

Helmut Hansen

Die Linien des Alten
Einsteins letzte Vision

© Helmut Hansen 2009

»Raffiniert ist der Herrgott,
aber böseartig ist er nicht.«

Albert Einstein

INHALT

Vorwort 6

Einführung 8

Die »Physik des Mandala« – Ein Ausblick 12

TEIL I - Grundriß einer modernen Metaphysik

Unus Mundus – Auf der Suche nach dem Einen 20

Wie man Metaphysik auf eine moderne Weise betreibt 22

Im Banne des Unsichtbaren 24

Von der Entdeckung des »Schwellengebietes« 30

Das »Prinzip der Radikalen Nicht-Dualität« 34

Teil II – Die Physik des Mandala

Die Physik des Mandala – Eine Retrospektive 45

Die Epsteinsche Deutung 47

Welt am »Gödelpunkt« 52

Über das »lorentzinvariante« Design des Mandalas 55

Mandala versus Relativität 61

Der Weg ins Dunkle 64

Die eigenartige Theorie eines Eigenwilligen 66

Das Michelson-Morley-Experiment – Einsteins Joker 104

»Zwei Muster = Ein Wert« oder: Die Mandala-Lösung 111

Das *positive* Michelson-Morley-Experiment 114

Die zwei »Gesichter« des Lichtes – *Ein Ausblick* 123

Der Trägheitssatz – Historische Impressionen 129

Der Trägheitssatz – Ein ungelöstes Grundlagenproblem 134

Das »geheime« Innenleben des Relativitätsprinzips 140

Null und Unendlich – Die »Kabbala« des Einen 146

Von der Raffinesse des Herrgottes 151

Der lange Schatten des Aristoteles 154

Die Pioneer-Anomalie – Signatur des Einen? 156

Spezielle Relativitätstheorie – Resümee statt Requiem 162

Einstein und seine letzte Vision 169

Pauli und seine Schüler 173

Epilog oder: Von einem unglücklichen Gedanken 177

ANHANG

Das Newton'sche Relativitätsprinzip nach Epstein 183

Das Michelson-Morley-Experiment – ein Erfolg? 189

Auf der Suche nach der Funktion des Leeren 193

ANMERKUNGEN

AUSGEWÄHLTE LITERATUR

Vorwort

Von Einstein ist der Satz überliefert: Was ist Physik anderes als der Versuch, die »Linien des Alten« nachzeichnen zu wollen.¹ Er verstand darunter „den Versuch einer Nachschöpfung auf dem Wege begrifflicher Konstruktion“.²

Einstein hat entscheidende Beiträge zur Entwicklung der modernen Physik geleistet hat, doch am Ende seines Lebens zweifelte er daran, ob er mit seinen Theorien wirklich die »Linien des Alten« erfasst hatte. Ein Beispiel hierfür ist die von ihm 1905 veröffentlichte spezielle Relativitätstheorie. In und mit ihr hatte er die Lichtgeschwindigkeit c als eine *fundamentale Konstante* der Natur identifiziert, wenige Jahre vor seinem Tod indessen bezweifelte er dies. Er sah in ihr plötzlich nicht mehr als eine nur *scheinbare* Konstante. Er war davon überzeugt, dass diese Konstante eines Tages, wenn Physiker tiefer in das Geheimnis der Natur eindringen würden, auf eine reine Zahl, wie z.B. e oder π , zurückgeführt – und dass sich am Ende eine derartige Zahl als die eigentliche und wahre Naturkonstante erweisen würde.

In Ermangelung einer physikalischen Grundlage vertraute er diese Vision jedoch keinem wissenschaftlichen Papier an.³ Wir wissen von ihr lediglich aufgrund von privaten Briefen. Diese Briefe sind an eine ehemalige Studentin gerichtet, die bereits in den 20er Jahren seinen Berliner Vorlesungen gelauscht hatte. Auch diese junge Frau beschäftigte sich mit der Frage nach dem Ursprung der Naturkonstanten. Ihr Name: *Ilse Schneider-Rosenthal*.⁴

Da sie über dieses Rätsel viele Jahre intensiv nachgedacht hatte, ohne jedoch zu einem Ergebnis gelangt zu sein, wandte sie sich am 22. Februar 1945 mit diesem Problem an ihren einstigen Universitätslehrer Albert Einstein. Zu ihrer Überraschung antwortete Einstein umgehend. Aufgrund dieser privaten Briefe haben wir nicht nur Kenntnis von Einsteins »letzter« Vision, sondern auch von den Gründen, die ihn dazu brachten, an sie zu glauben.

Diese Gründe erläuterte er am Beispiel der Eulerschen Zahl e . Die Zahl e ist die Basis des natürlichen Logarithmus und spielt

in der Differential- und Integralrechnung eine wichtige Rolle. Diese Zahl unterscheidet sich, wie Einstein betonte, vom ‚Rest der Zahlen‘ dadurch, dass sie durch eine transparente Konstruktion aus 1 hervorgeht.

$$e = 1 + 1 + 1/2! + 1/3! + \dots$$

Wenn es wahre Naturkonstanten gibt, dann mussten es, so Einstein, Zahlen wie e oder π sein.

In Naturkonstanten, wie z.B. der Lichtgeschwindigkeit, *die nur empirisch bestimmt waren*, sah er eine Unzulänglichkeit unseres physikalischen Wissens über die Welt. Eine Theorie, die in ihren Grundgleichungen eine solche nur empirisch ermittelte Zahl enthielt, bestünde, wie er vermutete, »aus logisch voneinander unabhängigen Brocken«. Er könne sich jedoch, wie er betonte, keine einheitliche und vernünftige Theorie vorstellen, welche entsprechend der Laune des Schöpfers ebenso gut anders hätte ausfallen können. Er räumte ein, dass er dies natürlich nicht beweisen könne. Es gäbe bislang noch keine Theorie, die einer so radikalen Forderung genügen würde. Es sei, wie er mutmaßte, bei einer derartigen Theorie infam schwer, überhaupt bis zu prüfbaren Folgerungen durchzudringen.

Die hier von Einstein erahnte Theorie sollte bis heute eine Vision bleiben. Das vorliegende Buch „Die Linien des Alten“ möchte zeigen, wie diese Vision Wirklichkeit werden könnte. Es zeigt den Grundriss zu einer solchen radikalen Theorie – einer Theorie, die zugleich so fundamental ist, dass man nicht umhin kann, von den „Linien des Alten“ zu sprechen.

„Das Höchste wäre: zu begreifen, dass alles Faktische schon Theorie ist.“

J.W. Goethe

Einführung

Als der englische Arzt, Physiker und Ägyptologe Thomas Young zu Beginn des 19. Jahrhunderts die Wellentheorie des Lichtes vertrat, brandmarkte der Naturforscher Henry Brougham diese Theorie als eine der unverständlichsten Annahmen, die jemals in der Geschichte menschlichen Theoretisierens vorgebracht worden sei. Doch bereits Ende des 19. Jahrhunderts gehörte diese Theorie zum gesicherten Bestand der klassischen Physik. Und da eine jede Welle eines Mediums bedurfte, um schwingen zu können, postulierten die Physiker auch für das Licht die Existenz eines solches Mediums, welches sie als »Äther« bezeichneten.

Viele Physiker sahen in der Erforschung dieses Äthers die eigentliche Hauptaufgabe der Physik, da er ihrer Meinung nach das »größte« Gebilde des Universums darstellte. Der Physiker Sir James Jeans war der Auffassung, dass dieser Äther mit einiger Sorgfalt untersucht werden sollte, da in ihm, wie er glaubte, *die wahre Natur des Weltalls verborgen sei*.⁵

Doch jeder Versuch, die Existenz dieses *allgegenwärtigen* Etwas experimentell nachweisen zu wollen, sollte scheitern. Der Äther schien *unsichtbar* zu sein. Der Höhepunkt in diesen Bemühungen bildete das 1881 durchgeführte *Michelson-Morley-Experiment*. Durch dieses Experiment hoffte man mit Hilfe von Lichtstrahlen die Erdbewegung gegenüber dem Äther nachweisen zu können. *Man erwartete eine Veränderung der Geschwindigkeit des Lichts*. Doch dieser Versuch führte überraschenderweise zu einem negativen Resultat – so glaubte man zumindest, denn die Lichtgeschwindigkeit war wider Erwarten – unabhängig von der Bewegung der Erde – in allen Richtungen *dieselbe*. Dieses Messergebnis – die »Konstanz der Lichtgeschwindigkeit« - sollte sich

in den nächsten zwei Jahrzehnten zu einer Grundlagenkrise der Physik auswachsen. Sie widersprach eklatant dem bis dahin geltenden Additionstheorem der Geschwindigkeiten - einem zentralen Theorem der Newtonschen Mechanik.⁶

Zunächst bemühten sich die Physiker dieses Rätsel durch entsprechende Modifikationen der gängigen Äthertheorien zu lösen. Sie nahmen an, dass die Messgeräte durch den Äther verformt würden, und zwar solcherart, dass eine Bewegung gegenüber dem Äther unbeobachtbar blieb – und die Lichtgeschwindigkeit infolgedessen als konstant *erschien*, ohne jedoch in Wahrheit konstant zu *sein*. Doch die meisten Äthertheorien erschienen unnatürlich und schwerfällig.

Als der Physiker Albert Einstein in diesem heiklen Erkenntnismilieu seine Spezielle Relativitätstheorie (1905) veröffentlichte und zeigte, wie man unter Verzicht auf die Idee *eines allgegenwärtigen und unsichtbaren Äthers* zu einer sehr viel eleganteren und einfacheren Lösung dieses Rätsel gelangen konnte, wurde diese Lösung von vielen Physiker als »das plötzliche Aufgehen eines Lichts« empfunden.

Aufgrund des enormen Erfolges und der besonderen Effizienz, den diese »ätherlose« Theorie in den kommenden einhundert Jahre für sich verbuchen konnte, sehen viele moderne Physiker in dem Äther das entscheidende begriffliche Hindernis, dass der Entwicklung der Speziellen Relativitätstheorie im Weg stand. Sich des Äthers entledigt zu haben, wird heute als ein Beweis für die Genialität Einsteins gewürdigt. Trotz des enormen Erfolges dieser Theorie ist die Idee des Äthers nicht nur bis heute lebendig geblieben, sie beginnt innerhalb der modernen Physik erheblich an Bedeutung zu gewinnen.

Wie der Physiker Robert B. Laughlin in seinem Buch *Abschied von der Weltformel* eindrücklich schildert, sei der Begriff »Äther« innerhalb der theoretischen Physik wegen seiner früheren Verbindung mit der Opposition gegen die Relativität zwar immer noch extrem negativ besetzt, aber er würde relativ gut einfangen, wie die meisten Physiker heute über das *Vakuum* denken. Dies sei auch kein Widerspruch zum Relativitätsprinzip, da dieses Prinzip, so Laughlin, eigentlich nichts darüber aussagt, ob es ein das Universum durchdringendes Medium gibt oder nicht, son-

dern nur, dass es eine »relativistische Symmetrie« aufweisen müsse. Wie sich mittlerweile herausgestellt hätte, gäbe es ein solches Medium. Es sei das als vermeintlich leer geltende *Vakuum*. Aufgrund von Untersuchungen mit Teilchenbeschleunigern wüssten Physiker inzwischen, dass das Vakuum eher einem »Stück Fensterglas« als der idealen Newtonschen Leere ähnelt. Er sei mit einem normalerweise transparenten »Stoff« erfüllt, der aber sichtbar gemacht werden könne, wenn man ihn nur hart genug träfe. Kurzum: Der relativistische Äther sei eine experimentell hinlänglich bestätigte Vorstellung von der Natur des Vakuums. Er würde, wie Laughlin betont, heute nur nicht so genannt, weil dies immer noch tabu sei.⁷

Dies ist keineswegs eine Einzelstimme innerhalb der modernen Physik. Als der Physiker *John Bell* gefragt wurde, ob er es für möglich halte, dass die Idee des Äthers wieder eine Rolle in der modernen Physik spielen könne, erklärte er, dass die Annahme eines Äthers eine vollkommen logische Art der Betrachtung darstellt. Der Äther sei, wie er betonte, auch nicht aus physikalischen, sondern vor allem aus erkenntnistheoretischen Gründen verworfen worden – nach dem Motto: *Was nicht beobachtet werden kann, das existiert auch nicht*. Doch er sei davon überzeugt, dass der Äther existiert, wobei er einräumte, dass es höchst unangenehm sei, wenn sich, wie scheint, die Dinge dahingehend verschworen haben, hinter den Kulissen aktiv zu sein und nicht auf offener Bühne.⁸

Und selbst Einstein, der diese Entwicklung letztlich initiiert hat, erklärte schon 1919 in einem Brief an H.A. Lorentz, dass es richtiger gewesen wäre, wenn er sich darauf beschränkt hätte, die Nicht-Realität der Äthergeschwindigkeit zu betonen, statt die Nicht-Existenz des Äthers überhaupt zu vertreten.⁹

Das vorliegende Buch möchte zeigen, wie man diese konspirative Natur des Äthers aus einem ganz neuen Blickwinkel betrachten kann. Diese neue Perspektive hat ihren Ursprung in der *Metaphysik*, speziell in der Frage nach der Existenz des *Transzendenten* – also jenes Urgrundes, der nach metaphysischer Auffassung das Fundament des gesamten Universums ist.

Dass uns die Untersuchung dieses Urgrundes einen neuen Blick auf die Ätherfrage oder spezifischer: auf die Frage nach der »Struktur des Vakuums« eröffnen könnte, mag auf den ersten Blick nicht ersichtlich sein. Es zeigt sich jedoch, dass dieser Urgrund gerade durch jene Eigenschaften charakterisiert ist, die auch dem Äther oder dem Vakuum zugeschrieben werden, und zwar durch die Eigenschaften der *Allgegenwart* und der *Unsichtbarkeit*. Es ist also ein naheliegender Schluss, anzunehmen, dass eine systematische Auseinandersetzung mit einem durch solche Eigenschaften charakterisierten Urgrund auch zu neuen und interessanten Einsichten in die Natur des Äthers resp. der Struktur des Vakuums führen könnte.

Doch so interessant die Erforschung des Transzendenten aus dieser Perspektive sein mag, bislang hat sich diese Sphäre, ebenso wie der Äther, jeglicher wissenschaftlichen Behandlung entzogen. Es gibt immer noch nicht den allergeringsten objektiven Hinweis dafür, dass es diesen transzendenten Urgrund wirklich gibt. Die Frage nach seiner Existenz zählt nach wie vor zu einer der großen ungeklärten Menschheitsfragen.

Diese radikale Unwissenheit hat freilich eine Ursache, denn nach Auffassung der *klassischen* Metaphysik ist dieser Urgrund, der in platonischer Diktion oft als das *Eine* oder das *Absolute* bezeichnet wird, wesensmäßig dadurch gekennzeichnet, dass er *jegliche* Empirie überschreitet. Es ist unmittelbar einsichtig, dass etwas Transzendentes *a priori* jeglicher empirischen Verifizierbarkeit entzogen ist. Da aber gerade diese methodologische Forderung das Wesen von Wissenschaft ausmacht, ist der Philosoph *Immanuel Kant* 1781 in seiner *Kritik der Reinen Vernunft* zu der Überzeugung gelangt, dass Metaphysik als Wissenschaft unmöglich sei. Diese Schlussfolgerung hat sich mittlerweile zu einem Dogma der »Postmoderne« entwickelt:

„Der Sache nach betrachtet hat Kants Widerlegung der Möglichkeit einer Metaphysik als Wissenschaft, die seit ihm als dogmatisch plakatiert wird, kein Fundament. Gleichwohl gerinnt diese Widerlegung im 19. Jahrhundert zum Dogma und ist Dogma bis in unsere Zeit.“¹⁰

Doch so plausibel und evident dieses Dogma sein mag, es ist nur die »halbe Wahrheit«, denn bis heute ist kein Theoretiker

systematisch der Frage nachgegangen: *Wie muss eigentlich das physikalische Universum aussehen, wenn es auf einem solchen als transzendent angenommenen Grund basieren will?*

Es zeigt sich, dass *diese* Frage sehr wohl wissenschaftlich beantwortbar ist. So muss ein Universum mit transzendtem Grund, wie noch gezeigt werden soll, ganz spezifischen »Rahmenbedingungen« genügen; Bedingungen, die in *unserem* Universum allem Anschein nach empirisch realisiert sind. Dies zeigt, dass Metaphysik, wenn wir der zuvor genannten Fragestellung folgen, sehr wohl als Wissenschaft möglich ist. Ihr besonderer Reiz besteht darin, dass sie uns eine *natürliche* Erklärung dafür liefert, warum sich der Äther so beharrlich jeglichem experimentellen Zugriff entzogen hat. Wenn der Äther oder das, was wir landläufig dafür halten, *wirklich* transzendenter Natur ist, dann muss jeder Versuch, ihn experimentell nachweisen zu wollen, *a priori* scheitern.

Bevor ich Ihnen einen Einblick in die entsprechenden Überlegungen gebe, möchte ich zuvor einen Ausblick voranschicken, der zeigt, dass eine moderne Metaphysik keineswegs in rein philosophischen Fragestellungen stecken bleiben muss, sondern dass sie auch zu ganz spezifischen experimentellen Vorhersagen führen kann.

Die »Physik des Mandala« – Ein Ausblick

Ausgehend von der (hier noch nicht näher bezeichneten) metaphysischen Rahmenbedingung war es zwangsläufig ein wichtiges Forschungsziel in der Entwicklung einer modernen Metaphysik, herauszufinden, wie das zu diesem »Rahmen« passende »Weltbild« aussah. Dieses »Bild« konnte in der Tat ermittelt werden. Im Sommer/Herbst 2006 habe ich ein Buchprojekt abschließen können, das schildert, wie ich bei dem Bemühen, die Spezielle Relativitätstheorie so zu »erweitern«, dass sie dieser speziellen

Rahmenbedingung genügte, überraschend auf die archetypische Struktur des Mandala gestoßen bin.

Ein Mandala besteht aus einer alternierenden Folge von ineinander geschachtelten Kreisen und Quadraten. Es gilt als ein Archetypus von universeller Geltung. Der Umstand, dass die Erweiterung des relativistischen »Raum-Zeit-Bildes« (Minkowski-Diagramm) überraschend in dieses universelle Muster einmünden sollte, ließ mich bereits zu jener Zeit davon überzeugt sein, dass in ihm *wirklich* der Schlüssel zum Verstehen der Natur von Raum und Zeit enthalten war. Es konnte einfach kein Zufall sein, dass genau dieses geometrische Muster, welches nach spiritueller Überlieferung bereits als »Kosmogramm« eines auf einem transzendenten Grund basierenden Universums aufgefasst wurde, bei dem Versuch sichtbar geworden war, die spezielle Relativitätstheorie so zu erweitern, dass sie zu einem ebensolchen Grund passte.

Das Buch, welches die einzelnen Schritte zu dieser Entdeckung schildert, wurde im Februar 2007 im Windpferd-Verlag unter dem Titel „Die Physik des Mandala“ veröffentlicht.¹¹ Doch dieses Buch blieb im wesentlichen darauf beschränkt, zu zeigen, *wie* ich diese archetypische Struktur entdeckt habe. Welche physikalische Bedeutung sie hatte, blieb weitgehend unbeantwortet. Erst in den letzten beiden Jahren ist diese Bedeutung um einiges klarer geworden. Die in dieser Zeit erzielten Erkenntnisse haben mich in meiner Überzeugung, dass es sich bei der Struktur des Mandalas um einen essentiellen Bauplan des Universums handelt, nachhaltig bestärkt.

So war es beispielsweise möglich, alle zentralen Elemente der Speziellen Relativitätstheorie (die Lorentz-Invarianz, die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und das Spezielle Relativitätsprinzip) mit spezifischen Aspekten dieser Struktur identifizieren zu können. Diese Identifikation eröffnete nicht nur unerwartete Einblicke in die Spezielle Relativitätstheorie, sie machte auch deutlich, welche Aspekte dieser Struktur in Einsteins Theorie keinerlei Berücksichtigung fanden.

Das vielleicht wichtigste Ergebnis, zu dem ich in dieser Zeit vorgedrungen bin, war die Erkenntnis, dass dieser archetypische Bauplan nicht nur ein neues »Raum-Zeit-Bild«, son-

dern auch eine vollkommen *neue Dynamik* nach sich zieht. Er zeigt, physikalisch gewendet, welche spezifische Struktur das Vakuum besitzt – und wie diese Struktur das Verhalten bewegter Körper bestimmt.

Diese dem geometrischen Aufbau des Mandalas folgende Vakuum-Dynamik unterscheidet sich in vielerlei Hinsicht von der uns bekannten klassischen wie auch relativistischen Dynamik. Der vielleicht bedeutsamste Unterschied betrifft das *Trägheitsgesetz*.

In der uns geläufigen Form besagt dieses Gesetz, dass ein Körper – unter Vakuumbedingungen - *auf ewig* im Zustand der geradlinig-gleichförmigen Bewegung verharret, sofern keine (äußeren) Kräfte auf ihn einwirken. Eben dieser Aussage widerspricht die Mandala-Dynamik: Sie behauptet, dass sich ein geradlinig-gleichförmig bewegender Körper eben *nicht* auf ewig, wie von dem Trägheitssatz unterstellt, fortbewegt, sondern dass er mit der Zeit *langsamer* wird.

In Anbetracht der Tatsache, dass der Trägheitssatz auch heute noch *die* Grundlage der neuzeitlichen Physik ist, mag man sich fragen, warum dieses *Langsamerwerden* eines zur Trägheit fähigen Körpers während der letzten drei Jahrhunderte, seit dieser Satz Eingang in das naturwissenschaftliche Denken gefunden hat, noch niemals zuvor beobachtet worden ist. Es zeigt sich, dass die durch das Vakuum begründeten »Reibungskräfte« im Bereich sehr kleiner Geschwindigkeiten ($v \ll c$) so verschwindend gering sind, dass es *extrem langer Raum- und Zeitspannen* bedarf, bevor das Langsamerwerden eines sich selbst überlassenen Körpers überhaupt beobachtbar wird.¹² Unter *irdischen* Bedingungen, wo wir es mit vergleichsweise *kurzen Raum- und Zeitspannen* zu tun haben, ist dieser »Bremseffekt« daher *faktisch unbeobachtbar*. Der Trägheitssatz erscheint in dem Bereich, dem er historisch entstammt, in der Tat als eine außerordentlich gute und überzeugende »Idealisierung«.

Doch so gut und so nützlich diese Idealisierung sein mag, würde der Trägheitssatz in der uns geläufigen Form keine zutreffende Beschreibung der Wirklichkeit (i.e. des Vakuums) darstellen, dann hätte dies äußerst weitreichende Folgen für die moderne Physik. So könnte, um ein besonders gravierendes Beispiel zu

nennen, das *Relativitätsprinzip* nicht länger als ein fundamentales Prinzip der Natur aufgefasst werden, denn dieses Prinzip beruht, wie später noch im Detail gezeigt werden soll, gerade auf der Annahme, dass ein sich geradlinig-gleichförmig bewegendes Körper *nicht langsamer* wird, sondern dass er die ihm ursprünglich erteilte Geschwindigkeit *exakt* beibehält, selbst wenn diese 100.000 Kilometer pro Sekunde beträgt.

Angesichts solcher dramatischen Folgen, die tief in das prinzipielle Gewebe der modernen Physik eingreifen, stellt sich natürlich sofort die Frage, ob und unter welchen Bedingungen ein solches »Versagen« des uns vertrauten Trägheitssatzes überhaupt beobachtbar ist.

Wenn dieses Langsamerwerden eines sich selbst überlassenen Objektes, wie hier angenommen, erst nach *extrem langen Zeit- und Raumspannen* beobachtbar wird, dann braucht man zwangsläufig ein »Labor«, *in dem ein räumlich genügend ausgedehntes Vakuum zur Verfügung steht*. Das einzige uns bekannte Labor, das diese Bedingung bislang erfüllt, ist der *Weltraum*. Daher besteht auch nur hier die Aussicht, experimentell überprüfen zu können, ob ein sich auf gerader Linie bewegendes Objekt, wie vom Trägheitssatz unterstellt, *auf ewig* seine Geschwindigkeit beibehält, oder ob es, wie von der Mandala-Dynamik nahegelegt, mit der Zeit *geringfügig langsamer* wird.

Obwohl bei Abfassung dieses Textes noch nicht vollkommen klar war, wie groß der von dieser speziellen »Dynamik der Leere« vorhergesagte »Bremsfaktor« ist, so war es doch einigermaßen bemerkenswert, auf Messdaten aus der Weltraumforschung zu stoßen, in der bereits ein solcher subtiler »Bremsvorgang« beobachtet worden ist.

Als die Raumsonde Pioneer 10 in den Abendstunden des 2. März 1972 ins All geschossen wurde, trat sie eine Reise an, wie sie bis dahin noch nie zuvor unternommen worden war. Sie nahm ohne Umwege direkten Kurs auf das äußere Sonnensystem. Ihr Auftrag galt der Naherkundung des Riesenplaneten Jupiter und seiner großen Monde. 1980, nachdem Pioneer 10 längst den Jupiter hinter sich gelassen hatte und sich dem äußersten Rand unseres Sonnensystems näherte, fiel den Projekt-ingenieuren eine leichte, aber stetige *Verlangsamung* der Ge-

schwindigkeit auf. Sie betrug zu jener Zeit täglich nur 0,0000755 Meter pro Sekunde. Anfänglich hielt man diese minimale Abweichung nur für einen Messfehler. Doch als bei der Schwestersonde Pioneer 11 dasselbe Phänomen auftrat, begannen die Wissenschaftler es genauer zu untersuchen. Sie prüften alle bekannten Ursachen – angefangen von möglichen Fehlfunktionen der Steuertriebwerke über wandernde Magnetfelder bis hin zu gravitativen Einflüssen unbekannter Himmelskörper.

Am Ende kamen die Wissenschaftler zu dem Ergebnis, dass alle in Betracht gezogenen Effekte nur einen Bruchteil der beobachteten Anomalie ausmachen würden. Wie es schien, sorgte eine bislang unbekannte Kraft dafür, dass die Pioneersonden *langsamer* wurden. Heute befindet sich eine jede dieser beiden Sonden eine Million Kilometer von dem Ort entfernt, an dem sie sein müsste, wenn wir die bekannten Naturgesetze auf sie anwenden. Im März 2005 erklärte die Wissenschaftszeitschrift *New Scientist* die Pioneer-Anomalie zu einem der 13 wichtigsten Rätsel der modernen Naturwissenschaft. Da diese Anomalie mit keiner der uns bekannten physikalischen Theorien erklärbar ist, sieht eine zunehmende Zahl von Physikern in ihr bereits den Hinweis auf eine »neue Physik«. ¹³

Bei dem Mandala handelt es sich um eine so *schöne* Struktur, dass ich davon überzeugt bin: Wenn es eine neue Physik gibt, dann ist *sie* der Schlüssel und die Grundlage zu ihr. Möglicherweise zeigt sich in diesem Langsamerwerden der Pioneersonden die hier gemutmaßte außerordentlich subtile Abweichung vom Trägheitssatz.

Noch ist die »Physik des Mandalas« allerdings weitgehend spekulativer Natur. Ihr liegt weder ein klares physikalisches Verständnis zugrunde noch kann sie mit einer mathematisch ausgearbeiteten Messvorschrift aufwarten. Sie stützt sich bislang nur auf eine sehr einfache formale Matrix $(0, \infty)$ und bestimmte geometrische Besonderheiten der Struktur des Mandalas. Gleichwohl sind die bisher erzielten Ergebnissen vielversprechend.

Auch wenn sich das zweite Buch „Die Linien des Alten“ anschickt, tiefer in die Geheimnisse dieser archetypischen Struktur einzudringen, so bewegt es sich jedoch mathematisch, ebenso

wie das erste Buch „Die Physik des Mandalas“, auf einem so elementaren Niveau, dass die meisten naturwissenschaftlich interessierten Leser und Leserinnen ihm mühelos werden folgen können. Wer sich darüber hinaus jedoch auch für die subtileren Aspekte dieses Theorieansatzes interessiert, dem seien sowohl die Lektüre der ANMERKUNGEN als auch die des ANHANGES *ausdrücklich* empfohlen.

In dem nun nachfolgenden Abschnitt möchte ich Ihnen den Grundriss einer modernen Metaphysik vorstellen. Ebenso wie die Spezielle Relativitätstheorie basiert auch eine moderne Metaphysik auf einem als fundamental angenommenen Prinzip – dem »Prinzip der radikalen Nicht-Dualität«. Dieses Prinzip unterscheidet sich von dem speziellen Relativitätsprinzip indessen dadurch, dass es von einem ganz spezifischen »Ding« - i.e. dem Einen – deduziert ist. Für das Relativitätsprinzip gilt dies nicht. Wir wissen bis heute nicht, was es mit diesem Prinzip auf sich hat – und warum die Natur ihm folgt.

„Die Vorstellung einer absoluten Symmetrie ergibt, obwohl sie in unsere Disziplin aufgenommen worden ist, keinen Sinn. Symmetrien werden *durch* Dinge verursacht; sie sind nicht die Ursache *von* Dingen. Wenn die Relativität immer wahr ist, so muss es dafür einen Grund geben.“¹⁴

Eben dieser Grund, von dem der Physiker Robert B. Laughlin hier spricht, ist bis heute unbekannt. Wir haben bislang kein »Ding« identifizieren können, welches als Ursache dieses Prinzips aufgefasst werden könnte. Bei dem in diesem Buch postulierten »Prinzip der radikalen Nicht-Dualität« ist dieser Grund hingegen *ausdrücklich* bezeichnet. In seiner Eigenschaft als das letzte und eigentliche Fundament des gesamten physikalischen Universums weist dieser Grund das aus ihm abgeleitete Prinzip zudem in rational nachvollziehbarer Weise als fundamental *schlechthin* aus.

Dass es – entgegen der kollektiven Auffassung – ein solches letztes ultimatives Prinzip geben soll, mag zunächst wenig glaubhaft erscheinen. Doch hierfür gibt es einen klar benennbaren Grund: Tatsächlich sind wir bis zum heutigen Tage nicht in der Lage gewesen sind, zu spezifizieren, in welcher speziellen physikalischen Beziehung das Transzendente zu dem für uns sichtbaren

Universum steht. Diese Eigentümlichkeit des metaphysischen Grundes, seinem Wesen nach *transzendent* zu sein, hat sich in den letzten zwei Jahrtausenden Philosophiegeschichte als eine naturwissenschaftlich unüberwindbare Erkenntnisbarriere erwiesen. In den nachfolgenden Kapiteln soll gezeigt werden, wie diese Erkenntnisbarriere überwunden werden kann.

TEIL I
Grundzüge einer modernen Metaphysik

Unus Mundus – Auf der Suche nach dem Einen

Für mehr als zwei Jahrtausende galt die Frage nach der Existenz eines *transzendenten* Grundes als die Schlüsselfrage der Philosophie, speziell der *Metaphysik*. Dieser jeglichem Blick entzogene Grund wurde von philosophischer Seite als das letzte und eigentliche Fundament des Universums aufgefasst. Diese Auffassung begründete den Anspruch der Metaphysik, Königsdisziplin aller Wissenschaften zu sein.

Da dieser ultimative Grund jedoch *explizit* als transzendent charakterisiert war, kam die abendländische Philosophie in der Nachfolge zu dem Philosophen Immanuel Kant (1724 – 1804) zu der Schlussfolgerung, dass Metaphysik als Wissenschaft prinzipiell *unmöglich* sei. Diese Schlussfolgerung hat historisch dazu geführt, dass dieser spezifische Grund mit Beginn des 20. Jahrhunderts aufgehört hat, Gegenstand systematischer Untersuchungen zu sein. Es gibt, wie ich behaupten möchte, keine andere Schlussfolgerung im menschlichen Denken, deren größtes Hindernis gerade darin besteht, *dass sie so ungemein plausibel ist*. Es ist unmittelbar einsichtig, dass die Existenz von Etwas, das radikal jegliche sinnliche Erfahrung überschreitet, auch zugleich jeglicher wissenschaftlichen Beweisbarkeit entzogen ist. Da nun Wissenschaft ganz wesentlich auf der Möglichkeit basiert, Aussagen über die Existenz von Objekten und Objektbereichen, gleichgültig welcher Art, empirisch verifizieren zu können, erscheint die Feststellung, dass Metaphysik als Wissenschaft unmöglich ist, als eine ebenso unumstößliche wie plausible Schlussfolgerung.

