dasselbe gilt für alle weiteren Bahnen bzw. Orbitale.

Im metrischen Modell ist es daher selbstverständlich, dass für das "Elektron" im Grundzustand sowie in angeregten Zuständen eine ganze Drehung immer 720° beträgt.

Ich habe nun hinreichend ausführlich und deutlich darüber berichtet, welche Irrtümer und Pannen die Interpretation des quantenmechanischen Messprozesses verhindert haben.

Ich will aber noch einmal auf den zentralen Punkt zurückkommen: Im Doppelspaltexperiment tritt **Interferenz** auf. Die Amplitude der Wellen, die diese Interferenz verursachen, wird als *Wurzel aus der Wahrscheinlichkeit* aufgefasst, dass ein Elektron an der entsprechenden Position erscheint.

Vom errechneten und überprüften Ergebnis her betrachtet ist das zweifellos korrekt.

Genauso klar ist aber, dass **Wurzeln aus Wahrscheinlichkeiten nicht interferieren können**: Interferieren kann nur *etwas, was existiert*. Wurzeln aus Wahrscheinlichkeiten sind aber rein formale Größen, denen **keinesfalls** Existenz zuerkannt werden kann.

Das ist so offensichtlich, dass vollkommen unverständlich ist, warum es nicht beachtet wurde. Die einzig sinnvolle Reaktion wäre offenbar gewesen, das **Nichtwissen** einzugestehen und sich auf die Suche zu begeben, um **welche wirklich existierenden Wellen** es sich eigentlich handelt – oder, einfach ausgedrückt: **was da eigentlich schwingt**.

Das ist auch der Grund, warum ich das Thema noch einmal vorbringe. Es ist mir – von Anfang an und bis heute – ein unlösbares Rätsel, wie es geschehen konnte, dass auf diesem klaren Versagen der Interpretation, auf diesem fundamentalen Nichtwissen, eine Reihe von völlig abstrusen Konzepten errichtet werden konnte, die bis heute als *Interpretationen* gelten.

Zwar herrscht nach wie vor völlige Ahnungslosigkeit, was da eigentlich vor sich geht, anstatt aber diese Ahnungslosigkeit endlich zu korrigieren, nützt man sie als Freibrief für weitere phantastische Spekulationen.

Wie zu erwarten war, musste zur Beantwortung der Frage, was beim Doppelspaltexperiment wirklich geschieht, ein großer Teil der Grundlagen der gegenwärtigen Physik zur Sprache gebracht werden.

Meine Absicht war, darzustellen, auf welcher fatale Weise – ich bin versucht zu sagen: *mit geschichtlicher Notwendigkeit* – durch eine Reihe falscher Annahmen und darauf beruhender "Beweise" eine vollkommen falsche Sicht der Wirklichkeit entstanden ist, die seit mehr als hundert Jahren die Grundlage der theoretischen Physik bildet und gegenwärtig den Status einer unbezweifelbaren Voraussetzung physikalischen Denkens hat.

6. Die Quantentheorie

Im [philosophischen Teil](#) dieser Schrift war es gleich zu Beginn erforderlich, eine Unvollständigkeit der physikalischen Sicht der Wirklichkeit zu korrigieren. Das geschah nicht etwa durch eine Erweiterung der Physik selbst, sondern bloß durch den Hinweis auf ein Element der Wirklichkeit, das immer schon présent war und die Physik seit ihren Anfängen begleitet hat, das aber nie beachtet wurde.

Erst durch die Einbeziehung dieses Elements war es möglich, die wichtigsten bisher offenen Fragen der Philosophie zu beantworten:

Gibt es Willensfreiheit? Was sind Empfindung und Bewusstsein und warum existieren sie? Ist Künstliche Intelligenz empfindungsfähig? Können Materie, Geist sowie der platonische Bereich des Allgemeinen und der Naturgesetze zu ein- und derselben Wirklichkeit gehören? Warum gibt es Naturgesetze?

Jetzt befinden wir uns in einer ähnlichen Lage. Wir haben folgendes Problem: (Ich wiederhole die Diagnose aus [Kapitel 4](#))

Die Existenz des Allgemeinen ist eine **notwendige Bedingung** für die Möglichkeit von Naturgesetzen und von Kausalität.

An der Existenz von Naturgesetzen ist nicht zu zweifeln. **Also existiert das Allgemeine**. Im Bereich der Erfahrung ist es jedoch **unauffindbar** – hier gibt es ausschließlich **Einzelfälle**.

Somit muss sich unterhalb dieses Bereichs – als seine logische und ontologische **Voraussetzung** – ein weiterer, **fundamentaler** Bereich befinden, in dem das Allgemeine existiert oder zumindest seine Herkunft erkennbar ist.

Wenn aber der Bereich der Erfahrung die Kausalstruktur der Wirklichkeit nicht enthält, dann kann auch die dem Bereich der Erfahrung entstammende *Beschreibung* der Wirklichkeit diese Struktur

nicht enthalten – jedenfalls nicht, solange ihre Grundbegriffe sich auf Elemente aus diesem Bereich beziehen.

Ebenso wie der Bereich der Erfahrung selbst benötigt also auch die in ihm entstandene Naturbeschreibung ein ihr vorausgesetztes logisches Fundament, in dem die *wahren Ursachen* für die durch Erfahrung entdeckten Gesetzmäßigkeiten liegen.

Es ist also klar, was notwendig wäre:

*Es ist eine Theorie erforderlich, die die aus dem Bereich der Erfahrung stammenden Hypothesen auf den fundamentalen, **kausalen Bereich zurückführt.***

Tatsächlich ist hier dasselbe der Fall wie zuvor bei den ungelösten Fragen der Philosophie:

Dasjenige, was für das Erkennen und Verstehen der Wirklichkeit notwendig ist, ist bereits vorhanden, wird aber nicht als solches wahrgenommen.