Doch gerade in dieser augenscheinlichen Plausibilität und Evidenz liegt die große Verführung dieser Konklusion. Sie suggeriert uns, dass mit dieser Feststellung schon alles gesagt ist, was es über das Thema »Transzendenz« in wissenschaftlicher Hinsicht zu sagen gibt. Eben dies ist einer der vielleicht größten Irrtümer des menschlichen Denkens, denn so plausibel und evident diese Feststellung auch sein mag, sie ist nur ein ganz kleines Stück der Wahrheit. Sie beinhaltet, im Grunde genommen, nicht mehr als eine *Definition*; eine Definition, die sich in der simplen Feststellung erschöpft, dass etwas

Transzendentes empirisch nicht verifizierbar ist. Sie bezieht sich als solches *ausschließlich* auf das Transzendente *selbst*, nicht jedoch auf das Universum, als dessen fundamentaler Grund es angenommen wird. Die Antwort auf die eigentlich naheliegende Frage, wie ein Universum beschaffen sein muss, wenn es auf einem solchen *höchst spezifischen Grund* basieren soll, ist sowohl die Philosophie als auch die Physik bis heute schuldig geblieben. Dass es eine Antwort auf diese Frage gibt – und dass diese Antwort nicht in ungefähren und vagen Begriffsbildungen stecken bleiben muss –, dies mag schon nachfolgende sehr allgemeine Überlegung deutlich machen.

Der Physiker Albert Einstein pflegte sich bei der Entwicklung seiner Theorien stets zu fragen, ob Gott bei der Schaffung des Universums eine Wahl hatte oder nicht – oder ob gewisse Vorgaben, wie z. B. die *Bedingung der logischen Einfachheit*, dafür sorgten, dass Er es gar nicht anders machen konnte, als Er es gemacht hat. Auf eben diese Weise hoffte er den »Linien des Alten« auf die Spur zu kommen.

Setzt man an die Stelle der Bedingung der logischen Einfachheit die *Bedingung der Transzendenz*, dann zeigt sich, dass diese Bedingung mit Blick auf das physikalische Universum vermutlich eine so *restriktive Vorgabe* darstellt, dass »der Alte«, wenn Er ihr gefolgt wäre, bei der Schaffung des Universums vermutlich keine oder nur sehr wenig Wahl gehabt hätte: Wenn Er das Universum so einrichten wollte, dass er *selbst*, entsprechend seiner transzendenten Natur, auf seiner Bühne *radikal unsichtbar* blieb, dann musste Er zwangsläufig eine sehr, sehr spezielle Struktur geschaffen haben.

In genau dieser Hypothese – der Annahme einer spezifisch »metaphysischen« Struktur des Universums – liegt, wie ich in und mit diesem Buch zeigen möchte, die Möglichkeit begründet, Metaphysik als *exakte* Wissenschaft betreiben zu können, denn diese Struktur könnte im Gegensatz zu dem ihr zugrunde liegenden transzendenten Grund sehr wohl experimentell überprüfbar sein.

Doch wie sieht diese Struktur aus? Und wie findet man sie?

Das waren die entscheidenden Fragen, die zu beantworten waren. Angesichts des dramatischen Scheiterns der *klassischen* Me-

taphysik war eines klar: Wenn man bei der Suche nach dieser Struktur erfolgreich sein wollte, dann war es notwendig, *von Anfang an* in enger Tuchfühlung zur modernen Physik zu gehen. Nur diese Nähe stellte sicher, dass sich die Suche nach dieser Struktur nicht, wie die Geschichte der klassischen Metaphysik so schmerzlich gezeigt hatte, in inhaltsleere und sinnlose Spekulationen verlor, sondern dass sie in Kontakt mit der Welt der »harten« Fakten blieb. Aus dieser methodologischen Haltung entwickelte sich schließlich so etwas wie ein spezielles Erkenntnisverfahren, das ich als »transzendente Progression« bezeichne.¹⁵

Wie man Metaphysik auf eine *moderne* Weise betreibt

Wenn das Transzendente *wirklich* existierte und dem Universum *tatsächlich* eine ganz spezifische Struktur aufgezwungen hatte, dann war es nahe liegend, anzunehmen, *dass die moderne Physik bereits gewisse Teile dieser metaphysischen Struktur erfasst hatte, ohne sich dessen freilich bewusst zu sein.*

Doch wie ließen sich diese Teilstrukturen ohne einen metaphysisch aussagefähigen Kontext identifizieren? Welche der vielen physikalischen Theorien hatten Strukturen erfasst, von denen man einigermaßen sicher sein durfte, dass sie auch in metaphysischer Hinsicht relevant waren?

Da die gesuchte metaphysische Struktur von ihrem Gegenstandsbereich her notwendigerweise die *fundamentalste* Struktur des Universums darstellte, waren zwangsläufig all jene Theorien zu favorisieren, von denen auch die Physiker überzeugt waren, dass sie fundamental seien. Zu diesen »Fundamentaltheorien« gehörten sicherlich die Quantenmechanik und die Relativitätstheorie. *Wenn es also so etwas wie eine metaphysische Struktur des Universums gab, dann mussten mit diesen beiden Theorien bereits wesentliche Teile dieser Struktur erfasst worden sein.*

Doch um die *finale* Struktur zu finden, reichte eine physikalische Fundamentaltheorie, wie z.B. die Spezielle Relativitätstheorie, für sich genommen nicht aus, denn wie sollte man wissen,

ob und inwieweit die von dieser Theorie bereits erfasste Struktur Teil der gesuchten metaphysischen Struktur war. Um an dieses Wissen zu kommen, war es unabweisbar notwendig, eine *explizite metaphysische Komponente* ins Spiel zu bringen.

Die in dieser Hinsicht naheliegendsten Komponenten waren natürlich all jene *Eigenschaften*, die dem von der Metaphysik behaupteten Grund in der Vergangenheit zugeschrieben worden sind. Zu diesen Eigenschaften gehörten beispielsweise Eigenschaften, wie z.B. die der *Absolutheit*, der *Allgegenwart* und die der *Unsichtbarkeit*, um drei der vielleicht typischsten metaphysischen Attribute zu nennen. Wenn es also eine speziell metaphysische Struktur des Universums gab, dann mussten derlei Eigenschaften zwangsläufig *eine strukturbestimmende Rolle* innehaben. Je nachdem, wie die mit ihnen verknüpften strukturellen Bestimmungen aussahen, war es notwendig, die physikalische Fundamentaltheorie entsprechend zu »modifizieren«. Eine solche Modifikation konnte beispielsweise darin bestehen, die von der physikalischen Fundamentaltheorie bereits erfasste Struktur so zu »erweitern«, dass sie diesen spezifisch metaphysischen Eigenschaften genüge – in der Hoffnung, durch diese Erweiterung auf eine kohärente und konsistente Struktur zu stoßen, die dann auch experimenteller Überprüfung zugänglich war.

Eben diese bewusst herbeigeführte Konfrontation zwischen Physik und Metaphysik ist der zentrale Inhalt des von mir als »transzendente Progression« bezeichneten Erkenntnisverfahrens. Es zeigt, wie man Metaphysik auf eine moderne Weise betreiben kann. Obwohl uns die metaphysischen Eigenschaften, wie z.B. die der *Unsichtbarkeit*, bereits seit mehr als zwei Jahrtausende bekannt sind, hat sich bis heute niemand die Mühe gemacht, *systematisch* zu untersuchen, ob und welche speziellen physikalischen Bedingungen erfüllt sein müssen, um ein Universum kreieren zu können, das auf einem solchen als *unsichtbar* charakterisierten Fundament basiert. Es zeigt sich, dass es solche Bedingungen in der Tat gibt; Bedingungen, die, wie wir sehen werden, zudem außerordentlich spezifisch sind.

»... die unkontrollierbare Metaphysik [beginnt] nicht schon dort, wo über Unsichtbares gesprochen wird. Sie fängt erst dort an, wo es nicht gelingt, das Unsichtbare über einen klar durchschaubaren Wechselwirkungsmechanismus, der in einem anderen theoretischen Zusammenhang wieder prüfbar ist, mit der Beobachtungsebene zu verbinden.«

Bernulf Kanitscheider

Im Banne des Unsichtbaren

Unsichtbarkeit ist eine der vielleicht klassischsten Eigenschaften des *metaphysischen Grundes* – des EINEN. Mit ihr kommt seine transzendente Natur *ontologisch* am klarsten zum Ausdruck, denn etwas Unsichtbares kann weder gesehen noch gemessen werden. Es ist übersteigt im wahrsten Sinne des Wortes jede mögliche Erfahrung. Es liegt daher auf der Hand, den Begriff der Unsichtbarkeit als *ontologisches Äquivalent* des epistemologischen Begriffes der Transzendenz aufzufassen.

Aus Sicht der modernen Philosophie, insbesondere der *Analytischen Philosophie*, wird jedoch gerade diese Eigenschaft der *Unsichtbarkeit* als maßgebliches Argument angeführt, um in der Metaphysik ein wissenschaftlich sinnloses Unternehmen zu erblicken.¹⁶ Doch dieser Blick, so sehr er sich auch aufdrängen mag, verfehlt buchstäblich des »Pudels Kern«, denn gerade diese spezielle Eigenschaft der Unsichtbarkeit könnte sich als *der* Schlüssel zum Verstehen des physikalischen Universums erweisen. Deutlich wird dies, wenn wir uns, wie bereits an anderer Stelle angesprochen, die Frage stellen: *Wie muss eigentlich das sichtbare Universum aussehen, wenn es auf einem als »unsichtbar« charakterisierten Fundament basieren will?*

Sobald man sich diese Frage stellt und über sie ein wenig intensiver nachdenkt, erkennt man, dass die Eigenschaft der Unsichtbarkeit mit Blick auf das sichtbare Universum vermutlich eine »ultrarestriktive« Bedingung darstellt. Sie schränkt die Möglichkeiten, wie die Struktur des Universums beschaffen sein kann, so massiv ein, dass man unumgänglich zu der Schlussfol-

gerung geführt wird, mit ihr sei nur eine ganz spezifische und unverwechselbare Struktur vereinbar. Diese Schlussfolgerung ist in der Tat begründet: Dieser Struktur kann, wie ich nachfolgend zeigen möchte, nicht nur eine klare begriffliche Gestalt gegeben werden, sie ist auch – im Kern – formalisierbar. Sie erfüllt damit eine der wesentlichsten Bedingungen von exakter Wissenschaft: *Sie ist mathematisch darstellbar.*

Eine der ältesten philosophischen Ideen der Menschheit ist die »Idee der radikalen Nicht-Dualität«. Obwohl der Ferne Osten als das kulturelle Stammgebiet dieser Idee gilt, so hat sie nichtsdestotrotz stets - durch alle Epochen der europäischen Geistesgeschichte hindurch - immer wieder ihren Weg in den Westen gefunden.

Was diese Idee *in wissenschaftlicher Hinsicht* außerordentlich anziehend macht, ist ihre Möglichkeit, den Begriff der Unsichtbarkeit auf eine *rationale* Weise erklären zu können. Wir bedürfen also zur Erklärung der Unsichtbarkeit des letzten und eigentlichen Grundes eines Aktes des Glaubens. Wir können stattdessen ganz und gar auf die Vernunft setzen: Wenn man nämlich den ultimativen Grund des Universums als das auffasst, in welchem *alle* Unterschiede aufgehoben sind, dann ist dieser Grund *per definitionem* unsichtbar. Um einen Gegenstand »sehen« zu können, muss er in irgendeiner Weise gegenüber anderen Objekten und Strukturen unterscheidbar sein. Fehlt ein solcher Unterschied, dann ist er jeglichem empirischen Zugriff entzogen. Kurzum: *Er ist unsichtbar.*¹⁷

Diese »Idee der radikalen Nicht-Dualität« ist integraler Bestandteil dessen, was man die Ewige Philosophie oder: die *philosophia perennis* nennt.¹⁸ Sie ist in dieser Eigenschaft seit mehr als zwei Jahrtausenden öffentlich zugänglich. Trotz ihres rationalen Kerns wurde sie niemals *in einem physikalischen Kontext* systematisch thematisiert.

Dass eine solche eigentlich naheliegende Thematisierung bislang unterblieben ist, hat jedoch Gründe, denn so rational sich diese Idee auf den ersten Blick auch ausnimmt, bei konsequenter Anwendung endet sie in einem *Widerspruch*: Wenn – entsprechend dieser Idee - *ausnahmslos* alle Unterschiede des Universums in das EINE aufgehoben sein sollen, dann gibt es am Ende auch

nur noch das EINE. Doch dieses ist, gerade weil es alle Unterschiede in sich aufhebt, unsichtbar. Damit aber steht die Idee der radikalen Nicht-Dualität, so vielversprechend sie auch aussehen mag, im eklatanten Widerspruch zur Wirklichkeit, denn ein Faktum ist zweifelsohne unbestreitbar, und dies ist die *Sichtbarkeit des Universums*. Dieses Faktum ist ebenso unbezweifelbar wie Descartes' *cogito ergo sum*.

Hier zeigt sich ein uraltes Problem der abendländischen Philosophie in einer begrifflich etwas anderen Gestalt; ein Problem, das bereits *Platon* und *Parmenides* beschäftigt hatte, und zwar das Beziehungsverhältnis zwischen dem *Einen* und dem *Vielen*. Auch dieses Beziehungsverhältnis sollte in einem Widerspruch enden.¹⁹ Es ist vermutlich diesem Ergebnis zuzuschreiben, dass die Idee der radikalen Nicht-Dualität niemals systematisch in einem physikalischen Kontext thematisiert worden ist: Sie ist ebenso wie alle anderen metaphysischen Ansätze in sich widersprüchlich.²⁰ Zudem scheint dieser Widerspruch, wie die nachfolgende erkenntniskritische Analyse zeigt, *unauflösbar*.

Will man die Unsichtbarkeit des Einen rational erklären, dann müssen unabweisbar *alle* Unterschiede des Universums in ihm aufgehoben sein, denn nur unter dieser restriktiven Bedingung kann das Eine konsistent als »unsichtbar« aufgefasst werden. Liegt aber diese Bedingung vor, dann bleibt von dem Universum nichts mehr übrig, was man noch als »sichtbar« ansprechen könnte. Will man also den Widerspruch mit der Tatsache, dass das Universum sichtbar ist, vermeiden, dann dürfen eben *nicht* alle Unterschiede in das Eine aufgehoben sein. Doch mit eben dieser Annahme hört das Eine auf, unsichtbar zu sein, denn als unsichtbar kann es, konsequent gedacht, *dann und nur dann* angenommen werden, wenn tatsächlich *alle* Unterschiede in ihm aufgehoben sind.

Wie es scheint, zieht die Idee einer radikal nicht-dualen Konzeption also nicht nur einen Widerspruch nach sich, dieser Widerspruch scheint zudem unauflösbar. Es scheint in der Tat keinerlei Ausweg zu geben, um den hier auftretenden »circulus vitiosus« an irgendeiner Stelle sinnvoll durchbrechen zu können: Die Eigenschaft der ‚Unsichtbarkeit‘ und die mir verknüpfte konzeptionelle Forderung der ‚Aufhebung *aller* Unterschiede‘

greifen vielmehr so effektiv ineinander, dass keinerlei Nahtstelle erkennbar ist, in die die Vernunft irgendwie einhaken könnte. Die Idee der radikalen Nicht-Dualität hat in jener Form, in der sie uns durch die Ewige Philosophie historisch übermittelt worden ist, einen erkenntnistheoretisch zutiefst abweisenden Charakter. Sie scheint *a priori* jeden Versuch zu vereiteln, einen Blick in das von ihr verhüllte Innere erhaschen zu können.²¹

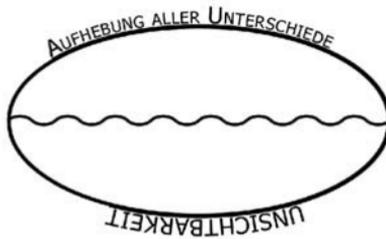


Abb. 1 – Der circulus vitiosus wider die Sichtbarkeit des Einen

Es sieht daher unvermeidlich so aus, als sei auch der Versuch, das Eine über die Idee der radikalen Nicht-Dualität systematischer wissenschaftlicher Untersuchung zugänglich machen zu wollen, unwiderruflich zum Scheitern verurteilt.

Und dennoch! Es gibt etwas, was diese Idee trotz ihres erkenntnistheoretisch abweisenden Charakters vor allen anderen metaphysischen Ideen auszeichnet: Es sieht so aus, als wenn die von den Physikern bereits enthüllte Struktur des Universums dieser Idee zu folgen scheint. Eine der grundlegenden Entdeckungen der Quantenmechanik besteht in der Erkenntnis, dass Elementarteilchen *un-unterscheidbar* sind. Sie unterscheiden sich damit *grundlegend* von den uns vertrauten Objekten.

Es gibt Physiker, die in diesem Aspekt der Un-Unterscheidbarkeit (oder in metaphysischer Wendung: der Nicht-Dualität) das eigentlich zentrale Merkmal der Quantenmechanik sehen. Sie sind der Auffassung, dass sich all ihre seltsamen Implikationen am einfachsten *als Konsequenz dieses einen spezifischen Aspektes erklären lassen*. Und die Quantenmechanik gilt, wie schon

angesprochen, als eine *der* Fundamentaltheorien der modernen Physik.²²

Dieser Umstand, dass Nicht-Dualität schon via Quantenmechanik als ein fundamentaler Bestandteil der Struktur unseres Universums identifiziert worden war, legte den Verdacht nahe, dass an der Idee einer radikal nicht-dualen Konzeption vielleicht weit mehr „dran“ war, als sie auf den ersten und offenbar auch auf den zweiten Blick preiszugeben schien.

Dieser Verdacht rückte den *erkenntnistheoretischen Zirkel*, der die Idee der radikalen Nicht-Dualität wie eine undurchdringbare Schale zu umgeben schien, erneut in den Brennpunkt der weiteren Untersuchung: War dieser Zirkel, der jegliche sinnträchtige metaphysische Erkenntnis zu vereiteln schien, wirklich *prinzipieller* Natur? Oder zeigte sich in ihm nur eine Unzulänglichkeit der historisch überlieferten Idee?

Als der griechische Philosoph *Demokrit* vor mehr als 2500 Jahren an den Ufern der Ägäis die Existenz von Atomen behauptete, hatte er nach heutigem Verständnis eine grundlegend richtige Idee formuliert. Doch während Demokrit das Atom noch *in ganz unspezifischer Weise* als kleinstes, unteilbares Teilchen glaubte postulieren zu können, erwies sich das Atom am Ende als eine äußerst komplexe Struktur mit quasi-paradoxen Zügen. Seit den 80er Jahren sind wir technisch in der Lage, sogar *direkt* einen Blick auf das wirkliche Atom zu werfen. Dieser Blick macht deutlich, wie sehr sich das reale Atom von jenem Atom unterscheidet, das Demokrit einst imaginierte:

„Während ich es [das Atom] wie gebannt betrachtete, begann ich zu bemerken, dass es blinkte. Zunächst schrieb ich die Erscheinung dem allgemeinen Flackern des Schirms zu, doch bald wurde deutlich, dass das Quecksilberatom – mehrere Male pro Sekunde – an- und ausging. Dies war ohne Zweifel der erstaunlichste Anblick, der mir je zuteil geworden war: Was für eine Ursache dieses Phänomen auch haben mochte, es rief mir nachdrücklich ins Bewusstsein, dass Atome aktive, dynamische Systeme sind, fähig zu höchst komplizierten inneren Wandlungen, und nicht die mindeste Ähnlichkeit mit den unveränderlichen, ewig gleichen Materiekörnchen, für die die Griechen sie gehalten hatten. Obwohl dies meinem Verstand längst klar, bedurfte

es den dreisten Zwinkern eines eingefangenen Quecksilberatoms, um es mir in unvergesslicher Weise einzuprägen.“²³

War es denkbar, dass auch die Idee der radikalen Nicht-Dualität *grundlegend* richtig war? War also der erkenntnistheoretische Zirkel gar nicht *prinzipieller* Natur? Hatte er seinen Ursprung womöglich nur in der noch unspezifischen Gestalt dieser Idee?

Eben dieser Verdacht sollte sich bestätigen. In dem Augenblick, da klar wurde, *wie man dieser Idee eine sehr viel spezifischere Gestalt geben konnte*, sollte sich auch der erkenntnistheoretische Zirkel auflösen. Er hatte, wie sich rückblickend zeigte, seinen Ursprung in der Tatsache, dass die Idee der radikalen Nicht-Dualität *in ihrer historisch tradierten Gestalt* eine im wahrsten Sinne des Wortes sehr radikale Forderung beinhaltete: Sie forderte nämlich *die Aufhebung aller Unterschiede (1) auf allen Ebenen des Universums (2)*.

Es war, wie sich zeigte, dieser außerordentlich radikalen Forderung zuzuschreiben, warum die Idee der radikalen Nicht-Dualität einen scheinbar unauflösbaren Widerspruch nach sich zog. Rückte man nämlich von dieser extremen Forderung ab, indem man beispielsweise nur *für eine einzige Ebene des Universums* eine Aufhebung aller Unterschiede forderte, dann erwies sich der erkenntnistheoretische Zirkel als auflösbar: Plötzlich war es möglich, die Unsichtbarkeit des Einen erklären zu können, ohne in Widerspruch mit der Sichtbarkeit des Universums zu geraten. Mussten nur auf einer einzigen Ebene des Universums *alle* Unterschiede aufgehoben sein, dann war auf allen anderen Ebenen des Universums die Existenz von Unterschieden weiterhin erlaubt.

Diese differenziertere, sich unmittelbar an der hierarchischen Struktur des Universums orientierende Deutung der Idee der radikalen Nicht-Dualität war ein wichtiger Schritt in Richtung einer modernen Metaphysik: Sie öffnete den Blick für die Wahrnehmung einer ganz speziellen Ebene des physikalischen Universums, die sich als das *natürliche* Anwendungsgebiet dieser Idee erweisen sollte.

»Die Welt endet nicht am Rand, es ist der Rand, der sie enträtselt.«
Joseph Brodsky über Derek Walcott

Von der Entdeckung des »Schwellengebietes«

Die Entdeckung dieser speziellen Ebene, die ich als »Schwellengebiet« bezeichne, ist im Grunde genommen eine Geschichte *für sich*. Sie bildete innerhalb der Entwicklung dieses als »Elementarmatrix« bezeichneten Forschungsprogramms lange Zeit eine eigenständige Forschungslinie. Dieser Untersuchungszeit sollte erst später mit der Idee der radikalen Nicht-Dualität zu dem zusammenschmelzen, was ich als das »Prinzip der radikalen Nicht-Dualität« bezeichne. Der Entdeckung dieser Ebene ist die Frage vorausgegangen: *Wenn es etwas Transzendentes wirklich gibt, welches Gebiet des physikalischen Universums ist dann am ehesten geeignet, seine Existenz empirisch beweisen zu können?*

Diese Frage ist eine klassische Fragestellung der Metaphysik – jedoch in einem betont modernen Gewand. Das eigentlich Moderne an ihr besteht darin, dass sie die transzendente Natur des letzten und eigentlichen Grundes der Welt *rückhaltlos* akzeptiert.

Als der Philosoph Immanuel Kant 1781 in und mit seinem Werk der *Kritik der Reinen Vernunft* vor aller Welt die transzendente Natur des Einen »feststellte«, läutete dies überraschenderweise das Ende der Metaphysik ein. *Doch in Wahrheit ist diese Feststellung erst ihr Beginn.*

Erst wenn wir bereit sind, die transzendente Natur des Einen *vorbehaltlos* zu akzeptieren, kann Metaphysik als Wissenschaft beginnen, denn erst dann wenden wir uns entschieden genug dem Teil der Wirklichkeit zu, der überhaupt nur wissenschaftlich erforschbar ist – und das ist und bleibt nun einmal das sichtbare Universum.

Die gesamte abendländische Philosophie hingegen hat sich jedoch stets so verhalten, als könne man das Eine *selbst* doch noch »irgendwie« wissenschaftlich aufspüren. In der unstillbaren Sehnsucht, der Existenz des Transzendenten habhaft werden zu

wollen, hat sie von diesem Wunsch nie loslassen können – und ist eben darum gescheitert.

Erst die Idee der radikalen Nicht-Dualität zeigt in aller Deutlichkeit, wie sinnlos ein solches Unterfangen ist. Wenn man diese Idee als wahr voraussetzt, dann stellt die *Unsichtbarkeit* des Einen eine ebenso offenkundige wie unvermeidliche Konsequenz dar. Jeglicher Versuch, das Eine *selbst* beschreiben und beobachten zu wollen, muss daher logisch unausweichlich in einem erkenntnistheoretischen Desaster enden: Wenn das Eine wirklich alle *metaphysisch relevanten Unterschiede* in sich aufhebt, dann ist es *prinzipiell* unsichtbar. Das durch die Idee der Radikalen Nicht-Dualität ausgesprochene Diktat wider die Sichtbarkeit des Einen ist daher unmissverständlich – und es ist uneinholbar.

So paradox es klingen mag: Erst diese Einsicht ebnet der Metaphysik den Weg in die Moderne. Erst wenn wir bereit sind, zu akzeptieren, dass das Eine nicht nur in einem sprichwörtlichen, sondern *in einem tatsächlichen Sinne* unsichtbar ist, erst in diesem Augenblick wird unser Blick ganz natürlich auf den Bereich gelenkt, der sichtbar ist – und mit dem sich die neuzeitliche Physik in den letzten vier Jahrhunderten so erfolgreich auseinandergesetzt hat – also mit dem, was wir gemeinhin das »physikalische Universum« nennen.

So rührend einfach und direkt diese Wahrheit ist, die gesamte abendländische Philosophie hat sie bis zum heutigen Tage nie wirklich akzeptieren können. Eben dies hat sie auch entscheidend daran gehindert, ihrer Schlüsseldisziplin – der Metaphysik – eine naturwissenschaftliche Gestalt zu geben. Solange man nach dem Transzendenten *selbst* greift, ist und bleibt Metaphysik als Wissenschaft unmöglich. Erst wenn man fähig ist, von dem Einen – dem »Objekt der Begierde« – loszulassen, erst dann wird ein Weg sichtbar, wie man Metaphysik als Wissenschaft betreiben kann. Die »Entdeckung« des Schwellengebietes ist hierfür ein ebenso einfaches wie eindruckliches Beispiel.

Hier noch einmal die ursprüngliche Frage, die zu seiner »Entdeckung« führen sollte: Wenn das Eine *wirklich* transzendent ist, *wo* kommt man dann innerhalb des physikalischen Universums seiner Existenz empirisch am ehesten auf die Spur?

Diese Frage nach dem *Wo* von Metaphysik – und *nicht* die Frage nach dem *Wie* von Metaphysik – ist der eigentliche Schlüssel zu dieser mehr als zwei Jahrtausende alten ehrwürdigen Disziplin, denn sie bringt uns direkt in Kontakt mit dem physikalischen Universum: Sie lenkt unseren Blick ganz natürlich auf ein spezielles Gebiet innerhalb desselben.²⁴ Welches Gebiet das ist, wird geradezu augenfällig, sobald wir uns, wie nachfolgend gezeigt, anhand eines entsprechenden Diagramms vergegenwärtigen, wie die metaphysische Wirklichkeitsstruktur *in toto* aussieht. Sie besteht – ganz generell – aus einem *sichtbaren* und einem *unsichtbaren* Teil.

Setzen wir diese metaphysische Wirklichkeitsstruktur als gegeben voraus, dann können wir leicht erkennen, welche spezielle Ebene innerhalb des physikalischen Universums naturwissenschaftlich am interessantesten und vielversprechendsten ist, um dem EINEN *empirisch* auf die Spur zu kommen: Es ist ganz offenkundig die unmittelbar an seiner »Schwelle« gelegene Ebene. Wenn wir uns diese spezielle Ebene genauer anschauen, dann sehen wir, dass in ihr *zwei Bedingungen* zusammentreffen, die nirgendwo sonst im physikalischen Universum angetroffen werden können.

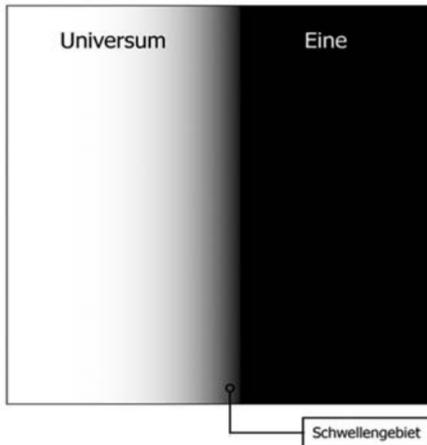


Abb. 2 – Das Schwellengebiet

(1) Zum einen ist man auf keiner anderen Ebene des Universums dem Transzendenten *so nahe* wie hier. Wenn es einen Ort innerhalb des uns zugänglichen physikalischen Universums gibt, wo man seinen »Schattenriss« am deutlichsten und klarsten erkennen kann, dann zweifellos hier. Wenn man von einer wie auch immer gearteten Struktur des Universums *einigermaßen verlässlich* auf die Existenz des Transzendenten schließen kann, dann sicherlich von einer, die in diesem speziellen Gebiet beheimatet ist. Man ist versucht auszurufen: *Willkommen in Platons Höhle!*

(2) Doch so nah diese Ebene auch dem Transzendenten sein mag, erst der Umstand, dass sie noch *diesseits* der Grenze zum Transzendenten hin angesiedelt ist, verwandelt sie in einen Joker für die Wissenschaft, denn nur aufgrund dieser Lage können wir berechtigterweise auch noch auf empirische Daten hoffen. Und erst die Existenz solcher Daten gibt uns die Möglichkeit, wie von der Wissenschaft gefordert, auch empirisch überprüfen zu können, ob der in diesem Gebiet gemutmaßte ‚Schattenriss‘ des Einen tatsächlich vorhanden ist oder nicht.

Aufgrund dieser beiden unmittelbar ineinandergreifenden Bedingungen verspricht daher die Untersuchung dieser speziellen Ebene die größten Erfolgchancen, um die Frage nach der Existenz des Transzendenten mit wissenschaftlichen Mitteln beantworten zu können.

Aufgrund seiner metaphysisch exponierten Lage rückte diese als »Schwellengebiet« bezeichnete Ebene des Universums zwangsläufig in den Fokus aller weiteren metaphysischen Untersuchungen. Später sollte sich dann zeigen, dass sich in genau diesem Gebiet jene spezielle Ebene befand, auf die Idee der radikalen Nicht-Dualität *natürlicherweise* anzuwenden war. Es zeigt sich nämlich, dass die Unsichtbarkeit des Einen auch dann sichergestellt sein könnte, wenn nur *alle* auf diese Ebene Bezug nehmenden Unterschiede aufgehoben sind, denn erst jenseits *dieser* Ebene beginnt das Reich des Unsichtbaren.²⁵

Doch um welche Unterschiede handelt es sich?

„Ich glaube, man müsste – um wirklich vorwärts zu kommen - wieder ein allgemeines, der Natur abgelaushtes Prinzip finden.“
Albert Einstein in einem Brief vom 6. Juni 1922 an Hermann Weyl

Das »Prinzip der Radikalen Nicht-Dualität«

Bei den auf das Schwellengebiet bezugnehmenden Unterschieden handelt es sich, wie eine nähere Analyse ergab, um eine ganz spezielle Klasse von Unterschiedspaaren; Paare, die man physikalisch als *Grenzbedingungen im Unendlichen* und mathematisch als *Extrema* bezeichnen würde.

Das allererste Unterschiedspaar, das als zu dieser Klasse gehörig identifiziert worden ist, war der Unterschied zwischen dem »Kleinsten« und dem »Größten«. Es zeigte sich, dass dieser Unterschied im Falle der Existenz des Transzendenten notwendig aufgehoben sein musste. Nur wenn das Kleinste und das Größte »koinzidierten«, war, wie nachfolgend auch demonstriert werden soll, die Unsichtbarkeit eines als allgegenwärtig angenommenen Grundes *inhaltlich* und *konzeptionell* sichergestellt.