Mit anderen Worten:

Die Theorie, die benötigt wird, existiert bereits. Es ist die Quantentheorie. Sie leistet genau das, was notwendig ist: sie führt die Attribute der Objekte der Erfahrung auf Eigenschaften von Wellen zurück.

Das ist ihr eigentlicher, fundamentaler Sinn und Zweck. Er wurde aber nicht erkannt. Stattdessen hat sich die folgende, bis heute vorherrschende Sichtweise etabliert:

Die Wirklichkeit ist in zwei Bereiche geteilt, zwischen denen eine unscharfe Grenze besteht. Für Interpretationen und Erklärungen sind nach wie vor nur die Konzepte und Begriffe aus dem Bereich der Erfahrung verfügbar, wodurch der fundamentale Bereich *unerklärbar* wird, weil diese Begriffe für ein Verständnis dessen, was sich dort ereignet, *vollkommen ungeeignet* sind.

Die Wirklichkeit verschwindet.

Die folgenden Abschnitte sind der Begründung meiner Sicht der Quantentheorie gewidmet.

6.1. Interpretation der Quantentheorie

Jeder Gegenstand hat zu jedem Zeitpunkt einen Ort und eine Geschwindigkeit – jedenfalls, solange man sich einen Gegenstand als etwas vorstellt, was in jedem Augenblick ein wohldefiniertes Raumvolumen einnimmt.

Von genau dieser Vorstellung ist die Physik vor dem 20. Jahrhundert ausgegangen, und deshalb war die Verwunderung groß, als sich herausstellte, dass es unmöglich ist, bei *sehr kleinen* Gegenständen beides, Ort und Geschwindigkeit, zur selben Zeit genau zu ermitteln. Anfangs wurde dies durch den Messprozess begründet, im Lauf der Zeit wurde aber klar, dass es sich um eine Begrenzung handelt, die für die Natur selbst gilt.

Zu diesem Zeitpunkt war bereits bekannt, dass Objekte in atomaren Größenordnungen durch die von de Broglie entdeckten Materiewellen beschrieben werden können, und dass Energie und Impuls solcher Objekte durch die Gleichungen

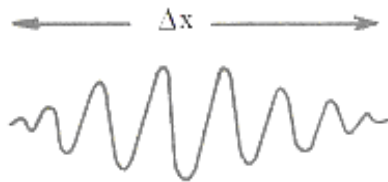
$$E = hf \quad \text{und} \quad p = h * 1/\lambda$$

gegeben sind. Damit waren eigentlich alle Voraussetzungen vorhanden, die für das Herstellen des Zusammenhangs zwischen den beiden Welten benötigt werden: zwischen der abstrakten kausalen metrischen Welt aus Wellen und der konkreten erfahrbaren Welt der Gegenstände, von der die Physik bis dahin handelte:

Erstens war die *Wellenart* bzw. *Wellenklasse* bekannt, durch die Energie und Impuls definiert sind: Materiewellen sind *Sinuswellen*, und zweitens existierte eine umkehrbar eindeutige Beziehung zwischen den Werten der Welleneigenschaften *Frequenz* und *Wellenlänge* und den Werten der zugeordneten Objekteigenschaften *Energie* und *Impuls*, sodass jedem Wert für Energie oder Impuls ein eindeutiger Wert der Frequenz oder Wellenlänge zugeordnet war.

Leider war aber keiner der Physiker imstande, diesen Zusammenhang richtig zu interpretieren – außer Schrödinger, dessen Versuch aber scheiterte, weil er von seinen Wellengruppen erwartete, dass sie – der Teilchenvorstellung entsprechend – räumlich begrenzt bleiben, was aber nicht der Fall ist. (Wie wir bei der Interpretation des Doppelspaltexperiments gezeigt haben, ist diese Erwartung Schrödingers nicht nur überflüssig – sie würde sogar die einzig mögliche Erklärung verhindern.)

Hätte man erkannt, dass Elektronen oder andere Objekte dieser Größenordnung durch Wellen oder Wellengruppen nicht nur *dargestellt* werden können, sondern dass sie tatsächlich solche Wellen oder Wellengruppen *sind*, dann wäre es auch keineswegs verwirrend, sondern selbstverständlich gewesen, dass für die Größen *Ort* und *Impuls* eine "Unschärferelation" gilt. Unserer realistischen Auffassung zufolge ist das einfach deshalb der Fall, weil bei räumlich begrenzten Wellenzügen (Wellenpaketen) wie in der folgenden Skizze



(S1)

bekanntlich *immer* eine "Unschärferelation"

$$\Delta x * \Delta(1/\lambda) \geq 1$$

gilt. Solche Wellenzüge *haben* einfach keine eindeutige Wellenlänge. Sie sind aus Wellen mit verschiedenen Wellenlängen zusammengesetzt. Je kleiner die räumliche Eingrenzung Δx ist, umso größer ist das Intervall der benötigten Wellenlängen. Je genauer umgekehrt die Wellenlänge – und damit in unserem Fall zugleich die Geschwindigkeit (bzw. der Impuls) – festgelegt ist, desto größer wird die Ortsunschärfe Δx . In Verbindung mit der *Definitionsgleichung*

$$p = h * 1/\lambda$$

ergibt sich also

$$\Delta x * \Delta p \geq h$$

Das ist ja zur Genüge bekannt. Es musste aber dennoch nochmals erwähnt werden, weil es in der üblichen Interpretation der Quantenmechanik ja nicht als *Erklärung* der Unschärfe betrachtet wird, sondern bloß als eine rein formale Tatsache. Zur Erklärung wird es erst durch die Annahme, dass Teilchen Zustände von Wellen *sind* und dass *deshalb* der Impuls durch die Wellenlänge definiert ist.