Auf den ersten Blick kann man sich ein theoretisches Konstrukt oder Prinzip, das ein Agens als *allgegenwärtig* und *unsichtbar* zugleich beschreiben soll, freilich schwer vorstellen. Wenn wir von einem Agens fordern, es solle allgegenwärtig sein, dann beinhaltet diese Forderung die Annahme, dass es *an jedem Punkt* des Universums gegenwärtig sein muss, denn dies ist der begriffliche Sinn von Allgegenwart. Ein allgegenwärtiges Agens beinhaltet daher die Existenz von etwas, das buchstäblich *überall* im Universum gegenwärtig sein soll.

Von diesem Etwas nun zu verlangen, es solle auch zugleich unsichtbar sein, heißt, dass es überall im Universum gegenwärtig sein soll, aber dennoch *nirgendwo* gefunden werden darf. Wir sind also gezwungen, das Unmögliche zu vollbringen: Wir müssen ein theoretisches Konstrukt oder Prinzip finden, das ein Agens so beschreiben kann, das es *überall* und *nirgendwo* zugleich ist. Es ist wohl dieser inhärenten begrifflichen Schwierigkeit zuzuschreiben, warum wir bis heute nicht wissen, ob das

Transzendente existiert und welche Rolle es innerhalb unseres Universums spielt.

Mit dieser Schwierigkeit war natürlich auch das hier skizzierte Forschungsprogramm konfrontiert. Es bedurfte aufwendiger und systematischer Untersuchungen, um am Ende die »Koinzidenz des Kleinsten und des Größten« als den Schlüssel zur Lösung dieser Schwierigkeit identifizieren zu können.²⁶ Auf den ersten Blick gibt dieses Konstrukt, dass ich in früheren Studien als »metaphysisches Existenzial«²⁷ bezeichnet habe, nichts von seiner ungewöhnlichen Aussageleistung zu erkennen. Es erscheint fast *alltäglich* – ohne jegliche Tiefe. Doch dieses höchst unscheinbare, beinahe trivial wirkende Konstrukt ist inhaltlich und konzeptionell geradewegs so beschaffen, dass es, wie eine eingehendere Analyse seiner drei »Bestandteile« (das Kleinste, das Größte & ihre Koinzidenz) zeigt, etwas zu beschreiben vermag, was überall und nirgendwo zugleich ist.

Dass dieses Konstrukt in sehr enger Beziehung zum metaphysischen Begriff der *Allgegenwart* steht, zeigen schon seine beiden inhaltlichen Bestandteile, sprich: die Begriffe des Kleinsten und des Größten. Ist etwas das Kleinste, dann kann es *in Allem enthalten sein*. Eben diese Bedingung ist ein die Eigenschaft der Allgegenwart maßgeblich kennzeichnendes Merkmal. Gleichwohl reicht diese Bedingung für sich genommen nicht aus, um ein wie auch immer geartetes Etwas als allgegenwärtigen Grund des gesamten physikalischen Universums auffassen zu können, denn wäre dieses Etwas *nur* das Kleinste, dann könnte es zwar – der Möglichkeit nach – in Allem enthalten sein, *de facto* aber würde es nur ein *einziges Objekt* umfassen – nämlich sich selbst, denn etwas Kleineres als das Kleinste kann es schlechterdings nicht geben. Soll also ein wie auch immer geartetes Etwas nicht nur exklusiv im Kleinsten, sondern, wie von der Eigenschaft der Allgegenwart gefordert, *in Allem gegenwärtig* sein, dann muss es notwendigerweise auch *Alles umfassen*. Eben diese zusätzliche Bedingung liefert der Begriff des Größten, denn etwas, dass diesem Begriff genügt, kann in der Tat *Alles umfassen* – einschließlich des Kleinsten.

Auf den ersten Blick sieht es fast so aus, als reichten schon diese beiden inhaltlichen Bestimmungen – die Begriffe des Kleinsten

und des Größten – aus, um die metaphysische Eigenschaft der Allgegenwart hinlänglich genau zu definieren, denn etwas, was in Allem enthalten ist *und* Alles umfasst, *ist* »allgegenwärtig«. Angesichts dieses Ergebnisses erscheint das konzeptionelle Bindeglied der »Koinzidenz« auf den ersten Blick fast als eine überflüssige, ins Leere laufende Bedingung.

Tatsächlich jedoch erweist sich diese *konzeptionelle* Bedingung – Bedingung Nummer Drei – sowohl in bezug auf die Eigenschaft der Allgegenwart als auch in bezug auf die Eigenschaft der Unsichtbarkeit als ein Element von *entscheidender* Bedeutung: Die geforderte Koinzidenz-Relation ist in der Tat *das* essenzielle Bindeglied, mit dessen Hilfe sich die in diesen beiden Begriffen steckende metaphysische Aussageleistung überhaupt erst realisieren lässt.

So gibt uns erst die »Koinzidenz« ein *Argument* an die Hand, um das Kleinste und das Größte wie auch die mit ihnen verknüpften Bedingungen *ganz explizit* als Ausdruck *ein- und derselben* Agens deuten zu können. Ohne dieses spezielle konzeptionelle Bindeglied wäre dies nicht möglich.²⁸ Eine nicht minder entscheidende Rolle spielt es auch in bezug auf die Eigenschaft der *Unsichtbarkeit*. Erst wenn wir für das Kleinste und das Größte ausdrücklich eine solche Koinzidenzbeziehung unterstellen, ist es uns möglich, den von diesen Begriffen bezeichneten Unterschied ganz erklärtermaßen als »aufgehoben« zu betrachten.

Dass nun die Aufhebung *dieses* Unterschiedes gerade die Realisierung der metaphysischen Eigenschaft der Unsichtbarkeit zur Folge hat, ist in dem Umstand begründet, dass es sich bei den beiden Begriffen des Kleinsten und des Größten um (absolute) *Extremalbegriffe* handelt. Mit ihnen ist infolgedessen der *letztmögliche Unterschied* bezeichnet, den das Universum gerade noch aufweisen kann. Sie bewegen sich als solches an der äußersten Grenze dessen, was wir erkenntnistheoretisch gerade noch sinnvoll als »sichtbares Universum« ansprechen können.

Wird nun dieser allerletzte physikalische Unterschied des Universums *konzeptionell* – via Koinzidenz – aufgehoben, dann ist *das*, worin dieser Unterschied aufgehoben ist, *per se jeglicher* Sichtbarkeit entzogen. Ein solches Agens wäre buchstäblich un-

sichtbar. In der nachfolgenden Abbildung ist diese dem »metaphysischen Existenzial« inhärente Aussageleistung grafisch eingefangen:

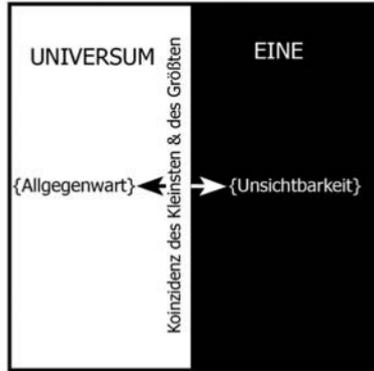


Abb. 3 – Die »Bedingung der Konspirativität«

Indem die »Koinzidenz des Kleinsten und des Größten« das physikalische Universum mit dem Einen in solcher Weise verknüpft, dass es *überall* im Universums gegenwärtig ist und dennoch von *niemandem* innerhalb desselben gesehen werden kann, beantwortet es die Schlüsselfrage der Philosophie auf eine unerwartet einfache und äußerst kompakte Weise. Diese Aussageleistung macht dieses Theorem, das ich an anderer Stelle als »Bedingung der Konspirativität«²⁹ bezeichnet habe, zu dem philosophisch vielleicht wirkungsmächtigsten Konstrukt überhaupt.³⁰ Doch damit ist die Bedeutung dieses Theorems noch längst nicht ausgeschöpft: Seine eigentlich unerhörte Botschaft besteht darin, dass es uns *zum ersten Mal* in der Geschichte der abendländischen Philosophie die Möglichkeit an die Hand gibt, die Frage nach der Existenz des Einen auch *empirisch* überprüfen zu können.

Obschon das Eine *selbst* weiterhin jeglicher experimentellen Beweisbarkeit entzogen bleibt, für die »Koinzidenz des Kleinsten und des Größten« gilt dies nicht, denn diese nicht-duale Bezie-

hungsfigur bewegt sich erkenntnistheoretisch noch *diesseits* der Grenze zum Transzendenten hin!

Eben dieser ganz spezielle Umstand beinhaltet eine außerordentlich weitreichende *Vorhersage*, die bislang von keinem Denker – weder in der Vergangenheit noch in der Gegenwart – in der Klarheit formuliert worden ist: Wenn das Eine *wirklich* existiert, dann muss sich innerhalb unseres Universums eine zur Koinzidenz des Kleinsten und des Größten *analoge empirische Koinzidenz* finden lassen. Das bedeutet, dass sich am äußersten Rand unseres Universums – im unendlich Kleinen und im unendlich Großen – irgendeine Art von Koinzidenz nachweisen lassen *muss*. *Dies ist die erste und vielleicht auch die entscheidendste empirische Vorhersage einer modernen Metaphysik!*

Umso bemerkenswerter ist es, festzustellen, dass es eine solche empirische Koinzidenz in dem von uns beobachteten Universum tatsächlich zu geben scheint – *zumindest näherungsweise*. Physiker haben entdeckt, dass der lokale Trägheitskompass in sehr hohem Maße mit dem Bezugssystem weit entfernter Quasare »koinzidiert«. ³¹ Bei dieser empirischen Koinzidenz – der »Koinzidenz von Trägheits- und Sternenkompass« ³² – handelt es sich bezeichnenderweise um eine *Anomalie*, die sich bislang jeglicher konventionellen physikalischen Erklärung entzieht. ³³

Eben diese unerklärliche empirische Koinzidenz korrespondiert von ihrem räumlichen »Geltungsbereich« her auffallend mit der Koinzidenz des Kleinsten und des Größten. ³⁴ Ob und inwieweit diese Korrespondenz allerdings ausreicht, um diese empirische Koinzidenz als empirisches Äquivalent der theoretischen Koinzidenz rechtfertigen zu können, ist noch unklar. Diese Unklarheit hängt z.T. mit der Tatsache zusammen, dass wir nur einen kleinen Teil des Universums überblicken können. Es stellt sich daher die Frage, ob und inwieweit wir Feststellungen, die sich lediglich auf diesen von uns beobachtbaren Teil des Universums beziehen, auch auf das Universum *als Ganzes* ausdehnen können. Neben diesen schwierigen kosmologischen Fragen gibt es aber auch ungelöste »begründungstheoretische« Probleme. ³⁵

Ungeachtet dieser ungeklärten Fragen ist die Koinzidenz des Kleinsten und des Größten ein naturphilosophisch so schönes Konstrukt, dass man sich seinem Zauber kaum entziehen kann.

Diese Schönheit zeigt sich nicht nur in naturphilosophischer Hinsicht, sie zeigt sich auch in formaler Hinsicht.

Obwohl diese Koinzidenz nur *qualitativ* formuliert war, so ließ sich das mit ihr verknüpfte formale Muster beinahe *umstandslos* herleiten, da es sich bei den ihr zugrunde liegenden Begriffen um *Extremalbegriffe* handelt. Wir haben es, wie man unschwer erkennen kann, mit einem räumlichen *Minimum* (unendlich klein) und einem räumlichen *Maximum* (unendlich groß) zu tun. Es ist daher naheliegend, diese beiden begrifflichen Bestimmungen in das nachfolgende formale Muster zu »übersetzen«: $R = 0$; $R = \infty$.

Was dieses formale Muster zu etwas Schönen macht, ist seine auffällige Nähe zu den in der Physik geläufigen *Extremalprinzipien*. Derlei Prinzipien spielen in der modernen Physik eine zentrale Rolle. Es drängt sich daher der Verdacht auf, dass diese Prinzipien ihre Bedeutung und Wirksamkeit in letzter Konsequenz dem »extremalen« Charakter des Einen verdanken.

In diesem speziellen Fall sind mit dem formalen Muster $\{R = 0$; $R = \infty\}$ die *räumliche Grenzbedingungen* bezeichnet, die das physikalische Universum notwendig erfüllen muss, wenn es auf einem allgegenwärtigen, unsichtbaren Grund basieren will. Wollte man dieses Muster *tabellarisch* darstellen, ergäbe sich nachfolgende Tabelle:

	Minimum	Maximum
R	0	∞

Tab. 1 – Die Koinzidenz des Kleinsten & des Größten

Das mit dieser Tabelle verknüpfte Muster zeigt, dass das EINE *selbst* nicht in räumlichen Begriffen darstellbar ist. Da es den Unterschied zwischen dem Kleinsten und dem Größten aufhebt, ist es *selbst* weder das Kleinste noch das Größte. Es »transzendiert« buchstäblich derlei räumliche Bestimmungen. Es zeigt zudem auf exemplarische Weise, dass das Eine *selbst* auch nicht formalisierbar ist, da *in und mit ihm* auch der letzte formale Un-

terschied, den das Universum gerade noch aufweisen kann, aufgehoben ist. Dies ist eine die Metaphysik *insgesamt* charakterisierende Konsistenzforderung. Prägnant formuliert, bedeutet diese Forderung: *Das Eine selbst ist durch keine wie auch immer geartete mathematische Formel darstellbar*. Andernfalls wäre es auch nicht konsistent als *transzendent* aussprechbar.

So paradox es freilich klingen mag, alle Exaktheit einer modernen Metaphysik erwächst gerade aus dieser »Unbeschreibbarkeitsklausel«: Gerade weil der letzte Grund des Universums jeglicher Formalisierbarkeit entzogen sein soll, muss das Universum ganz spezifischen formalen Algorithmen genügen, die diese Unbeschreibbarkeit des Einen »garantieren«. Das hier extrahierte formale Muster ist integraler Bestandteil dieser Algorithmen: Um die Transzendenz des Einen *formal* sicherstellen zu können, müssen wir mit unseren formalen Bestimmungen bis zu den äußersten Grenzen des gerade noch Denkbaren gehen. Nur wenn wir für gewisse physikalische Parameter die Werte *Null* und *Unendlich* annehmen – und zugleich fordern, dass der zwischen ihnen bestehende Unterschied *in und mit dem* Einen aufgehoben sein muss, nur dann ist die Aussage möglich, das Transzendente sei radikal jeglicher formalen Darstellbarkeit entzogen. Die Annahme der hier dargelegten formalen Rahmenbedingungen $\{0, \infty\}$ ergibt sich mithin als eine aus der transzendenten Natur des Einen notwendig folgende Forderung.³⁶

Diese ungewöhnliche Forderung zeigt auch zugleich, worin die Aufgabe einer modernen Metaphysik eigentlich besteht. Sie besteht eben nicht darin, diesen Grund *selbst* zu untersuchen, sondern herauszufinden, *wie das Universum strukturiert sein muss*, wenn es mit einem solchen zutiefst unfassbaren Grund verträglich sein will. Mit dem oben beschriebenen formalen Muster $\{0, \infty\}$ ist meines Erachtens ein wesentlicher Bestandteil dieser metaphysischen Struktur bezeichnet: Es zeigt, welcher »Rahmenbedingung« sie notwendig genügen muss.

So unspektakulär diese Rahmenbedingung zunächst auch aussehen mag, sie beinhaltet *in physikalischer Hinsicht* eine außerordentlich weitreichende Forderung: Wenn das Eine wirklich der fundamentalste Grund des physikalischen Universums ist, dann ist anzunehmen, dass diese Rahmenbedingung nicht nur auf

räumliche Bestimmungen beschränkt bleibt, sondern dass sie vielmehr von *universeller Bedeutung* ist. Es ist also anzunehmen, dass das zuvor aus der Koinzidenz des Kleinen und des Größten abgeleitete formale Muster $\{0, \infty\}$ auch *für andere physikalische Begriffe* Geltung hat, wie z.B. für den Begriff der Geschwindigkeit: $v = 0$ und $v = \infty$.³⁷

Wenn wir also von der Existenz des Transzendenten überzeugt sind, dann ist es naheliegend, anzunehmen, dass auch dieses weitere nicht-duale Unterschiedspaar innerhalb unseres Universums physikalisch verwirklicht ist. Das bedeutet, um eine besonders ins Auge stechende Konsequenz herauszustellen, dass mit dem Geschwindigkeitswert $v = \infty$ die eigentlich ultimative Grenzgeschwindigkeit in unserem Universum bezeichnet ist.

Diese Konsequenz zeigt auf sehr eindrückliche Weise, dass Metaphysik, wenn wir sie auf eine betont moderne Weise betreiben, nicht nur weitreichende Folgen für unser Verständnis des physikalischen Universums haben kann, sie zeigt auch, welche intellektuelle Herausforderung damit verbunden sein kann, in sie Vertrauen zu haben. In diesem speziellen Fall setzt sie uns in Widerspruch mit der modernen Physik, insbesondere mit der Speziellen Relativitätstheorie, denn entsprechend dieser Theorie gilt die Lichtgeschwindigkeit $v = c$ als die ultimative Grenzgeschwindigkeit im gesamten Universum.

In Anbetracht der Tatsache, dass es sich bei der Speziellen Relativitätstheorie um eine der effektivsten und erfolgreichsten Theorien der modernen Physik handelt, stellt die von der Metaphysik geforderte Auflösung dieses Widerspruchs eine enorme intellektuelle Herausforderung dar: Sie verlangt unmissverständlich, dass wir diese physikalische Fundamentaltheorie notwendig »transzendieren« *müssen*, wenn wir wissen wollen, wie die gemutmaßte metaphysische Struktur des Universums aussieht. Wir müssen Einstein's Theorie daher so »erweitern«, dass sie der von der Metaphysik geforderten Grenzgeschwindigkeit von $v = \infty$ genügt.

Zu welchem Ergebnis diese Erweiterung geführt hat, habe ich in meinem Buch „Die Physik des Mandalas“ gezeigt. Es schildert *im Detail*, wie ich bei dem Bemühen, die Spezielle Relativitätstheorie so zu erweitern, dass sie dieser metaphysischen Grenzge-

schwindigkeit genügte, schließlich – überraschend – auf die archetypische Struktur des Mandalas gestoßen bin.³⁸

Da sich diese Struktur durch eine außergewöhnliche Schönheit und Symmetrie auszeichnete, vermittelte sie das sehr eindringliche Gefühl, dass es sich bei dem formalen Muster von $R = 0$ und $R = \infty$ in der Tat um mehr als nur ein Zufallsergebnis handelte. Allem Anschein nach zeigte sich in diesem Muster wirklich *eine elementare Matrix von universeller Bedeutung*.

	Minimum	Maximum
R	0	∞
<i>v</i>	0	∞
..	0	∞
..	0	∞

Tab. 2 – *Das Prinzip der Radikalen Nicht-Dualität*

Der Umstand, dass das metaphysisch geforderte Muster von $v = 0$ und $v = \infty$ zu einem Archetypus geführt hatte, der in enger philosophiegeschichtlicher Beziehung zur Existenz des Einen stand, erschien als ein gewichtiges Indiz für die Existenz dieser Matrix.

In und mit dieser Matrix - *einschließlich ihrer noch unbestimmten Leerstellen* - ist der Inhalt dessen bezeichnet, was ich das »Prinzip der radikalen Nicht-Dualität« nenne. Es zeigt all jene Unterschiede, die in unserem Universum notwendig »aufgehoben« sein müssen, wenn man das Eine als allgegenwärtigen und unsichtbaren Grund des Universums auffassen will.

Es ist unmittelbar einsichtig, dass uns das Prinzip der radikalen Nicht-Dualität in dieser formalen Gestalt die Möglichkeit erschließt, einen neuen und unerwarteten Blick auf die Frage nach der Existenz des Äthers werfen zu können, denn es gibt keinen anderen physikalischen Forschungsgegenstand, in dem die Eigenschaften der *Allgegenwart* und der *Unsichtbarkeit* so häufig genannt werden wie im Zusammenhang mit diesem Medium.

Wenn sich dieses Prinzip als empirisch begründet erweisen sollte, dann zeigt es uns folglich nicht nur, wie sich der Äther dem physikalischen Universum mitteilt, es zeigt auch, dass er keineswegs, wie von Einstein angenommen, überflüssig ist, sondern dass er dem physikalischen Universum eine ganz spezifische Raum-Zeit-Struktur diktiert haben könnte; eine Struktur, die sich – mit der Annahme einer Grenzgesewindigkeit Unendlich - signifikant von der relativistischen Raum-Zeit-Struktur unterscheiden muss. Wie diese Struktur aussieht – und was sie physikalisch bedeuten könnte, dies ist Thema des nachfolgenden Abschnittes.

Teil II
Die Physik des Mandala

Mandala, *Skrt.*, wörtlich »Kreis«; symbolische Darstellung kosmischer Kräfte in zweidimensionaler Form.

Die Physik des Mandala – Eine Retrospektive

Um die einzelnen Erkenntnisfortschritte, die im Zusammenhang mit der »Dechiffrierung« der Struktur des Mandalas in den letzten beiden Jahren gemacht worden sind, nachvollziehen zu können, ist es zunächst notwendig, zu wissen, *wie* die metaphysisch geforderte Grenzgeschwindigkeit $v = \infty$ durch diese archetypische Struktur »realisiert« ist.

Am leichtesten erkennbar ist dies, wenn wir uns zuvor die geometrische »Blaupause« der Speziellen Relativitätstheorie anschauen.

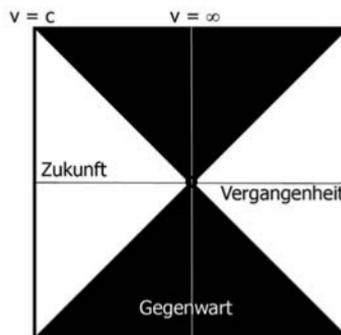


Abb. 4 – Der relativistische Bauplan des Universums

Diese, an das Minkowski-Diagramm angelehnte Blaupause zeigt in einer zweidimensionalen Darstellung die relativistische Raum-Zeit-Struktur. Dieser Blaupause können wir entnehmen, dass in und mit der Speziellen Relativitätstheorie spezifische Bereiche von Raum und Zeit physikalisch ausgeschlossen sind. Diese Bereiche sind schwarz markiert. Ihr Ausschluss ist durch die Tatsache begründet, dass die Lichtgeschwindigkeit c durch Einsteins Theorie als die ultimative Grenzgeschwindigkeit *im*

gesamten *Universum* ausgezeichnet ist. Der ausgeschlossene Bereich betrifft mithin auch jenes metaphysisch geforderte Geschwindigkeitssegment von c bis ∞ . Es stellte sich daher die Frage: Wie musste dieser ausgeschlossene Bereich strukturiert sein, um das metaphysisch geforderte Segment so einbinden zu können, dass auch zugleich alle bisher erreichten physikalischen Erkenntnisse gewahrt blieben?

Angesichts des besonderen experimentellen Erfolges der Speziellen Relativitätstheorie war es außerordentlich unwahrscheinlich, dass die Umsetzung dieses metaphysisch fehlenden Segmentes einfach zum »Raum-Zeit-Bild« der Newtonschen Mechanik zurückführte; zumal der Geschwindigkeitswert $v = \infty$ von der klassischen Mechanik *nicht* ausdrücklich als Grenzgeschwindigkeit ausgewiesen war.



Abb. 5 – Der Newtonsche Bauplan des Universums³⁹

Wenn es eine Antwort gab, dann musste sie »irgendwo« zwischen diesen beiden Optionen – Abb. 4 und Abb. 5 - liegen. Am Ende wurde eine Struktur sichtbar, die an ein MANDALA erinnerte; eine Struktur, die tatsächlich als eine Art »Kompromiss« zwischen diesen beiden Optionen erkennbar war. Sie konnte als die gemeinsame »Schnittmenge« beider Bilder aufgefasst werden: Indem sie die Lichtgeschwindigkeit als ein zentrales Element der Wirklichkeit auswies, bewahrte sie die eigentlich revolutionäre Erkenntnis der Speziellen Relativitätstheorie – und zwar die Erkenntnis, die Lichtgeschwindigkeit als eine

Fundamentalkonstante identifiziert zu haben. Gleichzeitig erweiterte sie das physikalisch zulässige Geschwindigkeitsspektrum um ein *superluminales* Geschwindigkeitssegment, denn in ihr war lediglich der Geschwindigkeitswert $v = \infty$ physikalisch ausgeschlossen. Alle anderen Geschwindigkeiten waren (wenn auch nur partiell) als physikalisch erreichbar ausgewiesen.

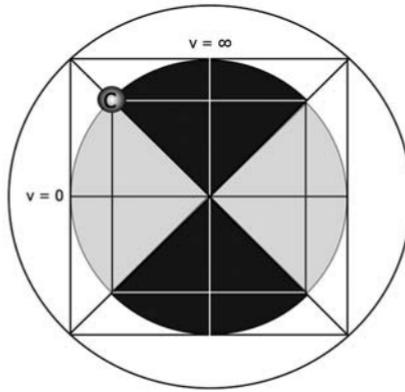


Abb. 6 – Mandala – Ultimativer Bauplan des Universums?

Obwohl sich dieses archetypische Raum-Zeit-Bild aufgrund seiner ungewöhnlichen Schönheit und Effizienz geradezu als die gesuchte metaphysische Struktur aufdrängte, so blieb lange Zeit unklar, was es *physikalisch bedeutete* und wie es sich experimentell bemerkbar gemacht haben könnte. Bei der Klärung dieser Fragen sollte die »Epsteinsche Deutung« der Speziellen Relativitätstheorie eine zentrale Rolle spielen.

Die Epsteinsche Deutung

1985 veröffentlichte der Physiker *Lewis C. Epstein* im deutschen Sprachraum unter dem Titel *Relativitätstheorie – anschaulich dargestellt* eine ungewöhnliche Deutung der Speziellen Relativitätstheorie.

Was diese Deutung von der Standardinterpretation unterscheidet, ist die Annahme, dass es nur *eine* Geschwindigkeit gibt – und zwar die Geschwindigkeit des Lichts. *Alles bewegt sich, so Epstein, stets mit dieser einen Geschwindigkeit.*⁴⁰ Da es infolge dieser Annahme unmöglich ist, die Geschwindigkeit von irgendetwas zu verändern, ist das einzige, was man ändern kann, die *Richtung* der Bewegung durch die *Raumzeit*. Epstein bezeichnet diese Deutung als *Mythos* – als eine kleine Geschichte zur Speziellen Relativitätstheorie, die mit der Zeit für die Wirklichkeit gehalten wird; ein Prophezeiung, mit der er vielleicht Recht behalten wird. Die besondere Leistung dieses relativistischen Mythos bestünde, so Epstein, darin, dass er dem menschlichen Geist das Gefühl vermittelt, sich wieder auf vertrautem Boden zu befinden – ein Gefühl, was durch die Spezielle Relativitätstheorie in ihrer Standarddeutung erheblich erschüttert worden ist.⁴¹

Um diesen Mythos zu veranschaulichen, bedient sich Epstein besonderer Diagramme – geometrische Gebilde, die er technisch als *Raumeigenzeit-Diagramme* bezeichnet. Es handelt sich um Viertelkreise, deren Radien durch den Wert der Lichtgeschwindigkeit c charakterisiert sind. Epstein bezeichnet diese Viertelkreise auch als ‚kosmische Geschwindigkeitsmesser‘.⁴² Diese Diagramme beinhalten zwar eine andere Sichtweise der Speziellen Relativitätstheorie als die üblichen Minkowski-Diagramme, sie sind aber, wie Epstein in seinem Anhang B (*Eine andere Sichtweise*) zeigt, aufeinander abbildbar. Dort erläutert er Schritt für Schritt, wie ein von ihm verwendetes Raumeigenzeit-Diagramm in ein Minkowski-Diagramm umwandelbar ist.⁴³

Anhand einiger Beispiele zeigt Epstein in seinem Buch, wie *seine* Diagramme physikalisch zu »lesen« sind. Nachfolgend sind drei Diagramme abgebildet. Obwohl sie sich von den Epstein'schen Diagrammen unterscheiden – in ihnen sind die Raum- und Zeitachse miteinander vertauscht worden –, so bleibt die von Epstein vorgeschlagene physikalische Deutung von diesem Tausch jedoch unberührt.⁴⁴

Diese drei Diagramme zeigen Uhren, die sich mit jeweils unterschiedlichen Geschwindigkeiten durch die Raumzeit bewegen. Um diese Abbildung und ihre spätere Verwendung im Rahmen

der »Physik des Mandalas« zu verstehen, ist es notwendig, darum zu wissen, dass in diesen Diagrammen sowohl die Raumachse (R_R) als auch die Zeitachse (Z_R) *relativer* Natur sind. Epstein weist auf diese Relativität von Raum und Zeit *nicht ausdrücklich* hin. Da er seine geometrische Sprache gerade für den Zweck entwickelt hat, die Spezielle Relativitätstheorie verständlicher zu machen, setzt er diese Relativität von Raum und Zeit als gegeben voraus, ohne auf sie in seinen Diagrammen *explizit* hinzuweisen. Wie wir später sehen werden, unterscheidet sich die Physik des Mandalas von der Speziellen Relativitätstheorie jedoch gerade dadurch, dass in ihr sowohl die Raumachse (R_A) als auch die Zeitachse (Z_A) als quasi-*absolut* gesetzt sind.

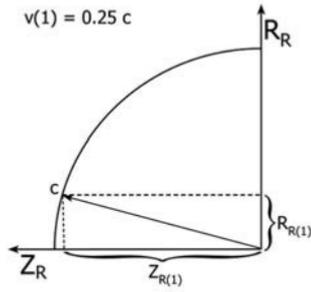


Abb. 7 - Epsteinsches Raum-Zeit-Bild: $v(1) = 0.25 c$

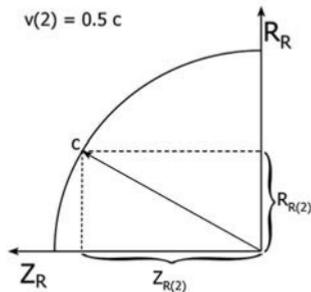


Abb. 8 – Epsteinsches Raum-Zeit-Bild: $v(2) = 0.5 c$

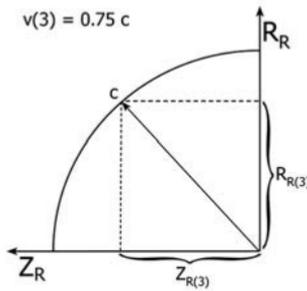


Abb. 9 – Epsteinsches Raum-Zeit-Bild: $v(3) = 0.75 c$

Wie diese Diagramme deutlich machen, erfahren Uhren, die sich durch den Raum bewegen, eine zunehmende Verlangsamung ihres Ganges, und zwar je schneller sie sind. Mit anderen Worten: Erhöhen wir unsere »Geschwindigkeit durch den Raum«, so verringern wir unsere »Geschwindigkeit durch die Zeit«. Wenn wir also eine Uhr dazu zwingen, den Raum zu durchlaufen, so kann sie, entsprechend der Epsteinschen Deutung, dies nur deswegen, indem sie genau den Teil an Geschwindigkeit abzweigt, den sie dafür benötigt, die Zeit zu durchmessen. Dabei gilt: Je schneller sich eine Uhr durch den Raum bewegt, umso mehr zweigt sie von der Geschwindigkeit durch die Zeit ab – bis zu jenem Punkt, wo sie ihre gesamte Geschwindigkeit abgezweigt hat. Dieser Punkt ist der Speziellen Relativitätstheorie zufolge dann erreicht, wenn sie sich mit Lichtgeschwindigkeit durch den Raum bewegt. In diesem Fall bewegt sie sich mit der ihr größtmöglichen Geschwindigkeit durch den Raum. Folglich bleibt keine Geschwindigkeit mehr übrig, um sich auch noch durch die Zeit bewegen zu können. Mit anderen Worten: Die Uhr hört auf zu ticken. In dem nachfolgenden Diagramm ist dieser Grenzfall eingefangen.

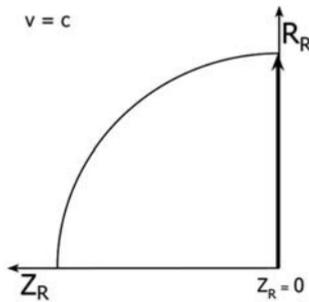


Abb. 10 – Epsteinsches Raum-Zeit-Bild: $v = c$

Obwohl die Epstein'sche Deutung der Speziellen Relativitätstheorie signifikant von ihrer Standardinterpretation abweicht, so hat sie aufgrund ihrer Prägnanz und Originalität auch unter professionellen Physikern Beifall gefunden.⁴⁵ So bediente sich beispielsweise der Physiker Brian Greene in seinem Buch *Das Elegante Universum* dieser Deutung, um mit ihrer Hilfe die typischen relativistischen Effekte wie Zeitdilatation und Längenkontraktion verständlich zu machen.⁴⁶

In der Physik des Mandalas erwies sich diese unkonventionelle Deutung – rückblickend – als ein äußerst effektiver Dechiffrierschlüssel, um die in dieser archetypischen Struktur codierten physikalischen Aussagen sukzessive entschlüsseln zu können.