Für die Größen Ort und Impuls gilt also Folgendes:

1. Beide Größen sind als Welleneigenschaften *definiert*, und sie entsprechen bestimmten *Wellenarten*: dem Impuls sind Sinuswellen zugeordnet, dem Ort Pulswellen (das sind Wellen, deren Amplitude nur in einem Punkt ungleich 0 ist).

2. Voraussetzung für die Zuordnung ist, dass eine umkehrbar eindeutige Beziehung zwischen der Welleneigenschaft (Wellenlänge bzw. Amplitude) und der zugeordneten Objekteigenschaft (Impuls bzw. Ort) besteht. Diese Bedingung ist hier erfüllt.

3. Zwischen den Werten der beiden Objekteigenschaften besteht eine Unschärferelation. *Diese Unschärfe ist ein rein wellenmathematisches Faktum* (mehr dazu gleich anschließend). Sie wird auf die beiden Objekteigenschaften durch deren Definition übertragen.

Was Ort und Impuls betrifft, sind damit alle Seltsamkeiten verschwunden: Während es im Rahmen der konventionellen Teilchenvorstellung absurd erscheint, dass Ort und Impuls nicht zugleich scharfe Werte haben können, ist es bei unserer alternativen Teilchendefinition – bei der "Gegenstände" eben *kein* wohldefiniertes Raumvolumen einnehmen – vollkommen klar, dass das der Fall sein *muss*.

Die Frage ist, ob sich dieses Schema auf alle physikalischen Attribute von Objekten übertragen lässt. Die Antwort ist *ja*. Genau genommen gilt sogar, dass gar nichts übertragen werden muss – die Quantenmechanik ist dieses Schema. Sie muss nur anders interpretiert werden.

Betrachten wir also dieses quantenmechanische Schema:

Messgrößen sind Observable. Ihnen sind Operatoren zugeordnet.

Durch die Anwendung eines Operators auf den Vektor im Hilbertraum, der den Zustand des Messobjekts repräsentiert, wird dieser Zustandsvektor in eine Reihe von *Eigenfunktionen* zerlegt, d.h. es wird eine **Zerlegung in Wellen** durchgeführt: Eigenfunktionen sind Wellen, deren Form von der Art des Operators abhängt.

Z.B. sind die de Broglieschen Materiewellen Eigenfunktionen des Impulsoperators, und stehende Wellen auf Kugeloberflächen (d.h. Kugelflächenfunktionen) sind Eigenfunktionen des Drehimpulsoperators.

Die Zuordnung von Observablen zu Operatoren bedeutet also zugleich eine Zuordnung zu *Klassen von Wellen*.

Es gilt aber ganz allgemein, dass es unter den Klassen von Wellen, in die eine Wellengestalt zerlegt werden kann, stets Paare gibt, zwischen denen – wie bei Sinuswellen und Pulswellen – eine *Unschärferelation* besteht.²³ Das ist somit auch bei der Wellen-Zerlegung des Zustandsvektors der Fall. Und *diese Unschärfe überträgt sich wiederum auf die durch diese Wellenklassen definierten physikalischen Attribute*.

Das bedeutet:

Das Schema, das gerade eben für Ort und Impuls beschrieben wurde, gilt in gleicher Weise für *alle* physikalischen Attribute (Observablen): Sie sind **durch Wellenklassen definiert**, und die für sogenannte kanonisch konjugierte Attribute gültige Unschärferelation ist daher **eine rein wellenmathematische – und als solche vollkommen verständliche – Gesetzmäßigkeit**, die auf die Attribute durch deren Definition **übertragen** wird.²⁴

Damit sind die wesentlichen Elemente der Interpretation bereits erklärt.

Hier noch einige weitere wichtige Punkte:

23 Bei einer Zerlegung in zwei solche Wellenklassen kann das Produkt der *Bandbreiten* nicht kleiner als 1 werden.

24 Da es nur Wellen gibt, **müssen** alle kausalen Zusammenhänge auf Wellen zurückgeführt werden. Daher ist die Zuordnung der Eigenschaften von Gegenständen zu Wellenklassen ein *notwendiger Akt*, der sich in der Physik genau zu dem Zeitpunkt vollzogen hat, als sie in Größenordnungen vorgedrungen war, bei denen sich die *fundamentale Wellennatur der Wirklichkeit* offenbarte.

Das Objekt, das als **Folge** einer Messung auftritt, ist **nicht** dasselbe Objekt wie dasjenige, an dem die Messung **vollzogen** wird: dieses ist eine Welle oder Wellenüberlagerung, die zu *verschiedenen* Messereignissen beiträgt – genauso, wie wir das bei der Erklärung des Doppelspaltversuchs dargestellt haben.

Der Zustandsvektor repräsentiert das Messobjekt. Er bezieht sich also auf das Wellenpaket **vor** der Messung, und die Anwendung des Operators bezieht sich somit auf die Teilung dieses Wellenpakets in Wellen, die derjenigen Wellenklasse angehören, der die Eigenschaft zugeordnet ist, die gemessen werden soll.

Da die Klasse der Wellen, in die der Zustandsvektor geteilt wird, **frei wählbar** ist, enthält er alle messbaren Eigenschaften *als Möglichkeiten*, aber nicht etwa im Sinn einer eigenständigen Form von Existenz bzw. Nicht-Existenz, sondern in einem völlig verständlichen Sinn:

Jede der im Wellenpaket enthaltenen Wellen, die zu irgendeiner Klasse gehören, kann zur Entstehung eines Objekts mit der entsprechenden Eigenschaft – des Objekts der aktuellen Messung oder des Objekts einer späteren Messung – beitragen.

Im Experiment ist es meist erforderlich, das Wellenpaket *tatsächlich* zu zerlegen. Die Verteilung der Messwerte wird dann, wie gleich anschließend erläutert, der Verteilung der Amplitudenquadrate der im Zustandsvektor enthaltenen Wellen entsprechen.

Das gemessene Objekt – der Träger der gemessenen Variablen – wird, sofern es sich um ein Objekt atomarer oder molekularer Größenordnung handelt, in jedem Fall durch den Messprozess *neu gebildet*. Erst durch diese Neuformation der Messobjekte können die Wellen, die der Zustandsvektor enthält, zu *gemessenen Eigenschaften* werden, mit anderen Worten: kann das Mögliche zum Wirklichen werden.

Natürlich muss in jedem Fall der Zuordnung eines Attributs zu einer Wellenklasse erklärbar sein, was der physikalische Grund für diese Zuordnung ist. Im Buch [Struktur](#) wird ein Teil der Erklärung geleistet:

Im Kapitel über Relativitätstheorie wird Bewegung (Geschwindigkeit) von Objekten durch *Superposition von Wellen* definiert, Änderung der Bewegung durch Änderung der Frequenzen. Materiewellen werden durch Lorentz-Transformation stehender Sinuswellen erzeugt. Damit ist die konzeptionelle Basis für die Definition von Energie und Impuls geschaffen, und es kann eingesehen werden, warum die Eigenschaft *Energie* der (ungerichteten) Größe *Frequenz der Materiewellen* zugeordnet ist und die Eigenschaft *Impuls* der (gerichteten) Größe *Wellenlänge der Materiewellen*.

Diese Definitionen wurden bei den Beschreibungen des [Lichtelektrischen Effekts](#) und des [Compton-Effekts](#) demonstriert und bestätigt.

Warum in atomaren und molekularen Größenordnungen Spin und Drehimpuls *Kugelflächenfunktionen* (stehende Wellen auf Kugeloberflächen) zugeordnet sind, wird im Kapitel 9 ab Seite 171 erklärt.

Damit sind bereits einige der wichtigsten Zuordnungen auf einsichtige Zusammenhänge zurückgeführt.

Unsere im vorigen Abschnitt vorgestellte Sicht der Quantentheorie hat sich also bestätigt:

In der Quantentheorie wird die gegenständliche Erfahrungswelt auf die fundamentale Wellenwelt zurückgeführt.

Damit ist zugleich geklärt, weshalb die Quantentheorie unumgänglich ist: alle physikalischen Beschreibungen – seien sie auch noch so abstrakt – dienen letztlich der Erklärung erfahrbarer gegenständlicher Sachverhalte.

Somit kann behauptet werden:

Die Quantentheorie ist genau jene Theorie, die es ermöglicht, das *kausale Fundament der Wirklichkeit*, das *ausschließlich metrisch ist und aus Wellen besteht*, durch Größen zu beschreiben, die der erfahrbaren Gegenstandswelt entstammen. Sie bildet die Verbindung – gewissermaßen die "Schnittstelle" – dieser beiden Bereiche.

Wie gezeigt wurde, wurzelt die mehr als 100 Jahre dauernde und bis in die Gegenwart reichende erkenntnistheoretische Verwirrung also nicht im quantenmechanischen Formalismus selbst, sondern in dessen Interpretation: erst die Unfähigkeit, sich von gegenständlichen Denkmustern zu lösen, erzeugt Paradoxien und führt schließlich zum Verlust jeglichen Verständnisses der Wirklichkeit.

6.2. Der Messprozess: Die Reduktion der Wellenfunktion

"Unter den [...] Gegnern der "orthodoxen" Quantentheorie nimmt Schrödinger insofern eine gewisse Ausnahmestellung ein, als er nicht den Teilchen, sondern den Wellen die "objektive Realität" zusprechen will und nicht bereit ist, die Wellen nur als Wahrscheinlichkeitswellen zu interpretieren. [...] Freilich kann Schrödinger [...] nicht das Element von Diskontinuität aus der Welt schaffen, das sich in der Atomphysik überall [...] äußert. In der üblichen Deutung der Quantentheorie ist es an der Stelle enthalten, wo jeweils der Übergang vom Möglichen zum Faktischen vollzogen wird. Schrödinger selbst macht keinen Gegenvorschlag, wie er sich etwa die Einführung des überall zu beobachtenden Elements von Diskontinuität anders als in der üblichen Deutung vorstellen will."²⁵

Ich habe dieses Zitat ausgewählt, weil die zwei Punkte, die Heisenberg hervorhebt, noch immer aktuell sind:

Es gibt bis heute keinen vernünftigen Vorschlag, wie sich bei der Messung "der Übergang vom Möglichen zum Faktischen" vollzieht. In unserer Beschreibung des Doppelspaltexperiments wird er einfach durch Addition von Wellen und den dadurch verursachten Übergang von einem Zustand der stehenden Welle in den nächsthöheren Zustand erklärt – ein bei stehenden Wellen vollkommen selbstverständlicher Sachverhalt.

Damit ist dann zugleich das "überall zu beobachtende Element von Diskontinuität" auf einsichtige Weise erklärt, und zwar ganz offensichtlich "anders als in der üblichen Deutung", d.h. eben *nicht* durch die Annahme einer Entität namens "Teilchen".

Um diesen "Übergang vom Möglichen zum Faktischen" – die sogenannte *Reduktion der Wellenfunktion*, die beim Messprozess stattfindet – zum quantenmechanischen Beschreibungsschema in Beziehung zu setzen, werden wir nun einen kurzen Ausflug in den formalen Teil der Quantentheorie unternehmen.

Sei $\Psi(x)$ der Zustandsvektor eines Objekts T, an dem die Messung eines Attributs vorgenommen werden soll, das dem Operator A entspricht. Es gelte

$$A\Psi(x) = \sum_{i=1}^n s_i U_i(x) \quad (U_i \text{ Eigenfunktionen, } s_i \text{ Koeffizienten})$$

Seien a_i Eigenwerte der entsprechenden U_i . Dann wird sich bei der Messung einer der Werte a_i ergeben.