Dass die Epstein'sche Deutung eine natürliche Affinität zu dieser Struktur besaß, bewies schon der durch die Lichtgeschwindigkeit charakterisierte »kosmische Geschwindigkeitsmesser«, denn er ließ sich problemlos dem *inneren Kreis* des Mandalas zuordnen. Es war also mit seiner Hilfe möglich, zu erkennen, in welcher Beziehung die Lichtgeschwindigkeit zu dieser archetypischen Struktur stand. Dass diese Affinität sehr viel weiter ging, sollte sich bald bei einer weiteren Geschwindigkeit zeigen.

»Gödel ... traf sich mit Einstein allmorgendlich zwischen zehn und elf Uhr morgens, und die beiden gingen zu Fuß ins Institut, ein Weg von etwa einer halben Stunde. Um ein oder zwei Uhr mittags machten sie sich auf den Heimweg, wobei sie über Politik, Philosophie und Physik diskutierten. Dieser Rhythmus verleiht Einsteins Äußerung, er gehe nur ins Büro um des Privilegs willen, mit Kurt Gödel den Heimweg anzutreten, eine besondere Note.«

Palle Yourgrau in: Gödel, Einstein und die Folgen

Welt am »Gödelpunkt«

Als die Spezielle Relativitätstheorie dem Verfahren der transzendenten Progression unterworfen worden ist, orientierte sich dieses Verfahren ausschließlich an der klassischen Deutung. Die Erkenntnis, dass Epsteins Deutung der Speziellen Relativitätstheorie im Rahmen der metaphysischen Theorieentwicklung erheblich nützlicher ist, ist also eine *nachträgliche*. Sie trat erst zu Tage, als die Struktur des Mandalas schon längst »entdeckt« war.

Sofern in der Zeit *vor dieser Entdeckung* von Diagrammen Gebrauch gemacht wurde, handelte es sich ausschließlich um Adaptionen der klassischen Deutung – unter Einschluss der von dem Mathematiker Hermann Minkowski entwickelten Diagramme. Eine der ersten Einsichten, die auf diesem Wege erlangt wurde, war die Erkenntnis, dass dem Geschwindigkeitswert von

$$1/\sqrt{2} c \text{ (- } 0,707 c \text{)}$$

eine ganz besondere Rolle im Rahmen der metaphysischen Struktur zukam, denn genau diesem speziellen Geschwindigkeitswert – dem »Gödel-Punkt«⁴⁷ - war der Wert der Lichtgeschwindigkeit c zugeordnet.

Diese spezielle Zuordnungsbeziehung erwies sich retrospektiv als *der* Wendepunkt in der Suche nach der metaphysischen Struk-

tur. Sie grenzte das Gebiet, wo das fehlende metaphysische Geschwindigkeitssegment von c bis ∞ suchen war, erheblich ein: Wenn es dieses Segment gab, dann musste es sich, so die Botschaft dieser besonderen Zuordnungsbeziehung, »irgendwo« in dem Hochgeschwindigkeitsbereich von $0.707 c$ bis $1.000 c$ befinden.

Diese Beschränkung reichte in der Tat aus, um am Ende die Struktur des Mandala als die gesuchte metaphysische Struktur identifizieren zu können. Doch selbst *nachdem* diese Struktur gefunden war, blieb lange Zeit unklar, was sie *physikalisch* bedeutete. Mit Kenntnis der Epsteinschen Deutung der Speziellen Relativitätstheorie sollte sich dies jedoch grundlegend ändern. Plötzlich wurde deutlich, dass es sich bei der Struktur des Mandalas offenbar *wirklich* um ein über die Spezielle Relativitätstheorie hinausweisendes »Raum-Zeit-Bild« handelte – ein Verdacht, der sich bis dahin mehr auf die buddhistische Philosophie denn auf die Physik gestützt hatte.⁴⁸

Einen besonders nachhaltigen Eindruck hinterließ hierbei das für den Gödelpunkt geltende Epsteinsche Raum-Zeit-Diagramm. Es zeigte sich, *dass das Raum-Zeit-Bild des Mandalas an diesem speziellen Geschwindigkeitspunkt – dem Gödel-Punkt - mit dem relativistischen Raum-Zeit-Bild deckungsgleich war.*

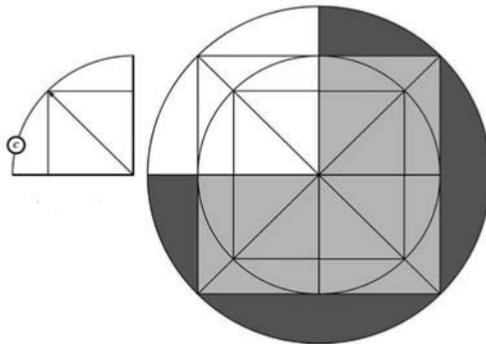


Abb. 11 – Die Welt am Gödelpunkt

Spätestens mit dieser Erkenntnis war klar, dass Epsteins Sprache das Mittel der Wahl war, um der tieferen physikalischen Bedeutung der archetypischen Struktur des Mandalas auf die Spur zu kommen. Sie offenbarte auf eine sehr eindrückliche Weise die Besonderheit der »Welt am Gödelpunkt«. ⁴⁹

In den nachfolgenden Kapiteln möchte ich schildern, welche höchst unerwarteten Einsichten diese geometrische Sprache eröffnet, wenn man sie systematisch auf die archetypische Struktur des Mandalas anwendet. *Tatsächlich ließen sich mit ihrer Hilfe alle zentralen Elemente der Speziellen Relativitätstheorie innerhalb dieser Struktur identifizieren.* Zu diesen zentralen Elementen gehören: Die Lorentz-Transformationen, das Spezielle Relativitätsprinzip und das Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit.

Durch diese Identifikation war es nicht nur möglich, nachvollziehen zu können, welchen besonderen Struktureigenschaften des Mandalas die Spezielle Relativitätstheorie ihren bemerkenswerten Erfolg verdankte, es war auch möglich, klar erkennen zu können, welche ihrer Strukturen Einstein mit seiner Theorie *nicht, nicht ausreichend* oder *gar fehlerhaft* erfasst hatte.

Die hierbei gewonnenen Einsichten sind für die Entwicklung wie auch die Rechtfertigung der »Physik des Mandalas« gleichermaßen von Bedeutung. Einsteins Theorie ist so immens erfolgreich, dass eine neue Theorie von Raum und Zeit nur dann Bestand hat, wenn sie fähig ist, den Erfolg dieser seit mehr als einhundert Jahren alten Theorie erklären zu können. Ungeachtet dessen ist das Wissen um die von ihr *nicht erfassten* oder *fehlerhaft erfassten* Strukturen von eminenter Wichtigkeit, denn gerade diese vernachlässigten oder fehlerhaft abgebildeten Strukturen beinhalten die Option, Effekte vorherzusagen zu können, die von der Speziellen Relativitätstheorie vielleicht noch nicht berücksichtigt worden sind.

Das nachfolgend geschilderte »Zwiegespräch« mit Einsteins Theorie war in wesentlichen Teilen von diesem Ziel geleitet – dem Ziel, *experimentell verifizierbare Unterschiede zwischen beiden Raum-Zeit-Bildern zu finden.*

Da sich beide »Raum-Zeit-Bilder« *geometrisch* in gewissen Bereichen drastisch voneinander unterschieden, war es naheliegend,

zunächst auch dort nach solchen experimentell prüfbareren Unterschieden zu suchen. Der erste Schritt in dieser Richtung endete freilich mit einem Desaster. So paradox es klingen mag, doch gerade dieses Desaster ebnete entscheidend den Weg zu der Entschlüsselung der Struktur des Mandalas: Er zeigte, dass es sich bei dieser archetypischen Struktur, wenn man sie auf eine spezielle Weise interpretierte, ebenso wie bei der relativistischen Struktur um ein *lorentzinvariantes* Raum-Zeit-Bild handelte.

Über das »lorentzinvariante« Design des Mandalas

Verglich man das »Raum-Zeit-Bild« der Speziellen Relativitätstheorie (in der Epsteinschen Form) mit dem des Mandalas, dann sah es, wie Abb. 11 zeigt, *auf den ersten Blick* so aus, als wenn sich diese Bilder – trotz ihrer Deckungsgleichheit – gerade im Bereich des Gödelpunktes erheblich voneinander unterscheiden würden.

Dieser auffallende Unterschied legte daher die Vermutung nahe, dass es in diesem Bereich auch zu signifikanten experimentellen Abweichungen von der Speziellen Relativitätstheorie kam. Doch eine solche Abweichung gaben die experimentellen Daten (Geschwindigkeitsabhängigkeit der Masse) nicht zu erkennen. Einsteins Theorie zeichnete sich vielmehr *über den gesamten Geschwindigkeitsbereich hinweg von 0 bis c* durch eine gleichbleibend hohe Genauigkeit aus.⁵⁰ Im Geschwindigkeitsbereich um den Gödelpunkt herum schien es keinerlei auffälligen experimentellen Unterschiede zu geben.

Diese experimentelle Genauigkeit verdankt die Spezielle Relativitätstheorie den »Lorentz-Transformationen« - ihrem zentralen mathematischen Formalismus. Es stellte sich daher die Frage: Stand das Mandala-Bild im Widerspruch zu diesem Formalismus? Die Auseinandersetzung mit dieser Frage förderte schließlich eine überraschende Erkenntnis zu Tage: Es zeigte sich näm-

lich, dass das Mandala physikalisch so »gelesen« werden konnte, dass es diesen speziellen Formalismus *exakt reproduzierte*.

Diese unerwartete Erkenntnis stärkte erheblich das Zutrauen in die physikalische Relevanz dieser Struktur, denn die Lorentz-Transformationen beinhalten eine Symmetrie, von der die meisten Physiker, unabhängig davon, ob sie an die Existenz des Äthers glauben oder nicht, überzeugt sind, dass sie wirklich *fundamentaler* Natur ist.

Mit Blick auf unser Verständnis der Natur von Raum und Zeit hat sie zur Folge, dass Raum und Zeit nicht länger als voneinander unabhängige absolute Größen vertretbar sind. Sie bilden vielmehr, vermittelt durch diese Transformationsgruppe, eine untrennbare Einheit, die wir als »Raumzeit« bezeichnen, wobei Raum und Zeit – für sich genommen – nur noch relativer Natur sind.

Die Lorentz-Transformationen beschreiben in mathematischer Form, *wie das Verhältnis von Raum und Zeit zueinander in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit aussieht*. Die dazu gehörige formale Vorschrift ist in dem sogenannten *Gamma-Faktor* γ eingefangen. Er ist eine der wichtigsten Größen in der Speziellen Relativitätstheorie.⁵¹

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Eben diese geschwindigkeitsabhängige Gestalt der »Raumzeit« gilt als *die* revolutionäre Einsicht der Speziellen Relativitätstheorie. An die Stelle der einstmals als absolut aufgefassten Begriffe von Raum und Zeit rückte in Einsteins Theorie nunmehr die »Absolutheit« der Lichtgeschwindigkeit. Sie war die große Invariante in dem von Einstein entworfenen Bild des Universums.

In der geometrischen Sprache Epsteins drückt sich diese Absolutheit der Lichtgeschwindigkeit dadurch aus, dass *alle* physikalisch erlaubten Prozesse und Strukturen auf den Bereich *innerhalb des Viertelkreises* beschränkt bleiben. Dies betrifft natürlich auch die Struktur von Raum und Zeit.

Um die Absolutheit der Lichtgeschwindigkeit rechtfertigen zu können, hat Einstein unterstellt, dass das Verhältnis von Raum und Zeit stets so ist, dass alle Beobachter – unabhängig von ihrer Geschwindigkeit – für die Lichtgeschwindigkeit in allen Richtungen immer *denselben* Wert $v = c$ messen.

In der Epstein'schen Deutung ist diese Forderung formal dadurch sichergestellt, dass das Verhältnis von Raum (R, x) und Zeit (Z, y) immer die nachfolgende Gleichung erfüllt:

$$x^2 + y^2 = 1$$

In dieser Gleichung ist $c = 1$ gesetzt; eine operationelle Festlegung, *die für den gesamten nachfolgenden Text übernommen worden ist*. Im Rahmen dieser speziellen Deutung führt dies, wie wir bereits gesehen haben, geometrisch dazu, dass Raum und Zeit – in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit – zu jeweils verschiedenen Rechtecken führen. Epsteins Mythos zeigt als solches, wie Raum und Zeit in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit »skaliert« sind. *Diese Art der »Skalierung« unterscheidet sich signifikant von der Standarddeutung der Speziellen Relativitätstheorie.*⁵²

Die »Welt am Gödel-Punkt« ist ein Fallbeispiel, dass diese unterschiedliche Skalierung besonders eindrücklich aufzeigt. Sie enthüllt, dass Raum und Zeit bei der Geschwindigkeit von $1/\sqrt{2} c$ ein auffallend spezifisches Verhältnis zueinander aufweisen, denn in diesem Fall sind die »Geschwindigkeit durch die Zeit« und die »Geschwindigkeit durch den Raum« in der Tat *identisch*, was sich geometrisch dadurch ausdrückt, dass wir es in diesem Fall mit dem Sonderfall eines Rechtecks zu tun haben, und zwar mit einem *Quadrat*. In der Standarddeutung der Speziellen Relativitätstheorie tritt diese strukturelle Besonderheit von Raum und Zeit weit weniger offenkundig zu Tage.

Doch gerade die Wahrnehmung dieser strukturellen Besonderheit lieferte den entscheidenden Hinweis, um erkennen zu können, dass es sich bei der Struktur des Mandalas um ein »Raum-Zeit-Bild« handelte, das ebenso – wie das relativistische Raum-Zeit-Bild – von *lorentzinvarianter* Natur sein könnte. *Es war nämlich auffallend, dass an diesem speziellen Geschwindigkeitspunkt – dem Gödel-Punkt – das Verhältnis von innerem »Kreisvek-*

tor« (wenn als Zeitvektor definiert) und äußerem »Quadratvektor« (wenn als Raumvektor definiert) zu exakt demselben Wert führte, den auch der relativistische Gamma-Faktor für diesen speziellen Geschwindigkeitswert vorhersagte.

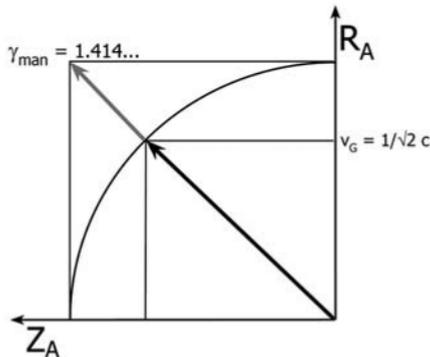


Abb. 12 – Das »lorentzinvariante« Design des Mandalas

Berechnete man im Rahmen der Speziellen Relativitätstheorie für den Geschwindigkeitswert $1/\sqrt{2} c$ (i.e. den *Gödelpunkt*; v_G) den entsprechenden γ -Faktor, dann führte dies auf den Wert von $\gamma = 1,414\dots$ Es zeigte sich nun, dass innerhalb der Struktur des Mandalas das Verhältnis von Raum- und Zeitvektor bei diesem speziellen Geschwindigkeitswert auf exakt denselben Wert führte:

$$1,414\dots : 1 = 1,414$$

Diese auffallende Übereinstimmung erwies sich keineswegs als Zufall. Es zeigte sich, dass die archetypische Struktur des Mandalas mit Blick auf das Verhältnis von Raum und Zeit zueinander auch bei allen anderen Geschwindigkeitswerten ein lorentzinvariantes »Mischungsverhältnis« aufwies: Berechnete man das Verhältnis der jeweiligen »Raum-Zeit-Vektoren« bei anderen Geschwindigkeiten, dann führte dies auf exakt dieselben Gamma-Werte, die auch die Lorentz-Transformationen vorhersagten.⁵³

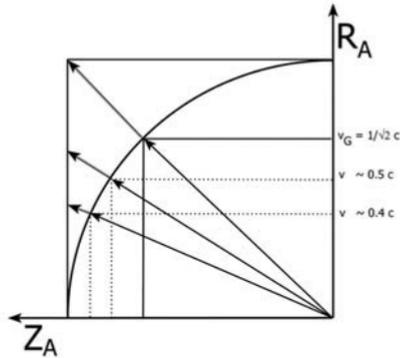


Abb. 13 - Der Mandala-Code I

Doch damit nicht genug: Die wirklich ungewöhnliche Seite der Struktur des Mandalas bestand darin, dass das Verhältnis von Raum und Zeit auch dann zu einer lorentzinvarianten Codierung führte, wenn man diese Struktur von der Raumachse (R_A) aus las. Diese Übereinstimmung war jedoch keine *vollständige*: Sie galt lediglich dem *Ergebnis*. Betrachtete man nämlich die diesem Ergebnis zugrundeliegenden Raum-Zeit-Vektoren, dann zeigte sich, dass es zwischen beiden »Lesarten« sehr wohl einen Unterschied gab. In der nachfolgenden Grafik ist zur besseren Verdeutlichung dieses Unterschiedes diese zweite »Lesart« der Lorentzinvarianz daher ausdrücklich gezeigt.

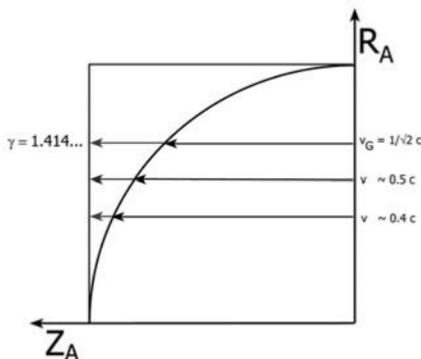


Abb. 14 – Der Mandala-Code II

Wie diese Grafik zu erkennen gibt, ist das *Ergebnis* zwar dasselbe, welches auch Abbildung 13 zu erkennen gibt, doch das Verhältnis von Raum- und Zeitvektor ist ein anderes. So gilt beispielsweise am Gödelpunkt v_G das Verhältnis:

$$1 : 0,707.. = 1,414$$

Dieses spezifische Zahlenverhältnis zeigt, dass die Lorentz-invarianz innerhalb der Struktur des Mandalas offenbar *auf zwei verschiedene Weisen codiert ist bzw. codiert sein könnte*.

$$(I): 1,414... : 1 = 1,414$$

$$(II): 1 : 0,707... = 1,414$$

Diese „doppelte“ Lorentzinvarianz erweist sich, formal gesehen, natürlich als das Ergebnis des besonderen geometrischen Aufbaus der Struktur des Mandalas: Sie ergibt sich aus der Tatsache, dass der Kreis *passgenau* in das Quadrat eingebettet ist. Diese besondere geometrische Konfiguration führt dazu, dass auch die *Konstanz der Lichtgeschwindigkeit* auf eine solche »doppelte« Weise codiert ist bzw. codiert sein könnte. Die Größe c ist infolge der beiden geometrischen Grundfiguren von Kreis und Quadrat zwar auf eine jeweils unterschiedliche Weise codiert, aber c resp. $c = 1$ ist in beiden Fällen gleichermaßen *als der zentrale Parameter* identifizierbar.

Was diese geometrische »Koinzidenz« zu einer physikalisch höchst brisanten Erkenntnis macht, ist der Umstand, dass sie, wie wir noch sehen werden, eine grundlegend andere Deutung des *Michelson-Morley-Experimentes* eröffnet – und dieses Experiment ist nach heutigem Physikverständnis eine der entscheidenden empirischen Grundlagen zur Rechtfertigung der Speziellen Relativitätstheorie und ihrer bisweilen als »eigenartig« erlebten Seiten.

Doch ungeachtet dieser Erkenntnis war bereits die Tatsache, dass die archetypische Struktur des Mandalas eine lorentz-invariante Raumzeit generierte, von entscheidender Bedeutung:

Sie stärkte die Überzeugung, dass es sich bei dieser Struktur um eine empirisch sinnvolle Struktur handelte.

Was die Suche nach möglichen experimentellen Unterschieden zwischen der Speziellen Relativitätstheorie und der Physik des Mandalas anbelangte, war diese Erkenntnis gleichwohl „enttäuschend“, denn ihre beiden Raum-Zeit-Bilder schienen *empirisch äquivalent* zu sein.⁵⁴

Diese empirische Äquivalenz war umso überraschender, als diese beiden Bilder dennoch zwei Raum-Zeit-Auffassungen zum Inhalt hatten, die kaum unterschiedlicher hätten sein können. Dieser Unterschied betraf nicht nur die Art und Weise, wie die Lorentz-Transformationen innerhalb des Universums codiert waren, er betraf auch den ontologischen Status von Raum und Zeit.

Mandala versus Relativität

Vordergründig betrachtet scheint der Unterschied zwischen beiden Raum-Zeit-Auffassungen nicht sonderlich groß zu sein, denn sowohl in der Speziellen Relativitätstheorie als auch in der „Physik des Mandalas“ erweisen sich Raum und Zeit *in toto* – als Einheit – als absolut, und zwar als ebenso absolut wie dereinst das Newtonsche Raum-Zeit-Bild. Das bedeutet, sie bedingen in *unumkehrbarer* Weise das Verhalten materieller Objekte, ohne selbst durch dieses bedingt zu sein. Dennoch gibt es einen gravierenden Unterschied: Im Gegensatz zum relativistischen Raum-Zeit-Bild hat das Raum-Zeit-Bild des Mandalas – aufgrund seines unmittelbaren Bezuges zum Einen – einen universellen Status inne. Es gilt also nicht nur lokal, wie das speziell-relativistische Raum-Zeit-Bild, sondern auch *global*. Auch mit Blick auf die Lorentzinvarianz gab es, wie sich zeigen sollte, bedeutsame Unterschiede; Unterschiede, die die empirische Äquivalenz beider Raum-Zeit-Bilder in einem völlig anderen Licht erscheinen ließ. So handelte es sich in Einsteins Theorie bei der Lorentzinvarianz um eine *erkennbar* restriktivere Bedingung als

dies in der Physik des Mandalas der Fall war, denn ihre Kerngröße - die Lichtgeschwindigkeit – wurde in der Speziellen Relativitätstheorie (infolge des speziellen Relativitätsprinzips) als eine ultimative Grenzgeschwindigkeit aufgefasst. Aufgrund dieser Restriktion müssen der Speziellen Relativitätstheorie zufolge *alle* fundamentalen Gesetze der Physik lorentzinvariant formuliert werden. Das bedeutet, dass alle Naturgesetze - von ihrem Geltungsbereich her - *stets* auf das Innere des »Lichtkreises« (oder in üblicher relativistischer Terminologie: auf das Innere des »Lichtkegels«) beschränkt sein müssen. Diese massive Restriktion bezeichnet man innerhalb der modernen Physik auch als »Lokalitätsforderung«. Es ist diese *sehr einschränkende* Bedingung, die die »ätherlose« Relativitätstheorie von den meisten Äthertheorien unterscheidet.

So sind die Lorentz-Transformationen selbstverständlich auch wesentlicher Bestandteil der von Hendrik Antoon Lorentz entwickelten *Äthertheorie*, denn diesem Physiker verdanken sie ihren Namen. Doch in dieser Theorie spielt die Lichtgeschwindigkeit nicht jene restriktive Rolle, die sie in der Speziellen Relativitätstheorie innehat. Als Hendrik A. Lorentz 1913 – acht Jahre nach der Veröffentlichung der Speziellen Relativitätstheorie - im holländischen Haarlem eine Vorlesungsreihe hielt, kritisierte er Einsteins Ausschluss von Überlichtgeschwindigkeiten als eine kühne Behauptung, die man nicht ohne Zurückhaltung anerkennen könne.⁵⁵ Doch für Einstein's Theorie ist gerade dieser Ausschluss kennzeichnend.

Mittlerweile ist dieser *rabiate* Akt Einsteins auch heute Gegenstand von Kritik, denn in der Quantenmechanik gibt es Phänomene, die sich an diese restriktive Beschränkung nicht zu halten scheinen. Quantenmechanische Systeme sind auf eine Weise »verschränkt«, dass sie die Existenz überlichtschneller Korrelationen zwischen räumlich weit voneinander entfernten Bereichen suggerieren. Einstein war durch diese Quantenphänomene so sehr beunruhigt, dass er sie spöttisch als »spukhafte Fernwirkungen« bezeichnete. Doch bislang deutet alles daraufhin, dass es diese superluminal agierenden Wirkungsketten – entgegen dem Credo Einsteins - tatsächlich gibt.

Während die relativistische Raum-Zeit-Struktur offenkundig zu restriktiv ist, um die Existenz derartige Phänomene erklären zu können, erscheint die Raum-Zeit-Struktur des Mandalas mit ihrem erheblich »erweiterten« Geschwindigkeitsspektrum gerade umfassend genug, denn in ihr ist nicht die Lichtgeschwindigkeit, sondern der Geschwindigkeitswert Unendlich die *ultimative* Grenzgeschwindigkeit.

Mit Hilfe der nicht-lokal angelegten Raum-Zeit-Struktur des Mandalas könnte damit jene »Spannung« lösbar sein, die zwischen der Speziellen Relativitätstheorie und der Quantenmechanik heute zu bestehen scheint.

Wie dieser Vergleich zwischen der Speziellen Relativitätstheorie und die Physik des Mandala zeigte, mochten ihre beiden Raum-Zeit-Bilder in bezug auf die Lorentz-Transformationen empirisch äquivalent sein, doch die physikalischen Unterschiede zwischen diesen beiden Bildern waren beträchtlich. Je deutlicher diese Unterschiede hervortraten, umso weniger wahrscheinlich erschien es, dass sich diese empirische Äquivalenz auch *auf die übrigen Theorieelemente* – die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und das Spezielle Relativitätsprinzip – erstreckte.

Schon rein äußerlich lieferten beide Bilder sehr unterschiedliche Ansichten vom Universum: So war die Raum-Zeit-Struktur des Mandalas erkennbar *umfassender* als die relativistische Raum-Zeit-Struktur. Daher erschien die Annahme, beide Raum-Zeit-Bilder würden *in allen Bereichen* zu denselben experimentellen Ergebnissen führen, kaum glaubhaft. *Irgendeinen experimentellen Unterschied musste es also geben.*

Diese Überzeugung brachte mich dazu, zwischen beiden Bildern noch systematischer nach möglichen experimentellen Unterschieden zu suchen. Und solche Unterschiede ließen sich in der Tat finden, doch es waren *äußerst subtile Unterschiede und sie berührten eine bis heute ungelöste Frage der modernen Physik – die Frage nach dem Ursprung des Trägheitssatzes.*

Der Weg ins Dunkle

Normalerweise tun sich Physiker schwer damit, anzuerkennen, dass die Physik auf Voraussetzungen basiert, die man ohne Umschweife als »metaphysisch« bezeichnen würde. Doch der Trägheitssatz ist eine der wenigen Voraussetzungen, in denen Physiker dies offen zugeben. Sie geben zu, nicht zu wissen, warum sich ein Objekt, einmal in Gang gesetzt, ewig auf gerader Linie fortbewegt. Was Physiker jedoch weit weniger bereit sind, zuzugeben, ist der Umstand, dass der Trägheitssatz *aus kausaler Sicht* ein Paradoxon ist – und dass er daher *notwendig* einer physikalischen Erklärung bedarf. Der Physiker und Philosoph Carl Friedrich von Weizsäcker erklärt dies so: „Aristoteles verstand Bewegung als Änderung des Zustands und daher Kraft als Ursache der Bewegung. In der klassischen Mechanik ist jedoch die Trägheitsbewegung gerade die Bewegung ohne einwirkende Kraft. Im 17. Jahrhundert fühlte man noch die hierin liegende Paradoxie; Descartes und, ihm folgend, Newton definierten den Zustand eines Körpers durch seine Geschwindigkeit, so daß erst die Beschleunigung nun als Zustandsänderung angesehen wurde. Dies aber ist inkonsequent, denn zwei Körper gleicher Geschwindigkeit an verschiedenem Ort sind in verschiedenen Zuständen, wie die moderne Beschreibung im Phasenraum mit Recht sagt; und bei der Trägheitsbewegung ändert sich der Punkt im Phasenraum. Will man konsistent kausal denken, so muß man ... die Trägheitsbewegung als verursacht ... ansehen.“⁵⁶

Wie von Weizsäcker betont, führt der Versuch eines ernsthaften kausalen Verständnisses der kräftefreien Bewegung in der modernen Physik bisher noch ins Dunkle. Man habe sich unter dem Einfluss einer empiristischen Philosophie bloß daran gewöhnt, das Unverständliche schlicht zu behaupten. Dass die Physik bislang darauf verzichtet hat, die Ursache des Trägheitssatzes zu klären, sei lediglich die Kapitulation vor einem ungelösten Problem.⁵⁷ Dass dieses Problem in enger Beziehung zur Speziellen Relativitätstheorie stand, war nicht sonderlich überraschend, denn Einsteins Theorie wäre, wie wir später noch sehen werden, ohne den Trägheitssatz gar nicht möglich.⁵⁸

Überraschend war jedoch die Erkenntnis, dass die allerwenigsten Physiker, die die Spezielle Relativitätstheorie kritisierten, ihre Unzulänglichkeiten mit eben diesem unaufgelösten paradoxen Kern des Trägheitssatzes in Verbindung brachten.

Die einzige Erklärung, die sich hierfür finden lässt, ist – neben der scheinbaren Unlösbarkeit dieses Paradoxons - der enorme Erfolg dieser Theorie. Er lässt offenbar selbst die Kritiker vergessen, dass diese Theorie auf einem solchen ungelösten kausalen Paradoxon basiert.

Doch so erfolgreich Einsteins Theorie auch sein mag, sie hinterlässt bis auf den heutigen Tag bei fast allen Physikern – nicht nur bei ihren Kritikern - ein Gefühl von *Eigenartigkeit*. So schreibt *Arthur Zajonc*, Physikprofessor am Amherst College in Massachusetts und Spezialist für Quantenoptik, in seinem Buch *Die gemeinsame Geschichte von Licht und Bewusstsein*:

„Nichts bewegt sich auf die gleiche Art wie Licht. Alle Beobachter werden seine Geschwindigkeit im Vakuum mit 299 792 458 Meter pro Sekunde messen. Um das zu begreifen, müssen wir unsere Vorstellung von Raum und Zeit ändern, doch wenn wir uns dazu durchdringen, fügt sich alles auf sehr schöne, wenn auch eigenartige Weise zusammen. Ist das Licht wirklich so? Vielleicht ist Einsteins Theorie brillant, aber falsch.“⁵⁹

Obwohl niemand in der modernen Physik den experimentellen Erfolg der Speziellen Relativitätstheorie ernsthaft in Zweifel zieht, derlei Kommentare findet man häufiger, auch und gerade unter theoretischen Physikern. Es handelt sich um ein fast einheitliches Stimmungsbild, dessen zentrale Botschaft lautet: »Einsteins Theorie ist schön, aber sie ist auch eigenartig.«

In dem Kapitel – Zwei Muster – ein Wert - möchte ich zeigen, welche unerwartete Auflösung dieses Gefühl von Eigenartigkeit durch die Struktur des Mandalas erfahren könnte. Zuvor möchte ich die einzelnen Schritte darlegen, die Einstein getan hat, um zu seiner Theorie zu gelangen. Bei der Darlegung dieses Entwicklungsweges werde ich mich gleichfalls der Epsteinschen Diagramme bedienen. Sie erweisen sich auch mit Blick auf diesen Weg als ein äußerst hilfreiches Werkzeug. Sie machen diese Schritte auf eine Weise *anschaulich*, wie es keine sprachliche Erklärung oder mathematische Gleichung vermag. Sie verdanken

diese Fähigkeit der Tatsache, dass sie einer geometrischen Sprache entstammen, die mehr als 70 Jahre *nach der Veröffentlichung* der Speziellen Relativitätstheorie entwickelt worden ist – und deren Zweck gerade darin besteht, dieser Theorie eine physikalisch noch transparentere Gestalt zu geben als dies bereits mit den Minkowski-Diagrammen geschehen ist.