Soweit die Vorgaben, deren Gültigkeit in einem so hohen Maß bestätigt ist, dass sie als Fakten gelten können. Nun aber beginnt schon der Bereich der Interpretation:

²⁵ Werner Heisenberg, Phys. Bl. 12 (1956), S. 300.

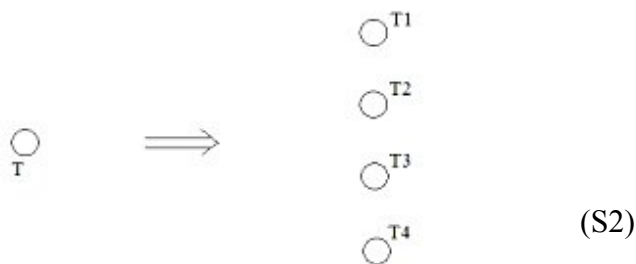
Wird der Wert a_j ($1 \leq j \leq n$) gemessen, dann soll sich T – d.h. *dasselbe Objekt*, das zuvor durch

$\sum_{i=1}^n s_i U_i(x)$ repräsentiert wurde – im Zustand U_j befinden: die ganze Summe $\sum_{i=1}^n s_i U_i(x)$ hat sich auf einen einzigen Ausdruck $s_j U_j$ **reduziert**.

Nennen wir dies die Hypothese (H1). Sie bildet das Fundament der gegenwärtigen Interpretation des quantenmechanischen Messprozesses:

(H1) *Die durch die Messung auf einen einzigen Term reduzierte Zustandsfunktion beschreibt **dasselbe Objekt** wie die Zustandsfunktion vor der Reduktion. Der eine Term entspricht dem Zustand des Systems nach der Reduktion.*

Eine einfache Veranschaulichung:



T ist das Objekt, an dem das Attribut A gemessen werden soll. T1 bis T4 stellen 4 verschiedenen Möglichkeiten dar, T nach der Messung vorzufinden. Falls $j = 3$, wird also T3 zur gemessenen Wirklichkeit. T1, T2 und T4 verschwinden.

Die Hypothese (H1) besagt also:

T3 ist dasselbe Objekt wie T. T ist der Zustand des Objekts *vor* der Messung, T3 ist der Zustand des Objekts *nach* der Messung.

Das hier präsentierte Modell beruht dagegen auf der folgenden Hypothese (H2):

(H2) *Das Objekt, das sich **nach** der Messung im Zustand U_j befindet, ist **nicht dasselbe Objekt** wie das durch $\Psi(x)$ repräsentierte Objekt T *vor* der Messung. Keine der zur Repräsentation des Objekts T gehörenden Eigenfunktionen U_i mit $i \neq j$ verschwindet, sondern alle liefern Beiträge zu nachfolgenden Messungen, bei denen dann andere, mit T formal identische Objekte (z.B. "Elektronen") in entsprechenden Zuständen vorgefunden werden. **Es findet also gar keine "Reduktion" statt** – jedenfalls nicht in dem Sinn, dass irgendetwas verschwindet.*

(H2) bedeutet:

1. Ein **Teil** von T – der, auf den T gemäß (H1) "reduziert" wurde – liefert einen Beitrag zum *aktuellen* Messergebnis – also zum entsprechenden Wert des Attributs A –, *alle anderen Teile* von T leisten Beiträge zu *anderen, künftigen* Messergebnissen.
2. Das aktuelle Messergebnis wird im Allgemeinen nicht nur durch Wellen aus T verursacht, sondern auch durch Wellen, die im Lauf der aktuellen Mess-Serie erzeugt worden sind und von anderen, mit T formal identischen Mess-Objekten stammen.

Bei dem in (S2) dargestellten Schema gilt also – im Gegensatz zur üblichen Interpretation:

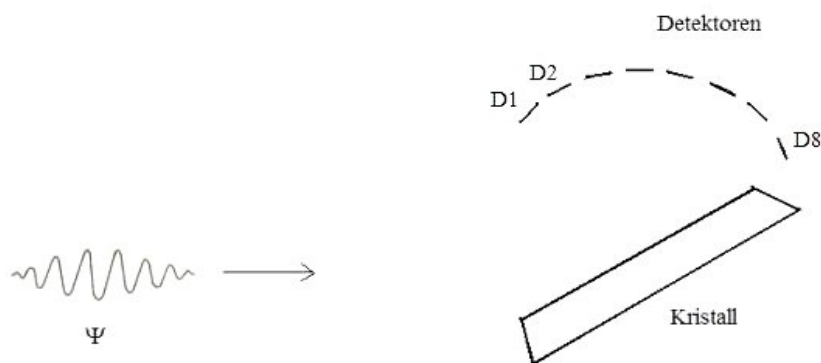
T3 ist nicht dasselbe Objekt wie T. Einerseits enthält T3 nicht nur Wellen aus T, und andererseits enthält T auch Wellen, die nicht zum Ereignis T3 beitragen, sondern zu (möglichen) späteren Ereignissen T1, T2 und T4.

Dazu ein Beispiel:

Nehmen wir an, T sei ein Elektron. Der Impuls von T soll zunächst berechnet und dann gemessen werden.

Um die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Messwerte zu berechnen, muss auf die Wellenfunktion Ψ , durch die T repräsentiert wird, der Impulsoperator angewendet werden. Dieses Verfahren ist eine *Wellen-Zerlegung*: Ψ wird in Sinuswellen mit verschiedenen Wellenlängen zerlegt, und die zugehörigen Amplituden werden bestimmt. Deren Quadrate ergeben die gesuchten Wahrscheinlichkeiten.

Im Experiment wird das Wellenpaket *tatsächlich* geteilt. Das könnte z.B. durch folgende Versuchsanordnung ausgeführt werden:



(S3)

Das Wellenpaket wird an einem Kristall gestreut, das heißt: die darin enthaltenen Wellen mit verschiedenen Wellenlängen werden durch die Kristalloberfläche gebeugt. Diese wirkt wie ein ebenes Beugungsgitter, das das Wellenpaket in nahezu monochromatische Strahlenbündel zerlegt. In der Nähe der Kristalloberfläche kommt es zu Interferenz sämtlicher Wellen, in ausreichender Entfernung trennen sich aber die Strahlen, sodass alle Wellen, die auf einen bestimmten Detektor auftreffen, fast dieselbe Wellenlänge haben.

Wir haben also die Wellengruppe nach Wellenlängen (bzw. Impulsen) *sortiert*.

Der *formalen* Zerlegung durch die Anwendung des Impulsoperators auf Ψ entspricht also die *reale* Zerlegung des Wellenpakets in Sinuswellen mit verschiedenen Wellenlängen durch die Versuchsanordnung.

Bei der Messung führt in der üblichen Interpretation eine der Eigenfunktionen des Impulsoperators zum Messergebnis, das heißt: sie wird *wirklich*, die anderen *verschwinden*. In einem Detektor befindet sich jetzt ein *Elektron* mit einem bestimmten Impuls – der vorher nicht existierte –, in den anderen Detektoren befindet sich *nichts*.

In der hier vorgeschlagenen Interpretation gibt es dagegen keine Reduktion. Keine Eigenfunktion verschwindet. Alle Eigenfunktionen liefern Beiträge zu späteren Ereignissen bzw. Messungen. Die Amplituden der Wellen mit identischer Wellenlänge werden summiert, bis es im betreffenden Detektor zu einem Übergang kommt: ein charakteristisches Wellenmuster entsteht – eine Impulsmessung hat stattgefunden (die auch hier wieder im Allgemeinen nicht die Folge einer einzelnen Wellengruppe ist, sondern der Summierung der Amplituden von Wellen aus mehreren Wellengruppen bedarf).

Hier ist klar zu erkennen, dass sich quantitativ nichts ändert: Die Wellenpakete werden in Sinuswellen mit verschiedenen Wellenlängen zerlegt, die auf die entsprechenden Detektoren treffen. Wenn nun, gemäß unserer Grundannahme, die charakteristische *Neuorganisation* eines lokalen räumlichen Schwingungszustandes – also das Erscheinen eines "Elektrons" – durch die Summierung von Wellenamplituden *verursacht* wird, dann muss die Wahrscheinlichkeit der Ereignisse in einem bestimmten Detektor dem Quadrat der Amplituden der Wellen, die *tatsächlich* auf diesen Detektor auftreffen, proportional sein – also genau so, wie durch die Quantentheorie vorausgesagt.

Widerspricht es nicht eigentlich dem quantenmechanischen Formalismus, anzunehmen, dass das *vor* der Messung vorhandene Teilchen kurze Zeit später als *dasselbe* Teilchen wieder erscheint – selbst dann, wenn formal – *und* experimentell – eine Teilung erfolgt und die Teile sich beliebig weit voneinander entfernen? Es wäre nicht ganz abwegig, dies eine Interpretation *gegen den Formalismus* zu nennen.

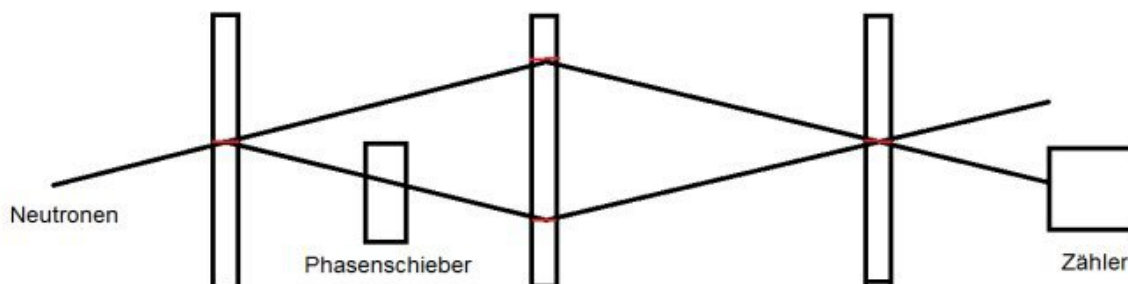
Mein Vorschlag folgt dagegen einfach dem, was der Formalismus vorgibt, und erlaubt es, diese Vorgabe mit einer lokalen und objektiven Realität zu verbinden: Wenn ein "Teilchen" X *vor* der Messung an einer bestimmten Stelle erzeugt wird und *nach* der Messung an anderer Stelle ein *identisches* Teilchen erscheint, dann ist dies *nicht dasselbe* Teilchen; die Wellen, die aus der Auflösung des charakteristischen Wellenmusters X stammen, verteilen sich entsprechend ihrer formalen Beschreibung – sie laufen also *tatsächlich* auseinander – und tragen zur Entstehung eines anderen Wellenmusters X bei, das dieselbe Bezeichnung X aber nicht deshalb verdient, weil es *substanziell*, sondern weil es *formal* identisch mit dem ersten ist.

6.3. Die Folgen

Bei meinen Ausführungen zur Quantentheorie geht es ausschließlich um eine Änderung der Interpretation. Der mathematische Formalismus selbst bleibt unangetastet. Das gilt jedoch nur für die Quantentheorie selbst – für alle weiteren, darauf aufbauenden Theorien lässt sich zeigen, dass aus meiner Interpretation der Quantentheorie folgt, dass auch der Formalismus falsch ist. Ich will das hier für das sogenannte *Standardmodell der Teilchenphysik* demonstrieren:

Zwischen Quarks wirkt die starke Kraft. Sie ist so beschaffen, dass sie mit der Entfernung nicht abnimmt. Deshalb können Quarks nicht voneinander getrennt werden.