Aufgrund dieser besonderen Transparenz vermitteln die Epsteinschen Diagramme ein Gefühl dafür, wie ungeheuer gewagt die Schritte waren, die schlussendlich zur Speziellen Relativitätstheorie führen sollten.

„Das theoretische Schema von Einstein ist .. zwar widerspruchsfrei, aber es hinterlässt in uns ein seltsames Gefühl. Irgendwie verstehen wir diese Welt nicht mehr...“

Ernst Peter Fischer (Wissenschaftshistoriker)

Die eigenartige Theorie eines Eigenwilligen

Dass die meisten Physiker dennoch von der Richtigkeit der Speziellen Relativitätstheorie – ungeachtet ihres eigenartigen Charakters – überzeugt sind, hat seine Ursache vor allem darin, dass diese Theorie, was ihr eigentliches Herzstück anbelangt, auf *einem unmittelbar einleuchtenden Prinzip* basiert, und zwar auf dem »speziellen Relativitätsprinzip«.

Was dieses Prinzip von anderen Prinzipien der modernen Physik unterscheidet, ist wohl der Umstand, dass sein eigentlicher Kern *intuitiv* – ohne Hinzuziehung höherer Mathematik – verstanden werden kann. Wenn wir im Bahnhof in einem wartenden Zug sitzen und plötzlich auf einem der Nachbargleise einen anderen Zug sich in Bewegung setzen sehen, sind wir nicht selten irritiert, denn wir können nicht ohne weiteres erkennen, welcher der beiden Züge sich *wirklich* bewegt: Der ruhende Zug, in dem wir uns befinden, oder der sich vermeintlich bewe-

genden Zug auf dem Nachbargleis. Diese Erkenntnis ist der zentrale Erfahrungsinhalt des speziellen Relativitätsprinzips.⁶⁰

Die Tatsache, dass die Spezielle Relativitätstheorie auf einem solchen unmittelbar einleuchtenden *Prinzip* basiert, verleiht ihr beinahe zwangsläufig den Geschmack des Notwendigen. Dies hat, wie ich mutmaßen möchte, dazu geführt, dass diese Theorie innerhalb der modernen Physik ganz selbstverständlich als eine fundamentale Wahrheit über das Universum betrachtet wird; eine Theorie, die zu Beginn des 20. Jahrhunderts, so der allgemeine Konsens der Wissenschaftshistorie, nur darauf gewartet habe, von irgendjemandem »entdeckt« zu werden. Doch bis heute wissen wir nicht, was es mit diesem Prinzip wirklich auf sich hat – und warum die Natur ihm folgt. Es beruht auf einer ziemlich radikalen *Unterstellung*: Es unterstellt, dass das Relativitätsprinzip *unter allen Umständen* gilt.

Was diese Unterstellung zu einer unerhört radikalen Annahme macht, ist die schlichte Tatsache, dass unser Wissen über das Universum noch nicht den Status der *Endgültigkeit* erreicht hat. Das bedeutet: Wir kennen weder alle Naturgesetze noch können wir ausschließen, dass künftige Naturgesetze unser Bild vom Universum grundlegend verändern werden. Indem Einstein das spezielle Relativitätsprinzip als ein fundamentales Naturprinzip postulierte, unterstellte er jedoch, dass dieses Prinzip auch für diese noch unbekanntes, in der Zukunft liegenden Naturgesetze Gültigkeit hat.

Von dieser äußerst weitreichenden Unterstellung ausgehend, machte er dann seine *Gedankenexperimente*, um zu sehen, welche Folgen sich aus dieser höchst radikalen Annahme für Raum und Zeit ergab.⁶¹

Nachfolgend möchte ich Ihnen dieses Prinzip aus einem Blickwinkel vorstellen, der offenbart, wie *ungeheuer groß* und *ungeheuer gewagt* der Sprung war, den Einstein tat, als er gewisse Tatsachen als Indizien für die Gültigkeit dieses Prinzips interpretierte.

a) *Das Relativitätsprinzip – Ein erster Blick*

Dem Relativitätsprinzip liegt die Tatsache zugrunde, dass eine Bewegung, sofern sie geradlinig und gleichförmig ist, keinerlei messbaren Auswirkungen auf physikalische Prozesse zu haben scheint – und dass sie daher, *was die Form der Naturgesetze anbelangt*, eine *relative Größe* ist. Wie bemerkenswert diese Tatsache ist, wird uns erst heute deutlich, seit Düsenflugzeuge zu einem selbstverständlichen Verkehrsmittel geworden sind.

Obwohl ein Düsenflugzeug bei einer durchschnittlichen Reisegeschwindigkeit von 720 Kilometern pro Stunde *innerhalb von nur einer einzigen Sekunde 200 Meter zurücklegt*, hat diese rasanten Ortsveränderung keinerlei beobachtbaren Einfluss auf die Vorgänge im Inneren des Flugzeugs. Ein Vorgang, wie z.B. das Einschenken von Kaffee in eine Tasse, unterscheidet sich in nichts von dem Vorgang, wenn das Flugzeug auf dem Rollfeld stünde. Wenn die Stewardess nicht nervös ist, wird sie den Kaffee auch bei dieser enormen Geschwindigkeit unfehlbar in die Tasse einschenken. Sie ist also nicht genötigt, die hohe Geschwindigkeit des Düsenflugzeuges bei ihrem Verhalten irgendwie berücksichtigen zu müssen. Mit anderen Worten: Ein Bezugssystem, das eine *konstante* Geschwindigkeit aufweist, gleichgültig wie hoch sie ist, könnte aus physikalischer Sicht ebenso gut als ruhend angenommen werden.

Als das Relativitätsprinzip das erste Mal in einem physikalischen Kontext thematisiert worden ist, ist es *gerade für diesen Zweck* benutzt worden: Es sollte verständlich machen, warum die Erde jedermann als ruhend erschien, ohne jedoch – in Wahrheit – ruhend zu sein. Eines der entscheidendsten Argumente *wider die Drehung der Erde* war die augenscheinliche Tatsache, dass man von der Rotation der Erde überhaupt nichts merkte. Alle Naturvorgänge erweckten vielmehr den Eindruck, als befände man sich auf einem ruhenden Himmelskörper. So hätte, wie die meisten Physiker jener Zeit annahmen, ein losgelassener Stein während der Fallzeit aufgrund der inzwischen erfolgten Fortbewegung der Erde an einer entfernt gelegenen Stelle aufschlagen müssen, was er ganz offensichtlich nicht tat. Er verhielt sich vielmehr so, als würde die Erde ruhen.⁶²

Das Relativitätsprinzip lieferte nun ein sehr eingängiges Argument, um diese, dem gesunden Menschenverstand sich aufdrängende Schlussfolgerung auch als *Täuschung* deuten zu können. Es wurde daher von dem italienischen Naturforscher *Galileo Galilei* in seinem 1632 veröffentlichten *Dialog über die beiden hauptsächlichsten Weltsysteme* auch dazu benutzt, die Drehung der Erde zu beweisen.

Um diesen Beweis zu führen, konstatierte Galilei - in Gestalt seines *alter ego* Salviati - dass im Inneren eines Schiffes alle Vorgänge stets gleich ablaufen würden, einerlei ob das Schiff ruht oder geradlinig und gleichförmig dahingleitet. Er wies darauf hin, dass Wasser, welches tropfenweise aus einem aufgehängten Eimer in ein darunter gestelltes enghalsiges Gefäß träufelt, auch dann von diesem Gefäß aufgefangen wird, wenn das Schiff viele 'Spannen' zurücklegt hat. Es würde, wie er betonte, kein einziger Tropfen nach dem 'Hinterteile' fallen.

So überzeugend diese Beobachtung jedoch sein mochte, für einen überzeugenden Beweis der Drehung der Erde reichte sie am Ende nicht aus.⁶³ Noch lag eine auf dieser Beobachtung beruhende Theorie in ferner Zukunft. Zu jener Zeit war das spezielle Relativitätsprinzip nicht mehr als eine *denkwürdige Beobachtung*.

Wenn wir diese Beobachtung Galileis von einem modernen physikalischen Standpunkt aus betrachten, dann erkennen wir, dass sie auf einen sehr spezifischen und sehr beschränkten Bereich der Wirklichkeit Bezug nimmt, und zwar auf den Bereich *sehr kleiner Geschwindigkeiten* - sehr klein im Vergleich zur Lichtgeschwindigkeit. Wie ungewöhnlich klein dieser Bereich ist, wird deutlich, wenn wir ihn in die geometrische Sprache Epsteins »übersetzen«. Selbst wenn wir die vergleichsweise hohe Umlaufgeschwindigkeit der Erde um die Sonne von 30.000 Metern pro Sekunde - also eine Geschwindigkeit, die noch einmal um den Faktor 150 größer ist als die Geschwindigkeit eines modernen Verkehrsflugzeuges - *als äußere Grenze dieses Geschwindigkeitsbereiches* zugrunde legen, selbst dann erweist sich dieser Bereich als so klein, dass er grafisch nicht von dem Zustand der Ruhe $v = 0$ unterscheidbar ist. Der nachfolgend gezeigte (graumarkierte) Ausschnitt umfasst sämtliche Geschwin-

digkeiten bis hin zur Geschwindigkeit von 15.000 Kilometern pro Sekunde – also ein Geschwindigkeitsbereich der noch einmal um einen Faktor 500 größer ist als die Umlaufgeschwindigkeit der Erde um die Sonne.⁶⁴

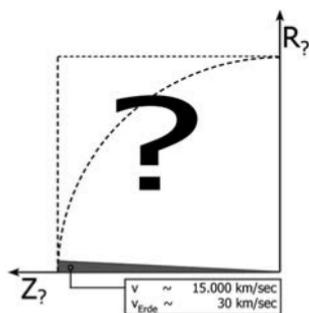


Abb. 15 – Die Galilei'sche Beobachtung (GAB)

Entsprechend ihrem historischen Ursprung bezeichnet man diese spezielle Beobachtung auch als das »Galilei'sche Relativitätsprinzip« (GAP). Es sei bereits an dieser Stelle ausdrücklich angemerkt, dass dieses Prinzip, so wie es in der modernen Physik verwendet wird, mittlerweile ein »Stereotyp« ist – ein feststehender Begriff, bei dem wir physikalisch nicht mehr klar unterscheiden:

- (1) Was wurde *tatsächlich beobachtet*;⁶⁵
- (2) Welche *physikalische Konsequenz* wurde daraus gezogen - und
- (3) auf welchen *stillschweigenden Voraussetzungen* beruht diese Konsequenz eigentlich.

Doch genau diese Unterscheidungen werden, wie ich in und mit diesem Buch zeigen möchte, möglicherweise über die Zukunft der Speziellen Relativitätstheorie entscheiden. Auf Nr. 3 dieser Liste - den stillschweigenden Voraussetzungen des GAP - werde ich erst später zu sprechen kommen. Doch Nr. 1 und Nr. 2 dieser Liste seien schon hier kurz erwähnt: Was hatte Galilei un-

ter Deck dieses Schiffes tatsächlich beobachtet? Er hatte beobachtet, *dass der Zustand der Ruhe und der der geradlinig-gleichförmigen Bewegung im Bereich sehr kleiner Geschwindigkeiten, was den Ablauf physikalischer Vorgänge anbelangt, »faktisch« nicht voneinander unterscheidbar waren.*

Die Galilei nachfolgenden Naturforscher haben diese Beobachtung wieder und wieder bestätigt gefunden und daraus die *Konsequenz* gezogen, dass es zwischen dem Zustand der Ruhe und dem der geradlinig-gleichförmigen Bewegung (i.e. eine konstante Geschwindigkeit) *prinzipiell* keinerlei Unterschied gab. Eben diese Konsequenz ist der eigentliche Inhalt des »Galileischen Relativitätsprinzips«. Sie ist der historische Kern des relativistischen Denkens. Um *Beobachtung* und *Konsequenz* begrifflich voneinander unterscheiden zu können, soll die dem Galileischen Relativitätsprinzip (GAP) zugrunde liegende Beobachtung explizit als »Galileische Beobachtung« (GAB) bezeichnet werden.

Angesichts des äußerst beschränkten Geltungsbereiches, auf den diese Beobachtung Bezug nimmt, erscheint es fast wunderlich, dass sie in den kommenden zwei Jahrhunderten dennoch zu einem der fundamentalsten Prinzipien modernen Physik avancieren sollte. Es stimmt nachdenklich, dass eine Beobachtung, die sich auf einen ganz spezifischen, vielleicht nicht einmal repräsentativen Teil der Wirklichkeit bezieht, später auf die Wirklichkeit *als Ganzes* ausgedehnt wurde. Es vermittelt einem unwillkürlich das Gefühl, es mit einem *ungeheuer großen spekulativen Sprung* zu tun zu haben.⁶⁶ Es ist so, als würde man aus der Beobachtung von Löwen in der ostafrikanischen Savanne auf ihre Existenz in den Straßen von New York schließen.

Welchen besonderen Umständen ist es also zuzuschreiben, dass die »Galileische Beobachtung« (GAB) in Gestalt des Relativitätsprinzips zu einem der fundamentalsten Prinzipien der modernen Physik erhoben werden sollte? Für diese Entwicklung lassen sich im wesentlichen zwei Umstände ausmachen: Seine enge Beziehung zur Newtonschen Mechanik und das »Michelson-Morley-Experiment«. Beide Umstände sollen nachfolgend im Detail dargelegt werden.

aa) *Die Galileiische Beobachtung und die Newtonsche Mechanik*

Als Sir Isaac Newton 1687 seine *Principia* veröffentlichte, begründete er damit die Geburt der neuzeitlichen Physik. Die von ihm formulierte Mechanik sollte für mehr als zwei Jahrhunderte die Entwicklung der Physik maßgeblich bestimmen. Ihren größten Erfolg feierte sie auf dem Gebiet der Astronomie: Sie erklärte nicht nur im Detail Form und Geschichte der planetaren Umlaufbahnen, sondern sagte auch korrekt voraus, welchen Einfluss die Sonne auf die Umlaufbahn des Mondes, auf die komplexen Bahnen von Asteroiden und Kometen und auf die Stabilität des Asteroidengürtels ausübte. Selbst dort, wo sie zu versagen schien, erwies sie sich am Ende als zutreffend.

So hatte im Jahre 1781 der Astronom Friedrich Wilhelm Herschel mittels des Teleskops den bis dahin unbekanntes Planeten *Uranus* entdeckt. Doch dieser Planet bereitete den Astronomen einiges Kopfzerbrechen, weil seine *tatsächliche* Bahn von der *vorausberechneten* Bahn abwich. Die Bahnabweichung des Uranus erschien daher zunächst als eine Anomalie, die mit Hilfe der Newtonschen Mechanik nicht erklärbar war. Doch 1846 zeigte *Urbain Jean Joseph Leverrier*, dass Newtons Theorie auch in diesem speziellen Fall Gültigkeit besaß. Er griff eine bereits vor mehr als einem halben Jahrhundert geäußerte Vermutung auf, wonach die Schwerkraft eines weiter außen liegenden Planeten die Bahn des Uranus gestört haben könnte.

Um die Position dieses vermuteten Planeten zu errechnen, bediente er sich gerade jener in Zweifel gezogenen Newtonschen Mechanik. Seine Berechnungen schickte er in einem Brief an *Johann Galle*, Observator an der Berliner Sternwarte. Er bat diesen, nach dem vorhergesagten Planeten Ausschau zu halten. Bereits ein paar Tage später konnte Galle Le Verrier den Erfolg seiner Suche melden: „*Der Planet, dessen Position Sie errechnet haben, existiert tatsächlich*“. Die Entdeckung des Planeten Neptun gilt heute als eine der spektakulärsten Bestätigungen der Newtonschen Mechanik.

Derlei Erkenntniserfolge gipfelten schließlich in dem, was wir als das »mechanische Weltbild« bezeichnen. Dieses Weltbild war von der Überzeugung getragen, dass das Universum eine gigan-

tische Maschine sei, die *streng* nach den Gesetzen der Mechanik funktionierte.

Doch dieses Weltbild hatte einen ‚Geburtsfehler‘, der später auch zu seinem Untergang führen sollte. Es basierte auf einer Raum-Zeit-Struktur, dessen Existenz von Anfang an als äußerst fragwürdig erschien. So hatte Newton als Grundlage seines »Weltsystems« die Existenz eines *absoluten Raumes* und einer *absoluten Zeit* behauptet. Diese beiden Begriffe bildeten seiner Meinung nach den raum-zeitlichen »Hintergrund« des gesamten Universums. Auf ihm spielten sich, wie Newton glaubte, *alle* physikalischen Vorgänge ab. Doch diese Raum-Zeit-Struktur, insbesondere der Begriff des als *absolut-ruhend* angenommenen Raumes, hatte einen empfindlichen Makel. So sollte der Begriff des absolut-ruhenden Raumes eigentlich die Rechtfertigung dafür liefern, Ruhe und Bewegung *scharf voneinander unterscheiden* zu können, doch ein solcher Unterschied war, wie die GAB zu zeigen schien, *faktisch* nicht beobachtbar. Damit erschien dieser Begriff gerade *aus physikalischer Sicht* als ein höchst fragwürdiges Konzept. Dass die GAB zu einem fundamentalen Prinzip der Physik aufstieg, ist also keineswegs ein Zufall. Es hängt auf das Engste mit der Tatsache zusammen, dass es historisch *mit etwas Fundamentalem verknüpft war* – mit eben jenem von Newton als fundamental vorausgesetzten absoluten Raum.

Dieses historische Band ist – welch’ Ironie des Schicksals – von Newton selbst geknüpft worden. Mit einem als »Corollar V« bezeichneten Zusatz wies er dieser Beobachtung von Anfang an eine feste Adresse innerhalb seiner Mechanik zu. Er räumte ein, dass Körper, welche in einem gegebenen Raum eingeschlossen sind, *dieselbe Bewegung unter sich haben*, mag nun dieser Raum ruhen oder sich gleichförmig geradlinig, nicht aber im Kreis fortbewegen.

Obwohl diese Tatsache innerhalb seiner Mechanik lediglich eine marginale Rolle spielte, so fühlte Newton offenbar die von ihm ausgehende Bedrohung. Um diese Bedrohung zu neutralisieren, bediente er sich einer sehr subtilen Argumentation: Er zeigte, dass es im Sonnensystem einen Punkt gibt, der *unbeschleunigt* bleibt – nämlich der Schwerpunkt. Als ein solcher Punkt war er jedoch entweder in Ruhe oder in gleichförmiger Bewegung. In

dem Newton nun diesen Schwerpunkt zugleich zum Mittelpunkt des Universums erklärte, war es ihm möglich, zu behaupten, er sei in absoluter Ruhe. Mit diesem Schachzug, der in seiner *Principia* in Gestalt der *Hypothesis I* Eingang gefunden hat, etablierte Newton einen Fixpunkt in seinem ‚Weltssystem‘ und verschaffte so absoluter Ruhe und absoluter Bewegung überall im Raum Geltung.

Wie der Physiker *Banesh Hoffmann* – ein ehemaliger Assistent Einsteins – betont, weist der Umstand, dass Newton sich vor der Notwendigkeit sah, eigens zu diesem Zweck *Hypothesis I* als Zusatzannahme zu seinen Bewegungsgesetzen hinzuzufügen zu müssen, auf ein Unbehagen hin, dass Newton die GAB bereitet haben muss.⁶⁷

Dieses Unbehagen war in der Tat nicht unbegründet, denn der von ihm in die *Principia* eingeführte Begriffe des absoluten Raumes war bereits zu seiner Zeit Gegenstand massiver Kritik. So war der Philosoph *Gottfried Wilhelm Leibniz*, ein Zeitgenosse Newtons, der Überzeugung, dass der Raum nichts Absolutes sei. Er sah in ihm lediglich ein sprachliches Mittel, um das Nebeneinander von Körpern beschreiben zu können; ein Begriff, der jedoch jegliche Bedeutung verlor, sobald es keinerlei Körper mehr gab.

Es ist sicherlich der Kritik so großer Geister wie Leibniz zuzuschreiben, dass die GAB für mehr als zwei Jahrhunderte innerhalb der neuzeitlichen Physik virulent bleiben sollte, obwohl die Newtonsche Mechanik einen Erfolg nach dem anderen feierte und die Kritiker Lügen strafte. Ende des 19. Jahrhunderts schließlich sollte dann die große Stunde dieser Beobachtung kommen. Sie rückte erneut in den Brennpunkt des wissenschaftlichen Interesse.

Physiker hatten entdeckt, dass das *Licht*, wenn man es als Wellenbewegung in einem durch die Newtonschen Gesetze beherrschten mechanischen Äther interpretierte, die Möglichkeit eröffnete, eine Bewegung gegenüber dem absoluten Raum experimentell nachweisen zu können. Sie fanden heraus, dass eine Lichtquelle, sobald sie sich gegenüber diesem Raum bewegte, eine »Verwehung« der Lichtwellen zur Folge haben musste – ein Effekt, der sich, wie sie annahmen, *anhand einer geringfügigen*

Veränderung der Lichtgeschwindigkeit nachweisen lassen musste, sofern man von dieser Lichtquelle Signale in unterschiedliche Richtungen aussandte.

Die Vermessung des Lichtes bot damit die Möglichkeit, jenes Faktum, was bereits Sir Isaac Newton einiges Unbehagen bereitet hatte, ein für alle Mal als irrelevant auszuräumen; eine Hoffnung, die Ende des 19. Jahrhunderts noch sehr viele Physiker miteinander teilten. Doch es sollte ganz anders kommen. Der zum Nachweis dieses Effektes ersonnene Apparat – der *Interferometer* – lieferte ein völlig unerwartetes Resultat: Eine Bewegung gegenüber dem absoluten Raum war auch mit Hilfe *optischer Mittel* (i.e. Lichtstrahlen) nicht nachweisbar.

ab) Das Michelson-Morley-Experiment (1881)

Das Michelson-Morley-Experiment ist eines der berühmtesten Experimente der modernen Physik. Der Anstoß zu diesem Experiment kam von *James Clerk Maxwell* – dem Begründer der elektromagnetischen Theorie. In einem Brief an den amerikanischen Astronom L.P. Todd äußerte Maxwell die Überzeugung, dass die Erdbewegung die Laufzeit des Lichtes eigentlich beeinflussen müsste. Er zweifelte aber daran, dass man diese Bewegung messen könne, da ihr Einfluss bei einem Lichtsignal, das im Labor zwischen Spiegeln hin- und herläuft, zu gering sei. Seine Skepsis war durchaus angebracht. Folgte man dieser Methode, dann ließ sich die Bahngeschwindigkeit der Erde nur dann bestimmen, wenn man Zeitspannen von einer Millionstel einer Milliardstelsekunde messen konnte. Und das konnte man zu jener Zeit eben noch nicht.

Da Maxwell einige Monate später starb, erhielt dieser Brief unerwartet ein besonderes historisches Gewicht. Er wurde nicht nur in den *Proceedings* der Royal Society publiziert, sondern auch in der englischen Wissenschaftszeitschrift *Nature* – und diese Zeitschrift wurde weltweit gelesen. Einer dieser Leser war „zufällig“ der amerikanische Physiker *Albert Michelson*. Und die-

ser Mann hatte eine besondere Obsession: Die Messung von Lichtsignalen.

Als er von Maxwell Idee hörte, fühlte er sich sogleich herausgefordert. Im Jahre 1880, während eines Studienaufenthaltes in Berlin, entwickelte er ein hochempfindliches Messgerät, mit dem er das Unmögliche möglich zu machen suchte: den *Interferometer*.

Die Idee dahinter: Die Geschwindigkeit des Lichtes wird in zwei verschiedene Richtungen gemessen, einmal in Bewegungsrichtung und einmal senkrecht dazu. Ein Spiegel spaltet dabei eine Lichtstrahl in zwei senkrecht zueinander verlaufende Teilstrahlen gleicher Intensität. Die beiden Teilstrahlen durchlaufen Messstrecken und werden an deren beiden Enden von Spiegeln reflektiert. Die reflektierten Strahlen treffen sich wieder am Teilungsspiegel und überlagern sich. Die überlagerten Lichtstrahlen erzeugen auf einem Schirm ein Interferenzmuster. Würde die Geschwindigkeit des Lichtes in Bewegungsrichtung und senkrecht dazu verschieden sein, so würde man bei einer Drehung der Apparatur eine Verschiebung der Interferenzstreifen beobachten.

Als Michelson den Prototyp seines Apparates einsetzte, machte ihm jedoch seine besondere Empfindlichkeit einen Strich durch die Rechnung. Als er sein Interferometer in einem Labor des Physikalischen Institutes in Berlin in Betrieb nahm, wirkten sich die Erschütterungen durch den Straßenverkehr geradezu verheerend auf die Messanzeigen aus. Michelson zog daher nach Potsdam um und baute das Experiment im deutlich ruhigeren Keller des Astro-physikalischen Observatoriums auf.

Beim Entwurf dieses Apparates nutzte Michelson vor allem zwei ganz spezifische Eigenschaften des Lichtes aus: seine extrem hohe Geschwindigkeit und seine extrem geringe Wellenlänge von nur $1/20000$ Zentimeter. Durch diese beiden Eigenschaften konnte er – entgegen dem Zweifel Maxwells - die geforderte Messgenauigkeit erreichen. Mit Hilfe von zwei Lichtstrahlen erzeugte er in seinem Interferometer ein Muster aus hellen und dunklen Interferenzstreifen und konnte so sehr kleine Distanzen bestimmen.

Doch das Ergebnis war auch für ihn mehr als überraschend: Es gab keinerlei Anzeichen für eine Erdbewegung oder eine Verwehung der Lichtwellen. Dabei war die Apparatur so präzise, dass man Wegunterschiede von einem Hundertstel einer Wellenlänge in jedem Fall hätte registrieren können. Das Licht besaß, wie diese Messungen bewiesen, offenbar *unabhängig von der Geschwindigkeit des Beobachters* in allen Richtungen stets dieselbe Geschwindigkeit.⁶⁸

Was diese Feststellung zu einem unerhörten Rätsel machte, war der Umstand, dass die Geschwindigkeit des Lichtes *auch von der Geschwindigkeit der Lichtquelle unabhängig zu sein schien*. Diese Aussage war nicht nur essenzieller Bestandteil der physikalisch sehr erfolgreichen Maxwellschen Elektrodynamik, es gab für ihre Gültigkeit auch eindeutige experimentelle Beweise. So hätten, um ein Beispiel zu nennen, die von der Erde aus beobachteten Bahnen von Doppelsternen, wenn die Geschwindigkeit des Lichtes *nicht* von der Quelle unabhängig gewesen wäre, bei unterschiedlichen Lichtgeschwindigkeiten verzerrt ausfallen müssen, was aber noch nie beobachtet worden ist.

Die Physiker waren daher mit dem Problem konfrontiert, physikalisch erklären zu müssen, warum die Geschwindigkeit des Lichtes, *gleichgültig mit welcher Geschwindigkeit sich die Lichtquelle oder der Beobachter durch den Raum bewegten*, stets dieselbe war. Sie mussten also für die nachfolgende »Koinzidenz« eine physikalisch überzeugende Erklärung finden:

KdL₁: Bewegung der Lichtquelle $\Rightarrow c = 1$

KdL₂: Bewegung des Beobachters $\Rightarrow c = 1$

Um diese rätselhafte Koinzidenz sprachlich festzuhalten, werde ich künftig, was immer von ihr die Rede ist, von der »*doppelten Konstanz der Lichtgeschwindigkeit*« sprechen. Um den Sinn dieser Sprechweise verstehen zu können, sei schon an dieser Stelle vorausgeschickt, dass in der modernen Physik keineswegs zwischen diesen beiden Formen von Konstanz immer in dieser Ausdrücklichkeit unterschieden wird. Es wird stattdessen in einer eher pauschalisierten Form von dem „Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit“ gesprochen. Diese Sprechweise hat

ihren Ursprung in der Speziellen Relativitätstheorie, denn in dieser Theorie werden, wie noch im Detail erläutert wird, diese beiden Formen auf *ein- und dieselbe* »Ursache« zurückgeführt, und zwar auf das Spezielle Relativitätsprinzip. Sie erscheinen daher auch nur als zwei Seiten ein- und derselben Münze. Was die Physik des Mandalas gegenüber Einsteins Theorie auszeichnet, ist gerade der Umstand, dass sie *von ihrem geometrischen Aufbau her* zwischen diesen beiden Formen der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit zu unterscheiden erlaubt. Um dieses „Mehr“ an Unterscheidbarkeit begrifflich handhaben zu können, sind – entsprechend der o.a. Vereinbarung - beide Formen der »Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (KdL)« auch ausdrücklich gekennzeichnet: $KdL_1 + KdL_2$; oder in Worten: die »erste« und die »zweite« Konstanz der Lichtgeschwindigkeit.

Die Suche nach einer Erklärung für diese doppelte Konstanz der Lichtgeschwindigkeit sollte die Physik des ausgehenden 19. Jahrhunderts in eine ihrer schwersten Krisen hineintreiben. Die meisten Physiker, wie z.B. Hendrik A. Lorentz, versuchten dieses rätselhafte Phänomen im Rahmen einer geeigneten »Äthertheorie« zu erklären. Doch viele dieser Versuche wirkten schwerfällig und sahen bisweilen nach *Ad-hoc*-Erklärungen aus.

Am Ende sollte sich die Erklärung eines bis dahin unbekanntem jungen Physikers namens Albert Einstein als die überzeugendste Antwort auf diese rätselhafte Koinzidenz durchsetzen. Diese Erklärung unterschied sich von der seiner Zeitgenossen in einem ganz zentralen Punkt: Sie verzichtete auf die Annahme des Äthers – also auf jenes Medium, von dem sehr viele Physiker jener Zeit überzeugt waren, dass es der eigentliche und wahre »Grund« des physikalischen Universum sei.

Dass die doppelte Konstanz der Lichtgeschwindigkeit ohne jegliche Bezugnahme auf dieses höchst bedeutsame Medium lösbar sein sollte, kam so unerwartet, dass sie als »Geniestreich« in die Geschichte der Physik eingehen sollte. Um das Unerhörte dieses Geniestreiches nachvollziehen zu können, ist es notwendig, sich zuvor die Probleme zu vergegenwärtigen, vor die sich die Physiker gestellt sahen, als sie diese spezielle Koinzidenz zu erklären hatten.

ac) *Dunkle Wolken über der Physik*

Lord Kelvin ist zweifellos einer der bedeutendsten Physiker des 19. Jahrhunderts. Als er in einer Rede vom 27. April 1900 vor den Mitgliedern der Royal Institution seine Überzeugung von der letztendlichen Gültigkeit der klassischen Physik zum Ausdruck brachte, glaubte er nur noch zwei kleine Wolken an deren Himmel zu sehen. Eine dieser beiden kleinen Wolken war eben jenes *Michelson-Morley-Experiment*. Lord Kelvin war wie viele andere Physiker seiner Zeit davon überzeugt, dass sich diese Wolke in Nichts auflösen würde, sobald erst einmal ein mechanisches Modell des Äthers vorlag, das erklärte, warum eine Bewegung gegenüber dem Äther nicht nachweisbar war.

Doch Lord Kelvin sollte sich gründlich irren. Diese kleine Wolke barg ein mächtiges Gewitter in sich, das sich schon sehr bald in einer Revolution der Grundlagen der Physik entladen sollte – ein Gewitter, das bis heute nachwirkt. Zu dieser unerwarteten Entwicklung hat die Elektrodynamik wesentlich beigetragen.

Als James Clerk Maxwell (1831 – 1879) im Herbst 1864 seine Abhandlung *A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field* bei der *Royal Society* in London einreichte, begründete er die moderne Elektrodynamik. Er hatte mit seinen nur vier Gleichungen eine theoretische Grundlage geschaffen, die eine einheitliche Beschreibung aller elektrischen, magnetischen und optischen Erscheinungen erlaubte. Diese Gleichungen waren von einer solchen Schönheit, dass sich der Physiker Ludwig Boltzmann – in Anlehnung an ein Goethezitat aus dem *Faust* – fragte: *War es ein Gott, der diese Zeilen schrieb?*

Eine der spektakuläreren Entdeckungen der Elektrodynamik war die Erkenntnis, dass es sich bei dem Licht lediglich um eine elektromagnetische Welle mit einer ganz spezifischen Wellenlänge handelte. Die Elektrodynamik trat damit in direkte Konkurrenz zur Newtonschen Mechanik, die dem Licht bis dahin reinen Teilchencharakter zugeschrieben hatte. Obwohl die Elektrodynamik alle bekannten elektromagnetischen Effekte erklären konnte, so hatte sie dennoch einen entscheidenden Nachteil: Sie widersprach dem *Newtonschen Relativitätsprinzip*. Und mit diesem Prinzip war, wie wir noch sehen werden, zumindest

inoffiziell ein zentraler Grundsatz der Newtonschen Mechanik bezeichnet. Da die Newtonsche Mechanik zu jener Zeit immer noch als *die* Fundamentaltheorie der Physik aufgefasst wurde, glaubten viele Physiker, dass die Elektrodynamik noch nicht die richtige Theorie sein könne. In und mit den beiden nachfolgenden Epstein'schen Diagrammen ist dieser Widerspruch geometrisch eingefangen.

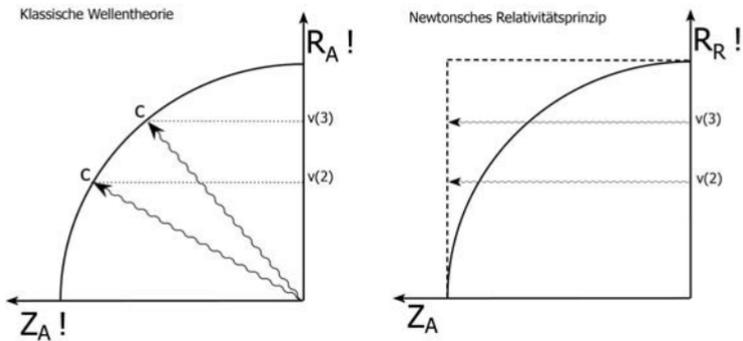


Abb. 16 – Einsteins Widerspruch

Wie diese beiden Diagramme unmittelbar zu erkennen geben, können sie *geometrisch* nicht zur Deckung gebracht werden: *Sie sind miteinander unvereinbar*. Eben diese geometrische Unvereinbarkeit ist von Einstein als ein physikalisch aufzulösender Widerspruch aufgefasst worden. Wir werden später sehen, dass aus Sicht der hier angestrebten Physik die Struktur des Mandala gerade so beschaffen ist, dass sie diese beiden von Einstein als unvereinbar aufgefassten geometrischen Muster in sich vereinigt. Welche grundlegende physikalische Wirklichkeit in und mit diesem ineinander verschränkten »Doppelmuster« zum Ausdruck kommt, auch davon werden wir noch später hören. Was verbirgt sich nun hinter diesen Diagrammen an Physik?

ad) Das Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit

Das linke Diagramm zeigt das Ausbreitungsverhalten des Lichtes, so wie es nach der klassischen Wellentheorie des Lichtes (Elektrodynamik) beschrieben wird. Demnach ist die Geschwindigkeit des Lichtes in allen Richtungen stets gleich, und zwar unabhängig davon, mit welcher Geschwindigkeit sich die Lichtquelle durch den Raum bewegt. Diese Unabhängigkeit der Quellengeschwindigkeit von der Ausbreitungsgeschwindigkeit ist graphisch durch die punktierten Linien angedeutet. Obwohl sich die Lichtquelle mit *unterschiedlichen* Geschwindigkeiten durch den Raum bewegt, so pflanzt sich das Licht, um eine Formulierung Einsteins aufzugreifen, dennoch *im leeren Raume stets mit einer bestimmten, vom Bewegungszustande des emittierenden Körpers unabhängigen Geschwindigkeit V (i.e. c)* fort.

Dass Einstein diese Eigenschaft des Lichtes zur Grundlage seiner neuen Raum-Zeit-Theorie machte, muss auf den ersten Blick verwundern, denn es handelt um eine geradezu klassische Eigenschaft von Wellen. Deshalb scheint es, als habe Einstein mit diesem Prinzip – die Geschwindigkeit des Lichts ist unabhängig von der Geschwindigkeit des emittierenden Körpers – eigentlich nichts Neues gesagt, denn Anfang des 20. Jahrhunderts war fast jeder Physiker der Meinung, dass das Licht eine Welle sei. Es sieht daher unvermeidlich so aus, als habe Einstein mit diesem Prinzip lediglich eine physikalische Selbstverständlichkeit zum Ausdruck gebracht.⁶⁹

Wo also lag das Neue und das Unerhörte dieses Prinzips?

Die Antwort wird deutlich, wenn wir uns vergegenwärtigen, *warum* nach der allgemeinen Wellentheorie die Geschwindigkeit einer Welle unabhängig von der Geschwindigkeit der wellenerzeugenden Quelle ist. Tatsächlich ist der Grund hierfür das wellentragende Medium: Gerade weil die Geschwindigkeit einer Welle vollständig *durch die Eigenschaften des Mediums bestimmt* ist, hat die Bewegung der wellenerzeugenden Quelle keinerlei Einfluss auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit dieser Welle. Diese Eigenschaft gilt in der Tat für alle uns bekannten Wellen. Nehmen Sie Schallwellen.

Wenn ein herannahendes Auto hupt, dann erhöht sich infolge des Dopplereffektes zwar die Frequenz der Schallwellen, nicht aber ihre Geschwindigkeit, denn die Geschwindigkeit, mit der sich die akustischen Wellen in der Luft ausbreiten, hängt nicht von der Geschwindigkeit des Autos ab, sondern allein von den Eigenschaften der Luft, wie z.B. ihrer Temperatur. Mit anderen Worten: *Bei allen Wellen richtet sich die Ausbreitungsgeschwindigkeit ausschließlich nach den Medien, die sie tragen.*

Da Licht ebenfalls als Welle identifiziert war, nahmen die Physiker folgerichtig die Existenz eines lichttragenden Mediums an: Wo Wellen sind, da muss auch etwas sein, das schwingt. Dieses schwingungsfähige Medium bezeichneten sie dann als *Lichtäther* oder kurz: als *Äther*.

Einsteins unerhörte Wendung bestand nun darin, in der Erklärung dieser spezifischen Welleneigenschaft des Lichtes auf genau dieses Medium, den Äther, verzichtet zu haben. Er machte deutlich, dass man diese Eigenschaft des Lichtes – seine Isotropie – auch mit Hilfe eines als fundamental angenommenen *Relativitätsprinzips* erklären konnte. Diese Erklärung war, wie er zeigen konnte, nicht nur einfacher und eleganter, sie entlastete die Physik auch von der Verpflichtung, mit einer rein metaphysischen Größe umgehen zu müssen, denn der Äther hatte sich trotz intensivster Bemühungen *jeglichem experimentellen Zugriff* entzogen. Diese rätselhafte Eigenschaft des Äthers war, maßgeblich begünstigt durch den (vermeintlich) negativen Ausgang des Michelson-Morley-Experimentes, zu einer schweren erkenntnistheoretischen Hypothek der Physik geworden. Indem Einstein den Äther kurzerhand für entbehrlich erklärte, befreite er die Physik des beginnenden 20. Jahrhunderts von dieser enormen Last.

Doch bis zum Jahre 1905 – also dem »Jahr des Wunders« (*annus mirabilis*) – waren die meisten Physiker – auch ohne einen entsprechenden experimentellen Beweis – zutiefst davon überzeugt, dass der Äther existierte. Umso glücklicher waren sie, als sie in Gestalt des Michelson-Morley-Experimentes glaubten, endlich eine Möglichkeit gefunden zu haben, seine Existenz experimentell nachweisen zu können. Was dieses Experiment zu einem *experimentum crucis* machte, war jedoch nicht allein die

Aussicht, den Äther experimentell nachweisen zu können. Mit diesem Experiment war auch die Hoffnung verbunden, die Newtonsche Mechanik, insbesondere den Begriff des absoluten Raumes, experimentell absichern zu können.

Diese Hoffnung ergab sich aus den besonderen Eigenschaften, die der Äther notwendig haben musste, wenn er die Ausbreitung des Lichtes ermöglichen sollte. So musste dieses Medium, wenn uns das Licht auch von den räumlich am weitesten entfernten Sternen erreichen sollte, *allgegenwärtig* sein. Bereits mit dieser Eigenschaft der Allgegenwart war eine klare Verbindung zwischen dem Äther und dem Newtonschen Begriff des absoluten Raumes hergestellt. Doch diese Verbindung ging, wie die weitere Untersuchung des Lichtes zeigte, noch sehr viel tiefer. So legten gewisse Lichterscheinungen, wie z.B. die Aberration, nahe, dass der Äther von den Bewegungen materieller Körper völlig *unbeeinflusst* bleiben musste. Aufgrund dieser weiteren Eigenschaft schien es den Physikern nur vernünftig anzunehmen, dass der Äther in dem von Newton postulierten Raum *absolut ruhte*. Diese Eigenschaft der absoluten Ruhe plus der Eigenschaft der Allgegenwärtigkeit ließ den Äther beinahe zwangsläufig als eine »Substanzialisierung« des absoluten Raumes erscheinen.⁷⁰

Mit Blick auf die hier verwendeten Diagramme bedeutet dies, dass im rechten Diagramm nicht nur die Zeitachse, sondern auch die Raumachse als *absolut* gesetzt ist. Es war *diese* Setzung, die Michelson ursprünglich zur Entwicklung des Interferometers inspiriert hatte. Ging man nämlich von dieser Setzung aus, dann musste, wie man glaubte, eine Bewegung gegenüber dem mit Äther erfüllten absoluten Raum einen merklichen, mit feinsten optischen Geräten nachweisbaren »Ätherwind« zur Folge haben, so wie man bei der Fahrt in einem schnellen Wagen auch bei ruhender Luft einen Fahrtwind spüren würde. Die Geschwindigkeit des Lichtes musste infolge der Verwehung der Lichtwellen durch den Ätherwind in unterschiedlichen Richtungen einen unterschiedlichen Wert aufweisen, wenn von einer irdischen Lichtquelle Signale in unterschiedlichen Richtungen ausgesandt wurden. Die Messung der Lichtlaufzeiten eröffnete einem Beobachter mithin die Möglichkeit, mit Hilfe von Licht-

strahlen *seine* Geschwindigkeit gegenüber dem absoluten Raum bestimmen zu können.

Diese Messung der Lichtlaufzeiten war, wenn man so will, *die* Gelegenheit, die von der Galileiischen Beobachtung ausgehende Bedrohung der Newtonschen Mechanik ein für alle mal neutralisieren zu können. In dem nachfolgenden Diagramm ist diese physikalische *Erwartung* geometrisch herausgestellt. Mit dem außerhalb des »Viertelkreises« liegenden Liniensegmentes $\Delta(2)c$ ist diese von den Physikern erwartete Differenz der Lichtlaufzeit exemplarisch gezeigt. Mit Hilfe dieser speziellen Differenz hofften sie, eine *absolute* Bewegung (i.e. *absolute* Geschwindigkeit; hier: $v(2)$) gegenüber dem absoluten Raum nachweisen zu können.

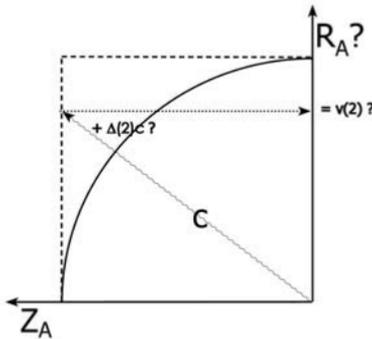


Abb. 17 – Die »Frage« des Michelson-Morley-Experimentes

Die Newtonsche Mechanik war dereinst ebenso erfolgreich wie die Spezielle Relativitätstheorie heute. Daher hatten die Physiker jener Zeit eigentlich keinen Zweifel daran, dass sich Newtons Theorie auch in dem hier geschilderten Fall als richtig erweisen würde. Umso überraschter waren sie, als sie glaubten, das Michelson-Morley-Experiment sei *negativ* ausgegangen. Dieser vermeintlich negative Ausgang des M-M-Experimentes wurde von den meisten Physikern als ein äußerst enttäuschendes, ja geradezu unbegreifliches Resultat empfunden. Michelson selbst sprach sogar von einem *Fehlschlag*.

Da der Äther für die meisten Physiker immer noch „das Substrat schlechthin des physikalischen Denkens“ darstellte, war dieser negative Ausgang dieses Ätherdriftexperimentes eine mehr als unerwartete Antwort der Natur – eine Antwort, die nach einer physikalischen Erklärung geradezu verlangte. Die Suche nach dieser Erklärung sollte die Physiker für die nächsten zwanzig Jahre in Atem halten. Da die Physiker fast einhellig der Überzeugung waren, dass das Michelson-Morley-Experiment negativ ausgefallen sei, glaubten sie auch keine Differenz gemessen zu haben: $\Delta(2)c = 0$. Daher bemühten sie sich, *die theoretisch erwartete, aber empirisch scheinbar nicht bestätigte Geschwindigkeitsdifferenz des Lichtes von $\Delta(2)c$ theoretisch zu „neutralisieren“*. Siehe nachfolgendes Diagramm:

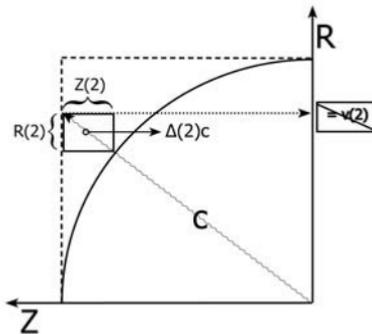


Abb. 18 – Die vermeintlich *negative* Antwort der Natur

Da Geschwindigkeit ganz allgemein als Quotient von Raum durch Zeit definiert ist, beinhaltet dieses Bemühen beinahe unumgänglich die Neutralisierung des entsprechenden *Raum-Zeit-Segmentes*. Wie die o.a. Abbildung zeigt, sahen sich die Physiker, geleitet von dem Glauben an den negativen Ausgang des Michelson-Morley-Experimentes, gezwungen, sowohl das überflüssige Raumsegment $R(2)$ als auch das überflüssige Zeitsegment $Z(2)$ physikalisch irgendwie „loszuwerden.“

Heute wissen wir, dass die physikalische Neutralisierung des die Zeit betreffenden „Liniensegmentes“ $Z(2)$ am Ende die ent-

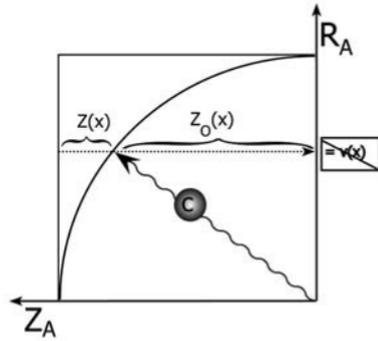
scheidende Rolle spielen sollte. Für die Neutralisierung des den Raum betreffenden Liniensegmentes $R(2)$ ließ sich schon vor der Veröffentlichung der Speziellen Relativitätstheorie eine physikalisch hinlänglich *plausible* Erklärung finden. Man nahm an, dass das Interferometer als Folge seiner Bewegung durch den Äther in Bewegungsrichtung eine *Längenkontraktion* erfuhr, die gerade so groß war, dass die Lichtgeschwindigkeit als konstant erschien. Für die Neutralisierung des Zeitsegmentes hingegen ließ sich eine solche plausible Erklärung nicht finden.

Bevor Einstein eine solche plausible Erklärung lieferte, mussten sich die Physiker mit *Ad-hoc*-Erklärungen zufrieden geben. Von allen zu jener Zeit angebotenen Erklärungen zählte die elektrodynamische Äthertheorie des holländischen Physikers Hendrik Antoon Lorentz zu den vielleicht respektiertesten Deutungen.

ae) Die Lorentzsche Äthertheorie – eine metaphysische Lösung

Ende des 19. Jahrhunderts galt Hendrik Antoon Lorentz (1853 – 1928) als *die* führende Persönlichkeit der theoretischen Physik. Seine Äthertheorie mit dem umständlichen Titel *Elektromagnetische Erscheinungen in einem System, das sich mit beliebiger, die des Lichtes nicht erreichender Geschwindigkeit bewegt* aus dem Jahre 1904 führte in mancher Hinsicht ganz nahe an die spezielle Relativitätstheorie heran. So waren sowohl die nach ihm benannten »Lorentz-Transformationen« als auch die damit assoziierten Phänomene der Längenkontraktion und der Zeitdehnung bereits integraler Bestandteil dieser Theorie; ein Bestandteil, der später das physikalische Herzstück der Speziellen Relativitätstheorie werden sollte. Doch während Einstein mit seiner Theorie diesen Bestandteil in überzeugender Weise *aus fundamentalen Prinzipien* ableitete, wirkte die Lorentz'sche Deutung in sehr hohem Maße willkürlich. Dieser Ad-hoc-Charakter zeigte sich vor allem bei der Neutralisierung des überschüssigen Zeitsegmentes. Um dieses Segment – hier: $Z(x)$ – loszuwerden, führte Lorentz kurzerhand eine Hilfskonstruktion ein, die er 'Ortszeit' (Z_0) konnte. Diese Ortszeit beinhaltete – im Keim –

zwar schon jene *Relativität der Zeit*, doch bei Lorentz hatte diese relative Zeit nicht nur die Bedeutung eines mathematischen Kunstgriffs, sie implizierte auch ein grundlegend anderes Zeitverständnis als das später kommende relativistische. So lief in Lorentz' Theorie die Zeit des Beobachters im bewegten Inertialsystem wirklich langsamer als die des ruhenden, während die Tatsache, dass der bewegte Beobachter die Zeit des ruhenden langsamer laufen sah, eine Täuschung war. Es gab also Lorentz zufolge in Wahrheit nur die eine *absolute Zeit*, so wie sie Sir Isaac Newton vor mehr als zwei Jahrhunderten in die Physik eingeführt hatte. In dem o.a. Diagramm (Abb. 19) ist diese Lorentz'sche Sichtweise geometrisch eingefangen.



Wie dieses Diagramm zeigt, ergibt die Ortszeit $Z_0(x)$ plus das überschüssige Liniensegment $Z(x)$ die absolute Zeit (Z_A):

$$Z_0(x) + Z(x) = (Z_A).$$

Indem Lorentz diese variable, geschwindigkeitsabhängige »Ortszeit« $Z_0(x)$ in seiner Theorie einführte, stellte er sicher, dass eine Geschwindigkeit gegenüber dem Äther nicht nachweisbar war. Der Experimentator hatte somit keinerlei Möglichkeit, zu unterscheiden, ob er sich in Ruhe oder in geradlinig-gleichförmiger Bewegung befand.

Obschon die Lorentz'schen Theorie so beeindruckend war, dass viele Physiker, insbesondere in Deutschland, in ihr bereits den Umsturz des tradierten Aufbaus der Physik auf mechanischem Fundament sahen, so haftete ihr stets der Charakter des Willkürlichen an – ein Eindruck, den auch ihr Urheber selbst teilte. Die Physiker gewannen daher den Eindruck, dass die von Lo-

renz formulierte Theorie keine wirklich befriedigenden Antworten lieferte.

Diese befriedigenden Antworten sollte nach modernem Physikverständnis erst der junge Einstein mit seiner speziellen Relativitätstheorie liefern. Einer der entscheidendsten Schritte in dieser Richtung war die Erkenntnis, dass der Schlüssel zu dieser Antwort *in dem Widerspruch zwischen der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und dem Newtonschen Relativitätsprinzip liegen müsse*.

Da mit dem negativen Ausgang des Michelson-Morley-Experimentes gezeigt wurde, dass auch mit optischen Mitteln eine Geschwindigkeit gegenüber dem Raum nicht nachweisbar ist, erscheint die Auseinandersetzung mit dem zu jener Zeit geltenden Relativitätsprinzip – dem »Newtonschen Relativitätsprinzip« – aus heutiger Sicht mehr als naheliegend.

Doch zu Einsteins Zeit stellte dieses Prinzip nicht mehr als eine der Mechanik inhärente Regel dar. Es existierte nicht einmal ein eigener Name für diese Regel. Dies sollte erst 1904 der Fall sein.⁷¹ Der Name *Galilei-Transformation* sollte sogar noch einmal fünf Jahre auf sich warten lassen, bevor er zu einem wesentlichen *terminus technicus* der Physik wurde.⁷² Der Umstand, dass die auf dem Äther basierende Elektrodynamik dieser Regel nicht genügte, wurde daher zunächst auch gar nicht als ein *prinzipieller* Konflikt wahrgenommen. Einstein wird später sogar erklären, dass die Erfolge der Lorentzschen Äthertheorie so bedeutend waren, dass die Physiker unbedenklich das Relativitätsprinzip fallen gelassen hätten, wenn nicht ein so wichtiges experimentelles Resultat wie der negative Ausgang des Michelson-Morley-Experimentes vorgelegen hätte.⁷³

Diese Erklärung Einsteins zeigt, was für ein gewagter Schritt es war, als er das Newtonsche Relativitätsprinzip in den Brennpunkt seiner Untersuchungen rückte. Es wird daher später als sein Verdienst bezeichnet, das *spezielle Relativitätsprinzip* – entgegen der kollektiven Auffassung – als ein allgemeines, streng und genau geltendes Gesetz ausgesprochen zu haben.⁷⁴

Bevor jedoch Einstein diesen gewagten Schritt tun konnte, hatte auch er eine ganze Reihe erheblicher Schwierigkeiten zu überwinden. Die mit der doppelten Konstanz der Lichtgeschwindig-

keit verknüpften physikalischen Probleme erwiesen sich nicht nur als äußerst komplex und vielschichtig, sondern auch als höchst *verwirrend*. Damit kommen wir zu dem rechten Diagramm des auf Seite 81 gezeigten Diagrammpaares zurück: dem *Newtonschen Relativitätsprinzip*. Was verbirgt sich hinter diesem Prinzip an Physik?

af) Das Newtonsche Relativitätsprinzip – Sein Innenleben

Bei dem Newtonschen Relativitätsprinzip handelt es sich im Grunde genommen um die Verknüpfung des Galileischen Relativitätsprinzips mit den ebenfalls nach Galilei benannten »Galilei-Transformationen«. Diese Transformationen zeigen, welche physikalischen Bedingungen erfüllt sein müssen, wenn Naturgesetze mit dem Relativitätsprinzip verträglich sein sollen. Nachfolgend sind diese Transformationen zu sehen.

$$\begin{aligned} \mathbf{x} &= \mathbf{x}' + \mathbf{v} \times t \\ \mathbf{y} &= \mathbf{y}' \\ \mathbf{z} &= \mathbf{z}' \\ t &= t' \end{aligned}$$

Obwohl die Galilei-Transformationen lediglich eine Präzisierung des Galileischen Relativitätsprinzips darstellen, so begründen eigentlich erst sie seinen Status als *Prinzip*.

In der modernen Physik unterscheidet man bei einem fundamentalen Prinzip der Natur (Symmetrie) grundsätzlich zwischen zwei logisch getrennten Komponenten, und zwar zwischen *Invarianz* und *Transformation*.⁷⁵

Um behaupten zu können, bestimmte physikalische Gesetze seien invariant, muss man die Transformation angeben, *der gegenüber diese Gesetze invariant sind*. Nur dann ist ein solches Prinzip physikalisch sinnvoll definiert. Wenn man beispielsweise behauptet, ein Würfel besäße Rotationssymmetrie, dann wäre das entsprechende Prinzip nur dann sinnvoll formuliert, wenn man hinzufügt – *bei einer Drehung von 90°*, denn nur wenn

man einen Würfel um 90° dreht, liefert er dasselbe »Bild« wie vor der Drehung. Nur in diesem speziellen Fall ist der um 90° gedrehte Würfel nicht von dem Würfel vor der Drehung unterscheidbar.

In vollkommen analoger Weise ist auch das Relativitätsprinzip oder in moderner Sprechweise: die »relativistische Symmetrie« zu verstehen. Sie beinhaltet, wie wir bereits gehört haben, *die Unmöglichkeit, eine absolute Bewegung experimentell feststellen zu können*. Die relativistische Invarianz unterstellt daher, dass wir in unserem Universum *keinen* Unterschied zwischen dem Ruhezustand und geradlinig-gleichförmigen Bewegungszuständen feststellen können. Physikalisch gesehen, besagt die relativistische Invarianz, dass zwei Beobachter, die sich relativ zueinander mit konstanter Geschwindigkeit bewegen, *exakt dieselbe Struktur des physikalischen Universums wahrnehmen*.

Um diese Annahme allerdings physikalisch mit Leben zu füllen, muss man – wie bei jedem Symmetrieprinzip - angeben, bei welchen Transformationen diese Bedingung erfüllt ist. Vor der Formulierung des Speziellen Relativitätsprinzips durch Albert Einstein im Jahre 1905 waren die Physiker noch davon ausgegangen, dass es die »Galilei-Transformationen« sind. Um zu verstehen, welche Bedeutung diesen Transformationen innerhalb des Kontextes des relativistischen Denkens zukommt, stellen wir uns zwei Teams von Physikern vor.

Das erste Team hat die Aufgabe, in einem Labor L' , das sich in einem geradlinig und gleichförmig fahrenden Zug befindet, den klassischen Fallversuch durchzuführen. Dem zweiten Team ist die Aufgabe übertragen, dieses Experiment von einem Labor L aus beurteilen zu müssen, das sich in einem Gebäude neben den Schienen befindet. Obwohl es sich infolge der Erddrehung bei dem mit diesem Laboratorium L verbundenen Bezugssystem – streng genommen – nicht um Inertialsystem handelt, so wird es dennoch, wie von dem Relativitätsprinzip gefordert, als ein solches Inertialsystem behandelt, da die Dauer des Experimentes so kurz ist, dass die durch die Drehung der Erde hervorgerufenen Trägheitskräfte unmerklich klein sind.

Da beide Teams somit von Inertialsystemen aus operieren, haben wir es mit einem typischen Fall zu tun, in dem das Relativi-

tätsprinzip zur Anwendung kommt. Dieses Fallbeispiel zeigt, welche Bedeutung den Galilei-Transformationen hierbei zukommt.

Da sich L' in dem mit der Geschwindigkeit v fahrenden Zug befindet, gelten die Gleichungen $x' = 0$, $y' = -1/2 gt'^2$; $z' = 0$; zumindest dann, wenn folgende Vereinbarungen getroffen wurden: x' -Achse in Fahrtrichtung, y' -Achse senkrecht, z' -Achse waagrecht quer zum Zug. Wie sehen nun diese Gleichungen von L aus? Das zweite Physikerteam findet mit Hilfe der Galilei-Transformationen nachfolgenden Gleichungssatz: $x = 0 + v x t$, $y = -1/2 gt^2$, $z = 0$. Bei diesem Gleichungssatz handelt es sich, wie wir erkennen können, um die physikalische Beschreibung des *waagerechten Wurfes*; eine Vorhersage, die das zweite Physikerteam auch in der Wirklichkeit experimentell bestätigt findet. In diesem kleinen Lehrbuchbeispiel ist Sinn und Bedeutung des Newtonschen Relativitätsprinzips wie auch der mit ihm untrennbar verknüpften Galilei-Transformationen eingefangen: Obwohl die beiden Physikerteams von jeweils verschiedenen Inertialsystemen aus ein- und dieselbe Bewegung unterschiedlich wahrnehmen, so finden beide Teams dennoch in beiden Inertialsystemen dieselben allgemeinen Gesetze der Mechanik. Das erste Team findet das Gesetz des freien Falles bestätigt, das zweite das des waagerechten Wurfes. Doch beide Gesetzen stellen allgemeine Gesetze der Mechanik dar. Eben dies ist die zentrale Aussage des Newtonschen Relativitätsprinzips:

In allen Inertialsystemen gelten dieselben allgemeinen Gesetze der Mechanik.

Diese Aussage impliziert, dass es mit Hilfe mechanischer Experimente *unmöglich* ist, eine Bewegung gegenüber dem absoluten Raum nachweisen zu können. So hätte unser Physikerteam im Zug unmöglich mit Hilfe des Fallversuches herausfinden können, mit welcher Geschwindigkeit sich der Zug bewegte. Die geradlinig-gleichförmige Bewegung des Zuges hat – entsprechend dem Galileiischen Relativitätsprinzip – keinerlei Einfluss auf die Gestalt des Gesetzes des freien Falles.

Es zeigt sich nun, dass das Ausbreitungsverhalten des Lichtes diesem Prinzip nicht folgt. Hätten unsere beiden Physikerteams das Ausbreitungsverhalten des Lichtes zu untersuchen gehabt, hätten sie entdeckt, dass das Licht den Galilei-Transformationen nicht genügt. Sie hätten entdeckt, dass das Licht eklatant das *klassische Gesetz der Addition der Geschwindigkeiten* verletzt – ein Gesetz, dass sich unmittelbar aus den Galilei-Transformationen ableiten lässt.

Nehmen wir an, unser erstes Team im Zug hätte von einer Lichtquelle einen Lichtstrahl in Richtung des Detektors des zweiten Teams ausgesandt, dann hätte das zweite Team auf der Grundlage dieses Additionsgesetzes für den Wert der Lichtgeschwindigkeit ein definitiv höheren Wert ermitteln müssen, da die Geschwindigkeit des Zuges dem Lichtstrahl hätte hinzugefügt werden müssen.⁷⁶ Doch dieses Team hätte, wie wir heute wissen, für die Geschwindigkeit des Lichtes nur den Wert c gefunden. Selbst wenn die beiden Teams dieses Experiment mit unterschiedlichen Zuggeschwindigkeiten durchgeführt hätten, hätten sie für das Licht immer nur *ein- und denselben Wert* gefunden, und zwar c . Das war es, was Michelson und Morley glaubten, bei ihrem Experiment herausgefunden zu haben: Die Geschwindigkeit des Lichtes war, unabhängig von der Bewegung der Erde (i.e. des Beobachters), in allen Richtungen stets c – oder, entsprechend unserer operativen Vereinbarung: $c = 1$. Das Ausbreitungsverhalten des Lichtes schien damit im offenkundigen Widerspruch zu dem klassischen Additionsgesetz der Geschwindigkeiten zu stehen – und damit im Widerspruch zu dem Newtonschen Relativitätsprinzip. In dem nachfolgenden Diagramm (Abb. 20) ist noch einmal gezeigt, wie das Newtonsche Relativitätsprinzip in der geometrischen Sprache Epsteins aussieht. Bei diesem Diagramm handelt es sich keineswegs um eine Eigenschöpfung oder Eigeninterpretation. Es ist – wenn auch in sehr stilisierter Form – unmittelbar dem Buch Epsteins entnommen worden. Im ANHANG kann nachgelesen werden, worin diese Stilisierung besteht.⁷⁷

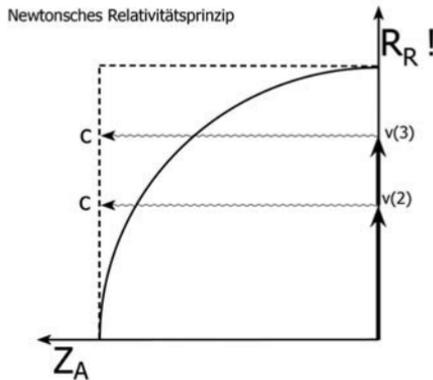


Abb. 20 – Das Newton'sche Relativitätsprinzip

Vor der Durchführung des Michelson-Morley-Experimentes hatten die Physiker gehofft, mit Hilfe der *Laufzeitdifferenzen des Lichtes* – i.e. mit Hilfe der außerhalb des Viertelkreises liegenden Liniensegmente – die *absolute* Geschwindigkeit durch den Raum ermitteln zu können. Als man jedoch glaubte, derlei Laufzeitdifferenzen *nicht* gemessen zu haben, bemühte man sich verständlicherweise diese überschüssigen Liniensegmente durch eine geeignete Theorie eliminieren zu können. Die von Lorentz in seine Theorie eingeführte Ortszeit war, wie das entsprechende Diagramm auf S. 88 zeigt, ein Versuch in dieser Richtung; ein Erklärungsversuch, von dem wir heute wissen, dass er die Physiker aufgrund seines Ad-hoc-Charakters nicht sonderlich befriedigt hat. Einen in diesem Punkt sehr viel durchschlagenderen Erfolg erzielte erst Einstein.

ag) *Das spezielle Relativitätsprinzip – Von einem Geniestreich*

Doch auch Einstein fiel dieser Erfolg nicht einfach zu. Er brauchte, angefangen von seinem ersten Gedankenexperiment – dem Ritt auf einem Lichtstrahl –, insgesamt zehn Jahre, um die spezielle Relativitätstheorie „entdecken“ zu können. Eine wich-

tige Etappe auf seinem Weg dorthin war die Auseinandersetzung mit der *Emissionstheorie*; einer Theorie, von der er in einem Brief an den Physiker Paul Ehrenfest erklärte, dass sie vor der Relativitätstheorie auch die seine gewesen sei.⁷⁸

Manchem aufmerksamen Leser ist vielleicht schon aufgefallen, dass das Newtonsche Relativitätsprinzip, so wie es in dem zuvor gezeigten Diagramm zu sehen ist, zwar mit dem zur Wellentheorie des Lichtes gehörigen Diagramm (KdL_1) unvereinbar ist, dass es aber keineswegs *a priori* dem negativen Ausgang des Michelson-Morley-Experimentes widerspricht, denn unabhängig davon, mit welcher Geschwindigkeit sich ein Beobachter durch den Raum bewegen würde, er würde für die Geschwindigkeit des Lichtes stets den Wert $c = 1$ messen.