Neutronen bestehen aus drei Quarks. In einem Neutroneninterferometer wird durch Streuung an einer Kristallschicht ein Neutronenstrahl in zwei Strahlen geteilt, die sich bis auf eine Distanz von einigen Zentimetern voneinander entfernen. Die beiden Strahlen werden durch Streuung an einer zweiten Schicht wieder zusammengeführt, so dass nach einer dritten Schicht Interferenz beobachtet werden kann.



Die Intensität des Neutronenstrahls wird so gering gewählt, dass sich mit hoher Wahrscheinlichkeit jeweils nur *ein* Neutron im Interferometer befindet. Es werden also *einzelne Neutronen* geteilt.

Damit erhebt sich die Frage: Wenn das Neutron geteilt wird – *wo sind dann die Quarks?*

In der Standardinterpretation kann man sich – wie auch beim Doppelspaltexperiment und in etlichen anderen Szenarien – auf den Standpunkt zurückziehen, dass es sich ja nur um "Wahrscheinlichkeitswellen" handelt, deren Amplituden Wurzeln aus Wahrscheinlichkeiten entsprechen, sodass solche Fragen nicht gestellt werden können.

In meiner Interpretation handelt es sich dagegen um *wirklich existierende Wellen*, und das bedeutet, dass aufgrund der Interferenz *in beiden Strahlen irgendetwas vorhanden sein muss*, und dann ist die Frage, wo nun die Quarks sein sollen, offensichtlich *unbeantwortbar*.

Daraus folgt, dass die Darstellung der starken Kraft, der zufolge das Neutron aus drei Quarks besteht, die nicht voneinander getrennt werden können, falsch ist.

Der Widerspruch, der beim Doppelspaltexperiment auftrat: **einerseits** die *Unteilbarkeit* der Teilchen und **andererseits** ihre *gleichzeitige Existenz* in zwei Spalten wegen der Interferenz, konnte einfach durch die Annahme, dass es *keine unteilbaren Teilchen* gibt, sondern nur *wirklich existierende Wellen*, aus der Welt geschafft werden, also durch eine Änderung der Interpretation (wofür es allerdings erforderlich war, die Beweise für die Quantisierung zu entkräften).

Bei der starken Wechselwirkung ist das hingegen nicht möglich: die Ersetzung der Teilchen durch Wellen kann den Widerspruch, dass die Quarks **einerseits** *untrennbar* sind und **andererseits** *in beiden Strahlen vorhanden* sein müssen, nicht beseitigen.

Für die Theorie der starken Wechselwirkung ist also die konventionelle, falsche Interpretation der Quantentheorie – einschließlich des darin enthaltenen Verbots zu *fragen*, was eigentlich geschieht – eine *notwendige Voraussetzung*.

Hier zeigt sich, in welchem Maß Interpretation in die Theoriebildung eingeht:

Sie kann Theorien nicht nur ermöglichen, sondern auch verhindern.

Die starke Kraft ist ein zentraler Baustein des Standardmodells. Und mehr als das: die Art ihrer mathematischen Beschreibung – das gruppentheoretische Verfahren ihrer Ableitung – ist eine Analogie und Erweiterung der Beschreibung der schwachen Kraft.

Wenn also die Theorie der starken Wechselwirkung falsch ist, dann bricht das ganze Standardmodell zusammen. Es kann dann nicht mehr den Status einer fundamentalen Theorie beanspruchen, sondern bloß den Status einer rein formalen Näherung, die Elemente (Objekte, Wechselwirkungen) enthält, die keine Entsprechung in der Wirklichkeit haben – vergleichbar dem bekannten Epizykelsystem, das einst der Beschreibung der Planetenbahnen diente.

Damit ist zugleich klar, dass auch alle Versuche, das Standardmodell weiter zu entwickeln, scheitern müssen; Es ist also nicht – wie oft behauptet – die große Reichweite oder sogar Perfektion des Standardmodells, die seiner Weiterentwicklung im Weg steht, sondern die Tatsache, dass es auf falschen Voraussetzungen errichtet ist.

Ähnliches gilt für die ganze theoretische Physik, die *nach* der Quantentheorie entstanden ist.

6.4. Zusammenfassung, Ausblick

Kurz zusammengefasst, lässt sich die Lage der theoretischen Physik wie folgt charakterisieren:

In der historischen Übergangsphase nach 1900, in der die fundamentale, *kausale* Ebene der Wirklichkeit in den Blick kam, und in der danach auch die Theorie entstand, die den Bereich der Erfahrung auf diesen kausalen Bereich *zurückführt*: die Quantentheorie, wurde genau dieser Zusammenhang *nicht erkannt*.

Deshalb geriet die theoretische Physik auf einen falschen Weg: Die Begriffe und Konzepte aus dem Bereich der Erfahrung, die im kausalen Bereich *nicht existieren* und die daher zur Interpretation und Erklärung kausaler Prozesse *vollkommen ungeeignet* sind, wurden weiterhin als Grundbegriffe der Beschreibung und Interpretation aufgefasst. Die Folge war der totale Verlust des Verstehens. Es wurde unmöglich, zu sehen, was eigentlich vorgeht – mit anderen Worten: die Wirklichkeit ging vollständig verloren. (Siehe z.B. Doppelspaltexperiment.)