Auf diese Erkenntnis waren bereits die Physiker Ende des 19. Jahrhunderts gestoßen – freilich nicht in der geometrischen Gestalt, wie sie in Abbildung 21 zu sehen ist –, denn es gab eine Lichttheorie, mit der man die »zweite Konstanz der Lichtgeschwindigkeit« (KdL_2) physikalisch erklären konnte, ohne auf die klassische Wellentheorie des Lichtes Bezug nehmen zu müssen. Sie ist heute allgemein unter der Bezeichnung *Emissionstheorie* bekannt.

Diese Theorie hatte durchaus ihren besonderen Reiz: Zum einen bedurfte man nicht der Annahme des Äthers. Bestand das Licht aus Teilchen, dann konnten sich derartige Partikel auch ohne ein solches Medium durch den Raum ausbreiten.⁷⁹ Dies war ein gewichtiges Argument, da sich der Äther, wie bereits mehrfach angemerkt, bis dahin jeglichem experimentellen Zugriff entzogen hatte. Zum anderen stand diese Theorie in Einklang mit dem Newtonschen Relativitätsprinzip. Sie lieferte infolgedessen eine Erklärung dafür, *warum* die Geschwindigkeit des Lichtes konstant war: Es ergab sich nämlich nicht nur in einem ruhenden Inertialsystem *eine gleiche Laufzeit des Lichtes* in beiden Armen des Interferometers, dies galt auch für ein bewegtes Inertialsystem, *denn der Geschwindigkeit des Lichtes wurde die Geschwindigkeit des Inertialsystems wie bei einem »Geschoss« hinzuaddiert* – in völliger Übereinstimmung mit den Galilei-Transformationen. Daraus folgte, dass in jedem Inertialsystem, unabhängig davon, mit welcher Geschwindigkeit es sich bewegte, für

die Geschwindigkeit des Lichtes immer derselbe Wert gemessen wurde.

Doch so reizvoll die Emissionstheorie war, sie beruhte physikalisch auf der Annahme, *dass die Geschwindigkeit des Lichtes von der Geschwindigkeit der Lichtquelle abhing*. Eben diese Quellenabhängigkeit des Lichtes impliziert, dass überall und in jeder bestimmten Richtung Lichtwellen verschiedener Fortpflanzungsgeschwindigkeit möglich sein sollten. Doch diese Vorhersage war experimentell nicht mehr durch das Michelson-Morley-Experiment gedeckt. Dies galt lediglich für einen mit der Lichtquelle mitbewegten Beobachter, nicht jedoch für einen Beobachter, *der dies nicht tat*. Ein solcher Beobachter hätte in der Tat Lichtwellen verschiedener Fortpflanzungsgeschwindigkeit messen müssen. Dies war auch der ‚hauptsächliche Grund‘, warum Einstein die Emissionstheorie schon vor der Aufstellung der speziellen Relativitätstheorie aufgegeben hat. Es schien ihm unmöglich, eine irgendwie vernünftige elektromagnetische Theorie aufzustellen, die das leistete.⁸⁰

Geleitet von diesen Überlegungen verwarf Einstein nicht nur die Emissionstheorie als physikalische Erklärungsmöglichkeit für die Konstanz des Lichtes, *sondern auch, wenn wir die Struktur des Mandalas vorbehaltlich als wahr voraussetzen, das mit ihm verknüpfte geometrische Muster; ein Muster, das, wie wir später noch sehen werden, ein natürlicher Bestandteil dieser Struktur ist*.

Da sich die doppelte Konstanz der Lichtgeschwindigkeit nicht im Rahmen der klassischen Teilchentheorie des Lichtes überzeugend erklären ließ, konzentrierte sich Einstein nunmehr auf die zu jener Zeit bekannte Wellentheorie des Lichtes. Doch auch diese Wahl konfrontierte ihn mit einem großen Problem, und zwar mit der Frage: *Warum wies die Geschwindigkeit des Lichtes unabhängig von der Bewegung der Lichtquelle stets denselben Wert auf?*

Wollte er diese Frage beantworten, dann war er unabweisbar mit der Frage nach der Existenz des Äthers konfrontiert, denn allein die Annahme dieses Mediums lieferte eine physikalisch plausible Erklärung dafür. Doch gerade diese Erklärung stellte aufgrund der experimentellen Unzugänglichkeit des Äthers ein enormes erkenntnistheoretisches Problem dar.

Einstein hatte es also mit einer höchst vertrackten Erkenntnislage zu tun: Einerseits war der Äther unverzichtbar, um das Ausbreitungsverhalten des Lichtes physikalisch erklären zu können, andererseits schien es keinerlei Möglichkeit zu geben, seine Existenz empirisch begründen zu können – und eine solche Begründung schien aus methodologischer Sicht geboten, denn Physik war von ihrem Selbstverständnis her *Experimentalwissenschaft*. Es ist vor allem dieser äußerst vertrackten Erkenntnislage zuzuschreiben, warum sich die Frage nach der doppelten Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mehr und mehr zu einem gordischen Knoten der Physik entwickelte. Einstein sollte diesen Knoten schließlich mit einem unerwarteten Geniestreich durchtrennen: Er erklärte seinen verblüfften Kollegen, dass der Äther zur Erklärung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit gar nicht notwendig ist. Er zeigte, dass das Relativitätsprinzip, *wenn man es als ein fundamentales Naturprinzip postulierte*, die Möglichkeit eröffnete, die doppelte Konstanz der Lichtgeschwindigkeit erklären zu können, ohne auf diesen Äther Bezug nehmen zu müssen: Wenn es mit Blick auf die Messung der Lichtgeschwindigkeit *ausschließlich auf die relative Bewegung von Lichtquelle und Beobachter zueinander ankam*, wenn es also *prinzipiell* gar keinen Unterschied machte, ob sich die Lichtquelle auf den Beobachter oder der Beobachter auf die Lichtquelle zubewegte, dann war es, so Einsteins geniale Einsicht, auch nicht mehr notwendig, die Unabhängigkeit der Geschwindigkeit des Lichtes von der Geschwindigkeit der Lichtquelle unter Bezugnahme auf einen Äther erklären zu müssen: Handelte es sich, wie er vermutete, beim Relativitätsprinzip um ein *fundamentales* Naturprinzip, dann war die Lichtgeschwindigkeit per se nicht nur von der Bewegung des Beobachters, sondern auch von der Bewegung der Lichtquelle unabhängig. Das war die Geburt dessen, was wir heute als das »spezielle Relativitätsprinzip« bezeichnen. Es beinhaltet in dieser radikalisierten Form die Behauptung, dass es *prinzipiell* unmöglich ist, eine Bewegung gegenüber dem Raum experimentell nachweisen zu können. Es ist weder mit einem mechanischen noch mit einem optischen Experiment möglich, eine solche Bewegung nachzuweisen.

Um dieses Prinzip und seine Bedeutung, die es heute innerhalb der modernen Physik innehat, zu verstehen, ist es notwendig, um seine *erkenntnistheoretischen Hintergründe* zu wissen. Tatsächlich ist der Aufstellung dieses Prinzips durch Einstein eine intensive Auseinandersetzung mit dem Äther vorausgegangen. Anfänglich hatte auch er – ebenso wie meisten Physiker seiner Zeit – an die Existenz des Äthers geglaubt, was der erste wissenschaftliche Essay, den er verfasst hat, bezeugt. Sein Titel: „Über die Untersuchung des Ätherzustandes im magnetischen Feld“, geschrieben im Jahre 1894 oder 1895.⁸¹

Erst als jeder seiner dem Konzept des Äther folgenden Erklärungsversuche scheiterte, zweifelte er daran, dass man auf diese Weise zum Erfolg kommen konnte. Vom Vorbild der Thermodynamik geleitet, die mit *Prinzipien* und nicht mit Tatsachen beginnt, kam er schließlich zu der Überzeugung, dass nur die Auffindung eines *allgemeinen Prinzips* der Schlüssel zur Lösung dieses rätselhaften Koinzidenz sein könne. Dass Einstein gerade die Thermodynamik zum Vorbild nehmen sollte, hatte weitreichende Folgen für die weitere Entwicklung der Physik. In seinem autobiographischen Nekrolog schreibt er:

„Je länger und verzweifelter ich mich bemühte, desto mehr kam ich zu der Überzeugung, dass nur die Auffindung eines allgemeinen formalen Prinzips uns zu gesicherten Erkenntnissen führen könnte. Als Vorbild sah ich die Thermodynamik vor mir. Das allgemeine Prinzip war dort in dem Satze gegeben: die Naturgesetze sind so beschaffen, dass es unmöglich ist, ein *perpetuum mobile* (erster und zweiter Art) zu konstruieren.“⁸²

Diesem Vorbild der Thermodynamik folgend, glaubte Einstein in der *Unmöglichkeit*, eine Bewegung gegenüber dem (absoluten) Raum nachweisen zu können, ein solches allgemeines formales Prinzip gefunden zu haben. Dass er gerade *dieses* Vorbild wählte, sollte für die weitere Entwicklung der Physik eine geradezu schicksalhafte Dimension annehmen, denn aufgrund dieser Wahl war das spezielle Relativitätsprinzip in unmittelbarer Nähe zum Energiesatz gerückt. Es erscheint aufgrund dieser Verbindung daher als ebenso fundamental wie dieser. Es war diese Verbindung, die auch Einstein selbst dazu brachte sich fortan eingesrichtet mit der Frage auseinander zu setzen: „War es mög-

lich, eine Theorie zu entwickeln, die einem *umfassenderen* Relativitätsprinzip als dem Galileiischen genügen würde?⁸³

Eben diese Frage konfrontierte Einstein schließlich mit jenem Widerspruch, den er 1905 in seiner berühmten Arbeit *Zur Elektrodynamik bewegter Körper* mit den Worten beschrieb:

„Wir wollen diese Vermutung (deren Inhalt im folgenden „Prinzip der Relativität“ genannt werden wird) zur Voraussetzung erheben und außerdem die mit ihm nur scheinbar unverträgliche Voraussetzung einführen, dass sich das Licht im leeren Raume stets mit einer bestimmten, vom Bewegungszustande des emittierenden Körpers unabhängigen Geschwindigkeit V fortpflanzt.“

Auch wenn sich dieser Widerspruch nach heutigem Physikverständnis als *der* Schlüssel zur Lösung der doppelten Konstanz der Lichtgeschwindigkeit erweisen sollte, um ihn als solches erkennen zu können, hatte Einstein nochmals eine weitere mühevollen Etappe auf seinem Weg dorthin zurücklegen müssen. Er brauchte, wie er die Welt in seiner Kyoto-Vorlesung aus dem Jahre 1922 wissen ließ, mehr als ein Jahr intensivsten Ringens, um zu einer Lösung eben dieses Widerspruches zu gelangen. Der entscheidende Schritt hierzu war schließlich die Erkenntnis, dass die Zeit nicht absolut definiert sein durfte. Nur wenn man die Zeit für relativ hielt, dann war es, so Einsteins Erkenntnis, möglich, diesen Widerspruch aufzulösen.

Wie wir bereits gehört haben, handelt es sich bei dem Newtonschen Relativitätsprinzip um die Verknüpfung des Galileiischen Relativitätsprinzips mit den Galilei-Transformationen. Diese Transformationen sind gerade dadurch charakterisiert, dass in ihnen die Zeit eine absolute, vom Bezugssystem unabhängige Größe darstellt: $t = t'$.

Einstein sah nun, dass der Widerspruch zwischen der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und dem Newtonschen Relativitätsprinzip gar nicht in dem Galileiischen Relativitätsprinzip selbst begründet war, sondern lediglich in der mit ihm verknüpften Transformationsgruppe – als jener Gruppe, die gleichfalls Galileis Namen trug, und zwar in den *Galilei-Transformationen*.

Ersetzte man diese traditionelle Transformationsgruppe durch die Lorentz-Transformationen, dann war es, wie Einstein erkannte, möglich, „zu einer einfachen und widerspruchsfreien

Elektrodynamik bewegter Körper zu gelangen“. Um aber diese Substitution vornehmen zu können, war es unabweisbar notwendig, den Begriff der absoluten Zeit fallen zu lassen – ein Schritt, den bis dahin kein anderer Physiker ernsthaft in Betracht gezogen hatte. In den beiden nachfolgenden Diagrammen sehen wir das Ergebnis dieser ebenso einfachen wie widerspruchsfreien Lösung. Die linke Seite zeigt noch einmal die »Konstanz der Lichtgeschwindigkeit« (KdL_1). Auf der rechten Seite sehen wir das *Spezielle Relativitätsprinzip* (KdL_2).

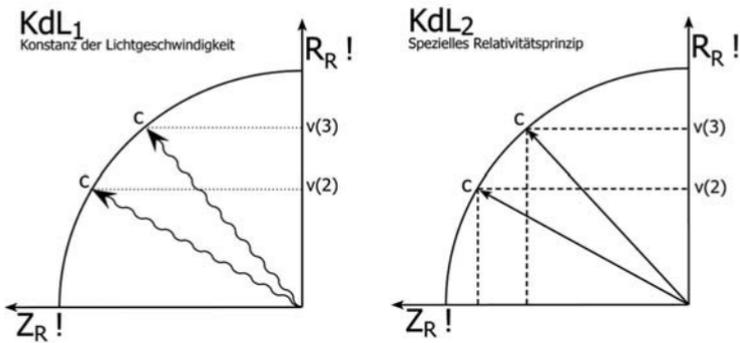


Abb. 21 – Einsteins Lösung - Das *spezielle Relativitätsprinzip*

Einsteins Lösung bestand – im Kern - darin, dass er den von den Physikern erwarteten *Laufzeitunterschied* in der Lichtgeschwindigkeit als einen »Zeitdauerunterschied« deutete. Diese scheinbar geringfügige Verschiebung in der Interpretation des temporalen Liniensegmentes (allgemein: $Z(\mathbf{x})$) erwies sich als *der entscheidende Schritt* zur Formulierung der Speziellen Relativitätstheorie. Was von H.A. Lorentz noch als Hilfsgröße in die Physik eingeführt worden war, wurde bei Einstein zur *Zeit schlechthin*.

In dem nachfolgenden Diagramm ist dieser Schritt, der die Physik nachhaltig verändern sollte, noch einmal anschaulich dargestellt.

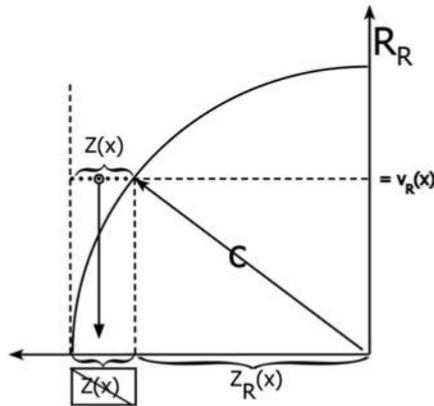


Abb. 22 – Einsteins „Schritt“ – Von der absoluten zur relativen Zeit

Durch diese physikalische Relativierung der Zeitachse gelingt es Einstein, die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und das spezielle Relativitätsprinzip *geometrisch* so zur Deckung zu bringen, *dass es als ein prinzipiell notwendiger Schritt erscheint*. Wenn wir uns seine Lösung genauer anschauen, dann sehen wir, wie er sein Ziel erreicht hat: Indem er Raum und Zeit gleichermaßen als *relativ* auffasst, ist es ihm möglich, das Gesetz der Lichtausbreitung auf der Grundlage des speziellen Relativitätsprinzips erklären zu können, ohne ein raum-zeitlich ausgezeichnetes Bezugssystem wie den Äther in Anspruch nehmen müssen. Da Raum *und* Zeit nunmehr relativ sind, sind nicht nur alle Inertialsysteme zur Erfassung des Universums gleichermaßen gut, auch alle (konstanten) Geschwindigkeiten erweisen sich als *relativ*. Auf diese Weise vermag er die doppelte Konstanz der Lichtgeschwindigkeit so zu erklären, dass es bei der Messung des Lichtes *prinzipiell* keinerlei Unterschied macht, ob sich die Lichtquelle auf den Beobachter und der Beobachter auf die Lichtquelle zubewegt. Es kommt nur noch *auf die relative Geschwindigkeit zwischen beiden* an. Die Lichtgeschwindigkeit er-

weist sich somit als eine von der Bewegung des Beobachters und der Bewegung der Lichtquelle unabhängige »absolute Größe«. Anhand des in Abb. 21 gezeigten Diagrammpaares können wir auch erkennen, welche Erklärung das Michelson-Morley-Experiment im Rahmen der Speziellen Relativitätstheorie findet. Wir können sehen, wie die »Dehnung der Zeit« (Zeitdilatation) in Verbindung mit der »Kontraktion des Raumes« (Längenkontraktion) sicherstellt, dass jeder Beobachter, *unabhängig von seiner relativen Geschwindigkeit*, für die Geschwindigkeit des Lichts stets denselben Wert misst, und zwar: $c = 1$.

Doch genau diese relativistisch gedeuteten Effekte der Längenkontraktion und Zeitdilatation widersprechen so sehr unserem gesunden Menschenverstand, dass die Spezielle Relativitätstheorie bei den meisten Menschen, die mit ihr umgehen, auch heute noch das Gefühl von Eigenartigkeit auslöst; ein Gefühl, das übrigens auch Einstein selbst teilte. Als er in seiner Originalarbeit *Zur Elektrodynamik bewegter Körper* das Verhalten bewegter Uhren im Rahmen des speziellen Relativitätsprinzips untersuchte, bezeichnete er die hierbei erzielten Resultate ganz erklärtermaßen als „eigentümlich“.⁸⁴

In der Speziellen Relativitätstheorie werden diese eigentümlichen Effekte mit dem Hinweis auf das eigentümliche Verhalten des Lichtes gerechtfertigt. Sie haben ihre Ursache darin, dass es Einstein zufolge beim Licht *keinerlei* Unterschied machen soll, ob sich der Beobachter auf die Lichtquelle zubewegt oder die Lichtquelle auf ihn. Doch gerade diese Behauptung Einsteins widerspricht allem, was wir über das Verhalten von Wellen wissen. Wenn wir beispielsweise Schallwellen betrachten, dann macht es sehr wohl einen Unterschied, ob sich die Schallquelle auf uns zubewegt oder wir uns auf die Schallquelle zubewegen.

Das klassische Wellenverhalten – Ein Exkurs

Da die Schallgeschwindigkeit sehr niedrig ist, sind Schallwellen die uns vertrauteste Wellenerscheinung. Eine der uns geläufigs-

ten Eigenschaften von Schallwellen ist die sogenannte »Dopplerverschiebung«: Wenn ein Polizeiauto, dessen Sirene in Betrieb ist, mit hoher Geschwindigkeit an uns vorbeifährt, dann haben wir den Eindruck, dass die Sirene plötzlich tiefer wird, und zwar dann, wenn das Fahrzeug am nächsten ist. Es ist ganz klar, dass dieser Effekt von der Bewegung des Fahrzeugs abhängig ist; denn wenn sich beide, die Schallquelle und der Empfänger, bezüglich der Luft im Zustand der Ruhe befinden, dann nimmt der Hörer den gleichen Ton wahr, der ausgesandt wurde.

Um zu verstehen, wie es dazu kommt, betrachten wir eine Schallquelle, die sich mit halber Schallgeschwindigkeit bewegt. Nehmen wir an, dass sich die Schallquelle auf uns zu bewegt, wobei wir uns selbst, der Empfänger des Schalls, bezüglich der Luft nicht bewegen. Untersuchen wir nun diese Schallquelle an zwei aufeinanderfolgenden Augenblicken, zwischen denen genau eine Sekunde liegt. Im zweiten Augenblick ist sie uns um 165 Meter näher als im ersten. Der Schall, den sie zu diesem zweiten Zeitpunkt aussendet, muss also 165 Meter weniger zurücklegen als der, der im ersten Augenblick ausgesandt wurde. Der Schall braucht genau eine halbe Sekunde, um diese 165 Meter zurückzulegen. Folglich braucht der zweite Ton eine halbe Sekunde weniger als der, der im ersten Augenblick ausgesandt wurde. Deshalb kommt der zweite Ton nur eine halbe Sekunde später an als der erste – beide Töne wurden, wie vorausgesetzt, im Abstand von einer Sekunde ausgesandt.

Wir können uns jetzt auch überlegen, wenn die beiden Töne nicht im Abstand von einer Sekunde, sondern schneller hintereinander ausgesandt werden. Wir können z.B. die Druckmaxima einer Schallwelle betrachten, die mit einer Frequenz von 1000 Hertz von einer Schallquelle ausgesandt wird. In diesem Fall hat die Schallwelle 1000mal pro Sekunde einen Wellenberg; zwischen diesen liegt also jeweils eine Millisekunde. In dieser Millisekunde hat nun die Schallquelle 0,165 Meter gleich 16,5 Zentimeter zurückgelegt. Der Ton, der diese Millisekunde später ausgesandt wird, braucht also eine halbe Millisekunde weniger, um zu uns zu kommen. Wenn die Druckmaxima uns erreichen, scheinen sie also nur eine halbe Millisekunde voneinander

entfernt zu sein, was einer Frequenz von 2000 Hertz entspricht. Das aber heißt, dass wir den Ton eine Oktave höher hören, als er ausgesandt wurde.

Es ist leicht einzusehen, dass die aufeinanderfolgenden Töne, wenn die Schallquelle sich von uns entfernt, jeweils einen größeren Weg zurücklegen müssen; der zeitliche Abstand zwischen dem Empfang der aufeinanderfolgenden Wellenberge ist also größer als der zwischen den Zeitpunkten, zu denen sie ausgesandt wurden. Dementsprechend hören wir nun einen tieferen Ton. Dies erklärt den allgemein bekannten Effekt mit der Polizeisirene; man bezeichnet ihn als den »Dopplereffekt«.

Nicht so bekannt – aber zum Verständnis des regulären Verhalten von Wellen unverzichtbar –, ist die Tatsache, dass der Dopplereffekt nicht der gleiche ist, wenn nicht die Schallquelle sich bezüglich der Luft bewegt, während der Hörer sich bezüglich der Luft im Ruhezustand befindet – wie in dem Fall, von dem wir gerade besprochen haben –, sondern wenn der Empfänger sich durch die Luft bewegt, die Schallquelle sich aber bezüglich der Luft im Zustand der Ruhe befindet. Nehmen wir einmal ein, dass wir uns auf einem Fahrzeug befinden, das sich mit halber Schallgeschwindigkeit einer Schallquelle nähert. Nehmen wir weiterhin an, dass wir nun die Töne betrachten wollen, die die Schallquelle im Abstand von einer Sekunde aussendet. In einem bestimmten Augenblick hören wir den Ton, der zum ersten Zeitpunkt ausgesandt wurde. Sehen wir nun, was $\frac{2}{3}$ Sekunden später geschieht. Da wir uns mit halber Schallgeschwindigkeit bewegen – 165 Meter pro Sekunde –, befinden wir uns jetzt etwa 110 Meter näher bei der Schallquelle. Der von der Schallquelle ausgesandte Ton braucht deshalb $\frac{1}{3}$ Sekunde weniger, um zu uns zu kommen, als der erste. Der, der eine Sekunde nach dem ersten ausgesandt wurde, erreicht uns also jetzt $\frac{2}{3}$ Sekunden nach dem Empfang des ersten. Denn obwohl er eine ganze Sekunde später ausgesandt wurde, verringert doch die Abnahme unserer Entfernung den Weg, den er zurücklegen muss, um genau $\frac{1}{3}$ Sekunde. Wenn wir uns also auf die Schallquelle zu bewegen, dann hören wir die Töne, die im Abstand von einer Sekunde ausgesandt werden, im Abstand von $\frac{2}{3}$ Sekunden. Die Frequenz des Tons nimmt also nur um 50

Prozent zu, und nicht um 100 Prozent, wie in dem Fall, wenn die Schallquelle sich bewegt. Wir hören den Ton nun nicht um eine Oktave, sondern um eine Quint höher. Es genügt also nicht, nur die Geschwindigkeit der Schallquelle relativ zum Empfänger zu berücksichtigen. Man muss sowohl die Geschwindigkeit der Schallquelle bezüglich der Luft als auch die Geschwindigkeit des Empfängers bezüglich der Luft in Betracht ziehen. *Bei sehr kleinen Geschwindigkeiten spielt es keine Rolle, wer von beiden sich bewegt.* Wenn es sich aber, wie in unserem Beispiel, um Geschwindigkeiten handelt, die der halben Schallgeschwindigkeit entsprechen, dann macht dies schon einen beträchtlichen Unterschied.⁸⁵

Wie dieser Ausflug in die Welt der Schallwellen zeigt, ist es ein klassisches Kennzeichen von Wellen, dass sie zwischen beiden Fällen unterscheiden. Mit anderen Worten: Hätte man das Ausbreitungsverhalten von Schallwellen geometrisch darzustellen, dann hätten auch die beiden Diagramme (Bewegung der Lichtquelle versus Bewegung des Beobachters) *unterschiedlich* ausfallen müssen. Dass es Einstein zufolge bezüglich des Lichtes keinen solchen Unterschied geben soll, zieht gerade all jene eigenartigen physikalischen Konsequenzen nach sich, die seine Theorie ausmachen. Diese Konsequenzen werden auch von theoretischen Physikern als so eigenartig erlebt, dass selbst sie immer noch ein gewisses Unbehagen an dieser Theorie empfinden. Umso mehr verwundert es, dass diese Theorie bis heute unbeschadet überlebt hat. Was ist der Grund dafür?

Das Michelson-Morley-Experiment – Einsteins Joker

Wie das Zitat von dem Physiker *Arthur Zajonc* gezeigt hat, haben selbst professionelle Physiker das Gefühl, dass Einsteins Theorie eigenartig ist. Und dies ist keineswegs das Gefühl einiger weniger Physiker. Mit ihm kommt fast so etwas wie ein kollektives Stimmungsbild zum Ausdruck. So bezeichnet, um ein weiteres konkretes Beispiel zu nennen, der Physiker Lewis C.

Epstein, der die hier benutzte geometrische Sprache entwickelt hat, Einsteins Theorie sogar als einen »verrückten Plan«. ⁸⁶

„Einstein sagte sich, «ich weiß nicht, was Licht ist, und das soll mich auch nicht kümmern. Das Licht ist nicht das Problem, sondern die Geschwindigkeit.» Aber was ist Geschwindigkeit? Kilometer pro Stunde, Meter pro Sekunde - der Quotient aus einem Raummaß und einem Zeitmaß. Wenn also an der Geschwindigkeit etwas nicht stimmt, dann muß irgend etwas an den Grundvorstellungen von Raum und Zeit geändert werden.“ ⁸⁷

An dieser Stelle spricht Epstein eine Warnung an all jene aus, die in Einsteins Fußstapfen treten wollen: Er macht deutlich, dass die von Einstein verfolgte Lösungsstrategie im allgemeinen überhaupt nicht sinnvoll ist. Er beschreibt dies in recht drastischen Worten:

„Wenn bei einer Sache ein Problem auftritt, was ist dann meistens die Ursache? Das, was am ehesten schief gehen kann. Wenn der Staubsauger nicht läuft, woran liegt es dann in der Regel? Er kriegt keinen Strom. Kaum ein normaler Mensch wird auf die Idee kommen, die Kupferwicklung des Motors hätte sich aufgedrösel. Wenn irgendwo im Haus eine Tür nicht richtig schließt, kann man zweierlei machen. Man kann die Tür abhebeln oder Ringe in den Angeln unterlegen, man kann aber auch das ganze Haus mit Hilfe von Hydraulikpressen, die auf den Fundamenten aufsitzen, so lange anheben oder leicht kippen, bis die Tür wieder schließt. Wenn ein solches Vorhaben überhaupt gelingt, werden anschließend selbstverständlich alle Fenster und die übrigen Türen des Hauses klemmen. Somit erweist sich dieser Versuch als ziemlich aussichtslos.“ ⁸⁸

Von dieser sehr alltäglichen Problemsituationen ausgehend, schlägt Epstein schließlich eine Brücke zur Speziellen Relativitätstheorie. Er schreibt: „Raum und Zeit sind die Fundamente der Physik. Sie liegen jedem Aspekt der Physik zugrunde: der Mechanik, Thermodynamik, Elektrizität und dem Magnetismus ebenso wie der Optik. Aber nur in der Optik und nur in einem ihrer Teilbereiche - der Lichtgeschwindigkeit - gab es das Problem. Nehmen wir an, Raum und Zeit ließen sich ebenfalls anhebeln, um das Problem der Lichtgeschwindigkeit zu lösen. Wie

könnte dann die neue Auffassung von Raum und Zeit mit all den übrigen Aspekten der Physik in Übereinstimmung gebracht werden, die bislang reibungslos funktionierten. Das Herumfummeln an Raum und Zeit bedeutete das Öffnen einer Büchse der Pandora, angefüllt mit einer Vielzahl unvorhergesehener Folgen.“⁸⁹

Epstein beendet seine Kritik – mit fast prophetischen Worten: „Obgleich alle Anzeichen auf einen Mißerfolg hindeuteten, stand Einstein mit seinem Vorstoß am Ende als Sieger da. Dennoch darf dabei nicht vergessen werden, daß der Preis für einen erfolgreichen Angriff dieser Art zehntausend Niederlagen sind.“⁹⁰

Doch bis heute ist all diese Kritik verpufft. Dass diese Theorie bis heute unangefochten Bestand haben sollte, hängt maßgeblich mit dem Michelson-Morley-Experiment wie auch seinen moderneren Varianten zusammen.⁹¹ Dieses Experiment scheint dieser eigenartigen Theorie geradezu den Status der Gewissheit zu geben.

Wenn es darum geht, die Eigenartigkeit der Speziellen Relativitätstheorie *physikalisch* vor Kritikern in Schutz zu nehmen, dann berufen sich die meisten Physiker auf eben dieses spezielle Experiment. Ihr Argument an die Adresse der Kritiker: Einsteins Theorie mag Ihnen eigenartig erscheinen, aber dieses Experiment zeigt nun einmal, ob Ihnen das gefällt oder nicht, dass sich das Licht *tatsächlich* – im Gegensatz zu anderen Wellenerscheinungen - so eigenartig verhält.

Die Erklärung, die der amerikanische Physiker Richard Feynman in seinem Buch *Vom Wesen physikalischer Gesetze*, unterstreicht diese Art des kollektiven Umgangs mit Kritik an der Speziellen Relativitätstheorie: „Die Natur konfrontiert uns immer wieder mit Tatsachen, die nicht ganz einfach zu begreifen sind; und das Resultat dieses Experiments geht dem gesunden Menschenverstand so sehr gegen den Strich, daß es noch heute Leute gibt, die es einfach nicht glauben wollen! Nichtsdestotrotz erbrachten sämtliche Experimente stets dasselbe Ergebnis: Das Licht breitet sich, gleichgültig wie schnell sich der Beobachter selbst bewegt, mit einer Geschwindigkeit von 299.792, 5 Kilometern pro Sekunde aus.“⁹²

Das Michelson-Morley-Experiment wird daher in der modernen Physik zu Recht als der »harte Kern« der Speziellen Relativitätstheorie bezeichnet.⁹³

Eine diesem harten Kern folgende Darstellung dieser Theorie lautet dann beispielsweise so: »Die Wellentheorie des Lichts führt zum Postulat der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, der Michelson-Morley-Versuch zum Relativitätsprinzip auch für das Licht (und damit für alle bekannten Naturphänomene); beide zusammen zur Lorentz-Invarianz der Naturgesetze.«⁹⁴

Diese moderne Kurzdarstellung der Speziellen Relativitätstheorie zeigt, dass es ganz offenkundig das Michelson-Morley-Experiment ist, welches nach Auffassung heutiger Physiker die »Ausweitung« des Galileiischen Relativitätsprinzips auf die Wirklichkeit *als Ganzes* empirisch rechtfertigt. In dieser Eigenschaft liefert es die entscheidende experimentelle Rechtfertigung dafür, dass diese Theorie, so eigenartig sie uns erscheinen mag, dennoch wahr ist. Dieses Experiment ist mittlerweile mit einer so ungeheuren Präzision durchgeführt worden, dass es keinen Zweifel daran gibt, dass die Lichtgeschwindigkeit stets denselben Wert aufweist, und zwar unabhängig von der Bewegung der Lichtquelle *und* der Bewegung des Beobachters. Die doppelte Konstanz der Lichtgeschwindigkeit darf in experimenteller Hinsicht daher als einigermäßen ‚gesichert‘ gelten.