Dadurch wurde die Physik *führungslos*. Wenn es kein Verstehen und keine Einsicht gibt, dann wird Mathematik zur einzigen Möglichkeit, Probleme zu lösen und Ziele zu definieren. Wie sich jedoch in den letzten Jahrzehnten gezeigt hat, ist Mathematik für diese Führungsrolle nicht geeignet – es kann mittlerweile kaum noch bezweifelt werden, dass sich eine Physik, die fast ausschließlich mathematische Ziele verfolgt, immer weiter von der Wirklichkeit entfernt: Die Verbindung von Theorie und Experiment ist zerrissen, das *Nichtwissen* wird – wie etwa bei der Verdopplung der Teilchenzahl in der Supersymmetrie – aufgrund rein mathematischer Hoffnungen dramatisch vermehrt, und selbst wenn diese Hoffnungen sich auch in Jahrzehnten nicht erfüllen (kein Super-Teilchen wurde je gefunden), wird das Konzept weiter verfolgt. Oft werden bloß *selbsterzeugte* Probleme gelöst, und die mathematische Eindeutigkeit der Lösung gilt dann als Bestätigung der Korrektheit, wie etwa bei der Theorie der starken Wechselwirkung. In vielen theoretischen Bereichen herrscht Beliebigkeit, und die Standard-Modelle werden aufgrund immer häufiger auftretender Widersprüche in immer schnellerer Folge durch mathematisch mögliche *ad hoc* Annahmen gerettet. Die betreffenden Bereiche gelten dann als "aktive Forschungsgebiete".

Was müsste geschehen, um die Physik aus dieser Sackgasse zu befreien?

Jedenfalls müssen sich die Forschungsziele ändern. Unter der Voraussetzung, dass es keine *Teilchen* gibt, ist es ja offenbar wenig sinnvoll, das Standardmodell der *Teilchenphysik* weiter zu entwickeln. Die seit etlichen Jahrzehnten im Mittelpunkt stehenden gruppentheoretischen Verfahren auf Basis von Symmetrieanahmen mögen in manchen Fällen geeignet sein, zu einer *Einteilung* des Seienden zu gelangen – obwohl auch das, wie sich am Beispiel der starken Wechselwirkung zeigt, misslingen kann – aber keinesfalls sind sie dazu imstande, zur Frage der *Entstehung* dieses Seienden etwas beizutragen. Es wird also bloß die Zahl der Teilchen und damit auch die Zahl der freien Parameter weiter vergrößert. Überdies wird durch das Konzept der *gebrochenen Symmetrie* der Grad an Beliebigkeit extrem gesteigert, wodurch dann, da es ja kaum noch experimentelle Überprüfung gibt, einfach nur die Zahl konkurrierender Theorien erhöht wird.

Aus meiner Sicht ist aber gerade die *Entstehung des Seienden* das wichtigste Forschungsziel.

Wie entsteht Seiendes?

Wenn der fundamentale, kausale Bereich der Wirklichkeit rein *metrisch* ist, also nur die Einheiten Meter und Sekunde enthält, dann ist alles, was existiert und was sich ereignet, ein Zustand der Raumzeit bzw. ein Prozess ihrer Veränderungen, der sich – in meinem Beschreibungssystem – gemäß den Gleichungen (1) und (1') vollzieht.

Wie am [Ende von Abschnitt 3.3](#) festgestellt, lassen sich aus diesen Gleichungen 5 Arten von *metrischen Wellen* ableiten.

An dieser Stelle ist anzusetzen. Wie kommt es zur Bildung der Zustände, die wir "Teilchen" nennen? Wie bilden sich Atomkerne und Atome?

Möglicherweise lässt sich das ja sogar direkt beobachten, und zwar genau dann, wenn das *Einstein-Bose-Kondensat* seine atomare Struktur annimmt.

Die Frage ist also:

Wie entwickelt sich aus dem Einstein-Bose-Kondensat die körnige Struktur der Materie?

Es wird allerdings keine Antwort geben, wenn man die übliche quantenmechanische Phraseologie anwendet. Es geht hier eben nicht um "Quanten-Zustände" mit gewissen "Wahrscheinlichkeiten" und deren Überlagerungen, sondern um

wirklich existierende metrische Wellen,

die sich wie eine Flüssigkeit verhalten, wo es Oberflächenspannung gibt und sich daher "Tropfen" bilden, und ähnliches.

Um es ganz klar zu sagen:

*Es geht darum, diesen Vorgang als **realen Prozess** aufzufassen* und die beobachteten Tatsachen nicht durch Phrasen, die zur aktuellen, falschen Interpretation der Quantentheorie gehören, in Absurditäten zu verwandeln und damit die Erklärung *und* die Theoriebildung zu verhindern.

Es wird also nur durch die in dieser Schrift präsentierte *realistische Interpretation der Quantentheorie* möglich sein, den Entstehungsprozess der Materie und die daraus resultierenden Zustände auf der Basis *wirklich existierender metrischer Wellen* zu analysieren und mathematisch zu modellieren.

Mir erscheint sogar die Annahme plausibel, dass der Wellenzustand des Einstein-Bose-Kondensats mit dem Anfangszustand von Existenz verwandt sein könnte. Und falls diese Annahme richtig ist, dann wäre dies der Einsatzort für die oben erwähnten [5 Arten von metrischen Wellen](#), die ja direkt aus dem Entstehungsprozess der Wirklichkeit abgeleitet sind.

Im Grunde müssen wir nur nachholen, was vor hundert Jahren versäumt wurde: die Quantentheorie als das zu begreifen, was sie eigentlich ist, und sie auf genau diese Weise anzuwenden:

Sie ist die Theorie, die uns von den Einschränkungen des Bereichs der Erfahrung befreit und Zugang gewährt zum elementaren, kausalen Bereich – aber nicht, wie bei ihrer gegenwärtigen, falschen Interpretation einen rein formalen Zugang, erkaufte durch den totalen Verlust jeglicher Einsicht, sondern einen Zugang, der vollständiges Verstehen einschließt.

Heinz Heinzmann

Wien, April 2026