Da die Spezielle Relativitätstheorie in Gestalt ihrer beiden Prinzipien gerade so beschaffen ist, dass sie dieser doppelten Konstanz genügt, liefert sie in der Tat eine physikalisch überzeugende Erklärung des Michelson-Morley-Experiments. Geometrisch zeigt sich dies in der Tatsache, dass beide Diagramme deckungsgleich sind.

Obwohl Einstein diesen Fundamentalversuch in seiner ursprünglichen Arbeit eher beiläufig erwähnt hat, so wird er später jedoch sehr klar erkennen, dass das Michelson-Morley-Experiment eine zentrale Stütze darstellt, um die Ausweitung des Galileiischen Relativitätsprinzips auf die Wirklichkeit *als Ganzes* physikalisch *rechtfertigen* zu können.

In seiner 1921 in London gehaltenen Rede über die Relativitätstheorie erklärte er: „Das Aufgeben gewisser bisher als fundamental behandelte Begriffe über Raum, Zeit und Bewegung

darf nicht als freiwillig aufgefaßt werden, sondern nur bedingt durch beobachtete Tatsachen. Das durch die Entwicklung der Elektrodynamik und Optik erhärtete Gesetz der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit im leeren Raum *in Verbindung mit der durch Michelsons berühmten Versuch besonders scharf dargetanen Gleichberechtigung aller Inertialsysteme (spezielles Relativitätsprinzip)* [Hervorhebung durch den Autor] führten zunächst dazu, daß der Zeitbegriff relativiert werden mußte, indem jedem Inertialsystem seine besondere Zeit gegeben werden musste.⁹⁵

Diese Erklärung zeigt, dass Einstein später selbst erkannt hat, wie enorm wichtig das Michelson-Morley-Experiment zur *Rechtfertigung seiner Theorie* ist. Allein dieses Experiment vermochte den Zweifel an ihr zu zerstreuen. Die Existenz eines solchen *empirisch überzeugenden »Beweismittels«* war außerordentlich wichtig – nicht erst heute, sondern schon zu seiner Zeit, da viele Physiker seiner Generation nicht bereit waren, seiner eigenartigen Theorie zu folgen. Michelson soll Einstein gegenüber sogar bemerkt haben, dass es ihm doch ein wenig leid getan habe, dieses Ungeheuer (i.e. die spezielle Relativitätstheorie) auf die Beine gebracht zu haben.⁹⁶

Selbst Physiker wie Hendrik A. Lorentz, der Einstein bewunderte und zu ihm eine freundschaftliche, ja innige Beziehung unterhielt, stand, wie der Physiker Max Born in seinem Buch «Physik im Wandel meiner Zeit» berichtet, dem Speziellen Relativitätsprinzip bis zu seinem Lebensende (1928) kritisch gegenüber. Er blieb zeit seines Lebens – entgegen der Position der Speziellen Relativitätstheorie - von der Existenz eines Äthers überzeugt.⁹⁷

Rückblickend zeigt sich, dass das Michelson-Morley-Experiment ganz entscheidend zur innerphysikalischen Konsolidierung und Akzeptanz der Speziellen Relativitätstheorie beigetragen hat. Doch so sehr dieses Experiment zur Etablierung dieser eigentümlichen Theorie beigetragen hat, der damit physikalisch verbundene Schritt erweist sich als *ungeheuer gewagt*: Wenn wir ganz unbefangen auf das Michelson-Morley-Experiment blicken, dann sehen wir, dass es nur auf ein ganz spezifisches Problem der Optik Bezug nimmt – und zwar auf das Problem der

Lichtgeschwindigkeit. Es bezieht sich damit, wenn wir dies in die geometrische Sprache Epsteins übersetzen, nur auf einen einzigen Geschwindigkeitswert, und zwar auf den Wert c . Wenn wir nun das Galileiische Relativitätsprinzip als ein fundamentales Prinzip der Natur auffassen, dann dehnen wir eine Beobachtung, die wir im Bereich sehr kleiner Geschwindigkeiten gemacht haben, in einem einzigen »Schritt« bis zu diesem Wert c aus.

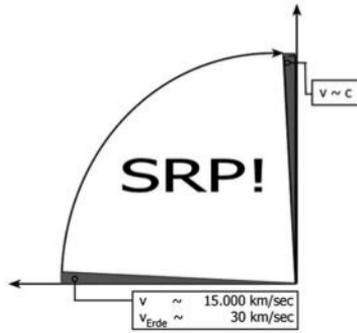


Abb. 23 – Verallgemeinerung des Galileiischen Relativitätsprinzips

In und mit diesem gewagten Schritt haben wir jedoch zwei Fakten, die jeweils sehr spezifischen und sehr beschränkten Bereichen der Wirklichkeit entstammen, buchstäblich »kurzgeschlossen«: Wir unterstellen nicht nur, dass die Galileiische Beobachtung und die Unmöglichkeit, eine Bewegung durch den Raum mit Hilfe von Lichtstrahlen nachweisen zu können, zwei spezifische Aspekte *ein- und desselben fundamentalen Prinzips* sind, wir unterstellen auch, dass dieses Prinzip für den gesamten dazwischen liegenden Geschwindigkeitsbereich Gültigkeit besitzt. Und dieses Areal ist *weit umfassender* als der von diesen beiden Fakten bezeichnete Geschwindigkeitsbereich. Der von diesen beiden Fakten umrissene Bereich bezieht sich in der Tat, wie wir leicht erkennen können, nur auf den äußersten »Rahmen« des physikalischen Universums, nicht jedoch auf seine »interne« Struktur.⁹⁸

Dass dieser ungeheuer gewagte Schritt dennoch physikalisch Bestand haben sollte, ist vor allem den *Lorentz-Transformationen* zuzuschreiben, denn sie nehmen unmittelbar Bezug auf diese interne Struktur des Universums: Sie besagen in der von Einstein deklarierten Weise, dass alle fundamentalen Gesetze des Universums *lorentzinvariant* formuliert sein müssen.

Wie es scheint, folgt unser Universum *tatsächlich* dieser Transformationsgruppe. Sie ließ sich experimentell bisher in sehr hohem Maße bestätigen. Es ist vor allem der experimentellen Effizienz dieses dritten Elementes der Speziellen Relativitätstheorie zuzuschreiben, welches das von Einstein als fundamental vorausgesetzte spezielle Relativitätsprinzip physikalisch als gerechtfertigt erscheinen lässt, denn Einstein hat die Lorentz-Transformationen unmittelbar aus diesem Prinzip (wie auch dem Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit) abgeleitet.

Doch möglicherweise sind wir das Opfer einer höchst subtilen Täuschung geworden – eine Täuschung, die, wie ich im nachfolgenden Kapitel zeigen möchte, jedoch erst dann sichtbar wird, wenn wir die Struktur des Mandalas als die in unserem Universum geltende Raum-Zeit-Struktur voraussetzen.

Wie die Untersuchung dieser archetypischen Struktur bereits gezeigt hat, beinhaltet sie, ebenso wie die Spezielle Relativitätstheorie, ein »lorentzinvariantes« Bild von Raum und Zeit. Doch gerade hierdurch tritt sie in Konkurrenz zur Speziellen Relativitätstheorie, denn sie unterscheidet sich in der Art und Weise, *wie* sie die Lorentz-Invarianz physikalisch »codiert« hat, signifikant von Einsteins Theorie, was sich am unverhülltesten in der Existenz der Grenzgeschwindigkeit Unendlich zeigt.

Aufgrund dieses signifikanten Unterschiedes drängt sich daher unabweisbar die Schlussfolgerung auf, dass die Struktur des Mandalas auch eine grundlegend andere Deutung der doppelten Konstanz der Lichtgeschwindigkeit nach sich zieht – eine Schlussfolgerung, die sich in der Tat als begründet erweisen könnte.

„Was Gott getrennt hat, das soll der Mensch nicht vereinen.“
Wolfgang Pauli

»Zwei Muster = Ein Wert« oder: Die Mandala-Lösung

Um diese von der Struktur des Mandalas nahegelegte alternative Deutung nachvollziehen zu können, soll zuvor noch einmal an die Lösung Einsteins erinnert werden. In dem nachfolgenden Diagramm sehen wir auf der linken Seite die bis heute als gültig angenommene relativistische Lösung. Wie diese Seite zeigt, hat Einstein den vermeintlichen Widerspruch zwischen den beiden geometrischen Mustern dadurch aufgelöst, indem er das rechte Muster formal so zurecht gestutzt hat, dass es mit dem linken Muster geometrisch zur Deckung gebracht werden konnte. Aufgrund dieser theoretischen Operation erscheinen die »zwei« Konstanzen der Lichtgeschwindigkeit (KdL_1 & KdL_2) im Rahmen der Speziellen Relativitätstheorie lediglich als zwei verschiedene Seiten *ein- und derselben* Münze (Muster); hier: des speziellen Relativitätsprinzips. Physikalisch ermöglicht wurde diese Lösung durch die radikale Relativität von Raum- und Zeitachse. Erst diese radikale Relativität erlaubt es die Äquivalenz aller Inertialsysteme zu postulieren und so dieses Prinzip aus der Taufe zu heben.

Wenn wir uns nun die Struktur des Mandalas vergegenwärtigen, dann sehen wir, dass sie geometrisch gerade so beschaffen ist, dass in ihr die von Einstein als physikalisch widersprüchlich wahrgenommenen geometrischen Muster – die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und das Newtonsche Relativitätsprinzip – gar nicht in Widerspruch zueinander stehen, sondern in ihr vielmehr als zwei »komplementäre« Aspekte erscheinen. In der nachfolgenden Abbildung ist dieser Unterschied zwischen der Speziellen Relativitätstheorie und der „Physik des Mandalas“ grafisch verdeutlicht.

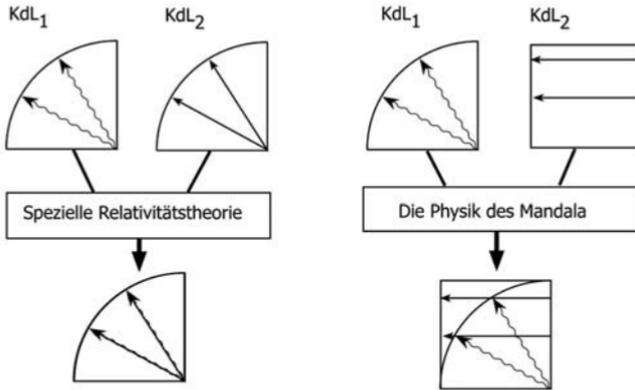


Abb. 24 – Komplementarität statt Einheit

Sollte die Natur der rechten Lösung gefolgt sein, dann ist der Schluss nahegelegt, dass die Physik des Mandalas zu einer grundlegend anderen und, wie man vermuten darf, auch zu einer weniger eigenartigen Deutung des Ausbreitungsverhalten des Lichtes führt, denn sie unterscheidet erkennbar zwischen beiden Formen der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit.

Blicken wir auf ihr linkes Diagramm, mit dem das Bewegungsmuster der Lichtquelle eingefangen ist, dann sehen wir, dass dieses Diagramm mit dem inneren Kreis der Struktur des Mandalas zur Deckung gebracht werden kann. Blicken wir auf ihr rechtes Diagramm – also jenes Diagramm, das der Beschreibung der Bewegung eines Beobachters durch den Raum gilt –, dann stellen wir ebenfalls fest, dass auch dieses Diagramm mit der Struktur des Mandalas zur Deckung gebracht werden kann.

Es ist unmittelbar einsichtig, dass eine solche geometrisch »komplementäre« Struktur, ließe sie sich zu einem physikalisch konsistenten Modell ausarbeiten, das Ausbreitungsverhalten des Lichtes auf eine *weit weniger eigenartige Weise* beschreiben würde als dies bei der Speziellen Relativitätstheorie der Fall ist: Sie würde zeigen, dass in einem Universum, das in raumzeitlicher Hinsicht wie ein Mandala aufgebaut ist, die Bewegung der Lichtquelle und die Bewegung des Beobachters – entgegen der

Behauptung der Speziellen Relativitätstheorie - sehr wohl voneinander *unterscheidbar* wären, was zur Folge hat, dass sie auch zwischen der Bewegung des Beobachters und der der Lichtquelle klar unterscheidet. Im ANHANG unter dem Kapitel *Das Michelson-Morley-Experiment – ein Erfolg?* soll gezeigt werden, worin dieser Unterschied besteht.

Gleichwohl hätte es uns die Natur an dieser Stelle nicht leicht gemacht, diesen Unterschied zu »sehen«, *denn mit Blick auf die Messung der Lichtgeschwindigkeit führen beide Bewegungsmuster im Ergebnis (!) auf ein- und denselben Wert.* Es gäbe also zur Erklärung der doppelten Konstanz der Lichtgeschwindigkeit zwar, wie von der klassischen Wellentheorie angenommen, zwei verschiedene Erklärungsmuster, aber nur eine einzige physikalische Referenzgröße, und zwar $c = 1$. In der Physik des Mandala erschien c mithin als eine »janusköpfige« Naturkonstante: Sie hätte in Wahrheit zwei Gesichter, während wir als die Erben Einsteins immer noch glauben, sie hätte nur eines. Dies ist vermutlich – neben der Unsichtbarkeit des Äthers - das eigentlich *konspirative* Moment, mit dem die Physiker durch das Michelson-Morley-Experiment konfrontiert worden sind.

Obwohl die Physik des Mandalas uns die Möglichkeit eröffnet, diesen konspirativen Zug des Universums wenigstens von theoretischer Warte »durchschauen« zu können, in empirischer Hinsicht besteht diese Möglichkeit nicht, zumindest dann nicht, wenn wir uns ausschließlich auf das Michelson-Morley-Experiment beschränken, denn *in einem Universum, das in raumzeitlicher Hinsicht wie ein Mandala strukturiert wäre, würde die Messung der Lichtgeschwindigkeit - ebenso wie dies bei der Speziellen Relativitätstheorie der Fall ist - unabhängig von der Geschwindigkeit der Lichtquelle und des Beobachters, immer auf denselben Wert von $c = 1$ führen.*

Wir können daher, sofern wir auf dieses Experiment beschränkt bleiben, nicht sagen, ob mit der Unmöglichkeit, mit Hilfe von Lichtstrahlen eine Bewegung gegenüber dem Raum nachweisen zu können, das Wirken des Speziellen Relativitätsprinzips zum Ausdruck kommt oder ob diese Unmöglichkeit sich aus dem Zusammenwirken des Prinzips der radikalen Nicht-Dualität und der archetypischen Raum-Zeit-Struktur des Mandalas er-

gibt. Die Physik des Mandalas erweist sich folglich auch mit Blick auf dieses so bedeutsame Experiment lediglich als eine zur Speziellen Relativitätstheorie *empirisch äquivalente Deutung*. Angesichts dieser weiteren empirischen Äquivalenz zwischen diesen beiden Raum-Zeit-Bildern drängt sich beinahe der Verdacht auf, als gäbe es *prinzipiell* keinerlei Unterschiede zwischen ihnen. Es ist indessen eine wissenschaftstheoretisch hinlänglich bekannte Tatsache, dass empirisch äquivalente Theorien zumindest unterschiedliche Konsequenzen haben *können*. Diesen unterschiedlichen Konsequenzen soll im folgenden Kapitel nachgegangen werden.

Das *positive* Michelson-Morley-Experiment

Wie wir bereits gesehen haben, ist das *Quadrat* von Einstein (in Gestalt der Emissionstheorie und des Newtonschen Relativitätsprinzips) durchaus als Erklärungsmöglichkeit des Michelson-Morley-Experimentes in Betracht gezogen worden – und wie es scheint, auch auf eine sehr ernsthafte Weise. Er hat dieses geometrische Muster dann jedoch *aus physikalischen Gründen* verworfen, weil die zu jener Zeit bekannte *mechanische Teilchentheorie des Lichtes* im Widerspruch zur *elektrodynamischen Wellentheorie des Lichtes* stand. So war es ihm im Rahmen der Emissionstheorie zwar möglich, die zweite Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (KdL_2) erklären zu können, doch mit dieser Erklärung geriet er in Widerspruch zu der ersten Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (KdL_1). Wie der Einstein-Biograph Albrecht Fölsing schreibt, sei Einstein daraufhin reumütig zur Wellentheorie des Lichtes zurückgekehrt - um die Erfahrung reicher, dass die Unabhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von der Quelle ein ganz entscheidender Sachverhalt in jeder künftigen Theorie sein müsse.

Natürlich hat Einstein dieses spezielle geometrische Muster – das *Quadrat* - nicht mit diesem *expliziten* Wissen verworfen, denn dieses Muster folgt einer geometrischen Sprache, die, wenn wir uns auf die Veröffentlichung der ersten ameri-

kanischen Ausgabe des Buches *Relativity visualized* aus dem Jahre 1981 beziehen, erst mehr als 70 Jahre *nach* der Veröffentlichung der Speziellen Relativitätstheorie durch den Physiker Lewis C. Epstein entwickelt resp. „entdeckt“ worden ist. Gleichwohl muss Einstein dieser Schritt einiges Unbehagen bereitet haben; nicht zuletzt deswegen, weil die Wellentheorie des Lichtes im krassen Gegensatz zu dem von ihm bereits zu jener Zeit ins Auge gefassten (Newtonschen) Relativitätsprinzip stand. Aufgrund seiner Relativitätstheorie wissen wir, wie er diesen zum Relativitätsprinzip bestehenden Erkenntniskonflikt dann am Ende gelöst hat: Er hat die bereits inhärent vorgegebene Relativität des Raumes um die Relativität der Zeit »radikalisiert«. Es ist auch dieser Punkt, an dem sich die beiden Raum-Zeit-Bilder erheblich voneinander unterscheiden: Während die Spezielle Relativitätstheorie von der *Relativität der Raum- und der Zeitachse* ausgeht, fordert die Physik des Mandalas von diesen beiden Bezugsachsen, dass sie als *absolut* – oder wenigstens: *quasi-absolut* – vorausgesetzt werden müssen, denn Raum und Zeit sind – im Rahmen dieser Physik – in *unumkehrbarer* Weise durch das Eine, das auch zugleich *das Absolute* ist, bedingt, d.h. sie besitzen infolge ihrer direkten ontologischen »Nähe« zum Absoluten selbst »quasi-absoluten« Charakter. Dies führt, wie ich nachfolgend deutlich machen möchte, in bezug auf das Michelson-Morley-Experiment zu einer höchst bemerkenswerten Konsequenz.

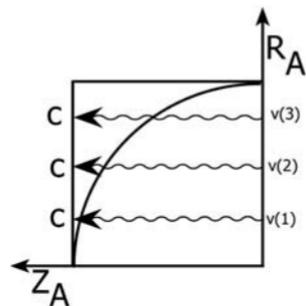
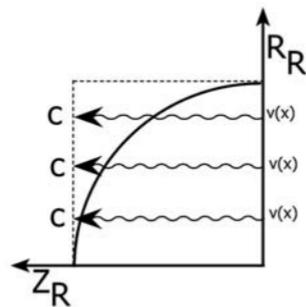
Wenn wir Raum und Zeit als quasi-absolut aufzufassen haben, dann müssen wir – entsprechend dieser ontologischen Vorgabe – auch *sämtliche Geschwindigkeiten* als *quasi-absolut* auffassen; eine Forderung, mit der sich schon Newton konfrontiert sah, ohne ihr allerdings in physikalischer resp. naturphilosophischer Hinsicht nachhaltig Geltung verschaffen zu können.

Im Rahmen der hier skizzierten Physik resp. Metaphysik lebt diese Forderung nicht nur erneut auf, sie erweist sich in diesem ontologischen Kontext auch als *unabweisbar*, da wir uns in Gestalt des Einen resp. des Absoluten auf einer Ebene der Naturbetrachtung bewegen, die wir (wohlgemerkt ontologisch, nicht erkenntnistheoretisch) als absolut *schlechthin* aufzufassen haben. Raum und Zeit stellen in Bezug *auf das sichtbare physikalische*

Universum die *fundamentalste* Ebene dar. Mit Ausnahme des Eines selbst gibt keine weitere Ebene mehr, die noch fundamentaler ist als diese. Daher müssen auch alle mit dieser Ebene verknüpften Parameter *in physikalischer Hinsicht* als absolut aufgefasst werden. Hierbei handelt es sich in der Tat um eine ontologisch unabweisbare Konsequenz.

Wenn wir nun das Michelson-Morley-Experimentes von dieser ontologischen Warte aus betrachten, dann hat dieses Experiment gar keinen negativen Ausgang genommen, im Gegenteil: *Es hat uns die Existenz eines geometrischen Elementes von fundamentalster physikalischer Bedeutung offenbart.* Es ist genau jenes Quadrat, welches im Rahmen der Metaphysik (wie auch der damit untrennbar verknüpften Physik des Mandalas) einen unverzichtbaren Bestandteil des fundamentalen Bauplanes des Universums darstellt. Der wesentlichste Unterschied zum Newtonschen Relativitätsprinzip (Abb. 20) besteht daher auch darin, dass seine Raumachse nicht von relativer, sondern von *absoluter* Natur ist. In Verbindung mit der Absolutheit der Zeitachse verkörpert dieses Quadrat konsequenterweise etwas, was wir, um mit Einstein zu sprechen, als die »Linien des Alten« zu bezeichnen haben.⁹⁹

Diese Entdeckung (Abb. 25) mag fast ein wenig trivial wirken; zumindest dann, wenn man um die mögliche physikalische Relevanz der archetypischen Struktur von Raum und Zeit (i.e. der Struktur des Mandalas) weiß und diese als physikalisch wahr voraussetzt. Doch dieser Eindruck schwindet augenblicklich, wenn man um diese Struktur eben *nicht* weiß: Man geht dann an dieser Erkenntnis achtlos vorüber, ohne ihre mögliche *fundamenta-*



le Geltung auch nur zu erahnen. Ein auf der Hand liegendes Beispiel ist der Physiker Lewis C. Epstein selbst.

Wie das Newtonsche Relativitätsprinzip in Gestalt der Epstein'schen Sprache zeigt, wäre Epstein in gewisser Hinsicht prädestiniert gewesen, diese ungewöhnliche geometrische Koinzidenz zwischen dem *Kreis* und dem *Quadrat*, die sich gerade dadurch auszeichnet, dass sie in beiden Fällen durch ein – und denselben Referenzwert (i.e. $c = 1$) »parametrisierbar« ist, als erster Physiker bewusst wahrzunehmen, denn es gab sicherlich niemanden sonst, der mit dieser geometrischen Sprache so vertraut war wie er. Dennoch hat er diese Koinzidenz nicht wahrgenommen, obwohl sie buchstäblich vor seinen Augen lag. Es zeigt, wie entscheidend die *Theorie* ist, wenn es darum geht, gewisse Strukturen des Universums als fundamental wahrnehmen zu können. In diesem Fall verwarf Epstein die mögliche fundamentale Bedeutung des Quadrates, weil er, wie die entsprechenden Passagen seines Buches zeigen, mit den Augen der Speziellen Relativitätstheorie auf dieses geometrische Element geblickt hat: Eben diesem Blick folgend, hat er dieses Element als im Widerspruch zum speziellen Relativitätsprinzip stehend beurteilt; ein Urteil, welches in der Tat zutrifft. (Im ANHANG im Kapitel *Das Newtonsche Relativitätsprinzip nach Epstein* ist dieser Punkt noch einmal aufgegriffen worden.)

Um das Quadrat auf eine grundlegend andere Weise betrachten und als ein mögliches fundamentales Bauelement des Universums identifizieren zu können, bedarf es in diesem Fall, da die spezielle Relativitätstheorie im Spiel ist, nicht nur einer grundlegend anderen, sondern auch einer *fundamentaleren* Theorie. Erst mit Kenntnis eines solchen fundamentaleren theoretischen Kontextes sind wir fähig, zu erkennen, dass das M-M-Experiment – entgegen der kollektiven Auffassung der Physiker – womöglich gar keinen negativen, sondern ein *positiven* Ausgang genommen hat, denn es ist genau dieses Experiment, mit dem diese spezielle elementare Matrize experimentell „enthüllt“ worden ist.

Obwohl sich die Begründung dieses positiven Ausganges des Michelson-Morley-Experimentes noch auf eine mehr oder weniger naturphilosophische Argumentation stützt – erst im AN-

HANG ist dargelegt, in welchem konkreteren physikalischen Sinne dieses Experiment einen positiven Ausgang genommen haben könnte -, so lässt bereits diese Argumentation erkennen, welche weitreichenden physikalischen Konsequenzen hiermit verbunden sind.

So beinhaltet die Absolutheit dieses geometrischen Elementes, dass ein Beobachter infolge der Absolutheit der Raum- und Zeitachse (R_A , Z_A) bei *jeder* Geschwindigkeit, mit der er sich durch den Raum bewegt, für die Geschwindigkeit des Lichtes stets denselben Wert, und zwar: $c = 1$, misst. Das bedeutet, dass die Geschwindigkeit des Beobachters – entgegen der relativistischen Deutung – gar nicht relativ, sondern dass sie in Wahrheit *absolut* ist.

Was diese Erkenntnis natürlich empfindlich erschwert, ist der Umstand, dass ein Beobachter in einem Universum, das raumzeitlich wie ein Mandala aufgebaut wäre, dennoch für das Licht immer denselben Wert c messen würde. So positiv also der Ausgang des Michelson-Morley-Experimentes aus Sicht der Physik des Mandalas sein mag, es liefere *im messbaren Ergebnis* auf dieselbe Schlussfolgerung hinaus, die die Physiker bis heute konstatieren: Es ist mit Hilfe dieses Experimentes unmöglich, eine Bewegung gegenüber dem Raum nachweisen zu können, denn der Beobachter misst eben bei *jeder* Geschwindigkeit, mit der er sich durch den Raum bewegt, für das Licht immer ein- und denselben Wert c .

Es ist daher von experimenteller Warte, so paradox es klingen mag, unmöglich, zu entscheiden, ob die Geschwindigkeit des Lichtes von der Geschwindigkeit des Beobachters abhängig oder unabhängig ist. Wir können also an dieser Stelle nicht entscheiden, ob die Geschwindigkeit des Lichtes bei *jeder* Geschwindigkeit des Beobachters – oder ob sie, wie von Einstein behauptet, *unabhängig* von der Geschwindigkeit des Beobachters stets dieselbe ist.

Obschon beide Deutungen experimentell un-unterscheidbar sind, so gäbe es jedoch keine zwei Deutungen, die *in physikalischer Hinsicht* unterschiedlicher wären als diese beiden. Folgen wir der *metaphysischen* Deutung des Quadrates, dann ist das Michelson-Morley-Experiment gar kein Beweis für die Gültigkeit

des Speziellen Relativitätsprinzips – im Gegenteil: Es besagt das genaue Gegenteil von dem, was ihm kraft des Speziellen Relativitätsprinzips zugeschrieben wird. Ist die räumliche und die zeitliche Bezugsachse in ontologisch verbindlicher Weise als absolut resp. quasi-absolut gesetzt, dann besagt es, dass die Geschwindigkeit *immer* absolut ist, und zwar nicht nur im Falle der Bewegung der Lichtquelle, *sondern auch im Falle der Bewegung des Beobachters*. Dies gilt auch für das Michelson-Morley-Experiment. Nur lässt sich die Absolutheit der Bewegung gerade mit Hilfe *dieses* Experimentes nicht nachweisen. Es ist aus metaphysischer Sicht gar nicht geeignet, eine solche absolute Geschwindigkeit gegenüber dem Raum nachweisen zu können. Es beweist daher auch nicht, dass es eine solche absolute Geschwindigkeit nicht gibt.

Im Rahmen der Speziellen Relativitätstheorie hingegen ist dieses Experiment *ausdrücklich* als ein Beweis für die Gültigkeit des Speziellen Relativitätsprinzips gedeutet worden. Einstein hat aus ihm den äußerst weitreichenden Schluss gezogen, dass es nicht nur in der Mechanik, sondern dass es *prinzipiell* für einen Beobachter unmöglich ist, eine Geschwindigkeit gegenüber dem Raum bestimmen zu können.¹⁰⁰ Damit besagt die speziell-relativistische Deutung das Gegenteil dessen, was die Physik des Mandalas sagt: Sie behauptet, dass die Geschwindigkeit *immer* relativ ist.

Zugegebenermaßen erscheint die metaphysische Deutung in der hier gegebenen sehr allgemeinen Form wenig überzeugend. Doch dieser Eindruck hat, wie ich behaupten möchte, seine Wurzeln nicht allein in dieser physikalisch noch unzureichend begründeten Argumentationsfolge, sondern *auch und vor allem* in dem besonderen Entwicklungsweg, den die Physik während der letzten vier Jahrhunderte genommen hat.

Am Beginn dieses Weges stand die Galileiische Beobachtung – und mit ihr das Galileiische Relativitätsprinzip. Dieses Prinzip war für die meisten *relational* denkenden Physiker einschließlich Einstein so ungemein plausibel, dass ihnen seine Wahrheit *unbestreitbar* schien. Als dann das Michelson-Morley-Experiment mehr als zwei Jahrhunderte später die Bühne der Physik betrat und zeigte, dass auch mit Hilfe von Lichtstrahlen eine Bewe-

gung gegenüber dem Raum experimentell nicht nachweisbar war, schien sich die Gültigkeit des Relativitätsprinzips nicht nur im Bereich sehr kleiner Geschwindigkeiten, sondern auch im Bereich *sehr großer Geschwindigkeiten* zu bestätigen.

Dass wir die »zweite« Konstanz der Lichtgeschwindigkeit im Sinne des Relativitätsprinzips gedeutet haben, erscheint daher beinahe zwangsläufig als eine natürliche Konsequenz dieser besonderen historischen Entwicklung. Hinzugekommen ist, dass diese Konsequenz in den letzten einhundert Jahren fast dogmatische Züge annehmen sollte, denn zu dieser Entwicklung hat nicht allein die besondere Plausibilität des Galileiischen Relativitätsprinzips beigetragen, sondern auch die »Tatsache«, dass der Äther, der eine alternative Erklärung für das Michelson-Morley-Experiment hätte liefern können, *bis zum heutigen Tage unauffindbar blieb*. In Verbindung mit der enormen Plausibilität des Galileiischen Relativitätsprinzips stellt dieser Umstand fast so etwas wie eine schier unüberwindbare Erkenntnisbarriere dar: Er wirft uns in der Auseinandersetzung mit dem Michelson-Morley-Experiment immer wieder auf das Spezielle Relativitätsprinzip als Lösung zurück, denn wenn man diese Lösung bezweifelt, dann ist man mit genau diesem Problem konfrontiert – der Frage, warum sich der Äther *jeglichem experimentellen Zugriff entzieht*. Angesichts dieses bis heute ungelösten Kardinalproblems erscheint Einsteins Prinzip zwangsläufig als die einfachste und als die überzeugendste Lösung.

Hätten wir jedoch erkannt, dass der Äther *prinzipiell* jeglichem experimentellen Zugriff entzogen ist – und hätten wir ferner erkannt, *um dem Text vorzugreifen*, dass das Relativitätsprinzip nicht einmal im Bereich *sehr kleiner Geschwindigkeiten* Gültigkeit besitzt, dann hätten wir über das Licht vielleicht in grundlegend anderer Weise nachgedacht. Wir hätten vielleicht wie der Physiker Lewis C. Epstein gedacht: „Wäre ich 1900 ein Naturwissenschaftler gewesen, so hätte ich versucht, mir selbst etwas so Verrücktes wie das Licht auszudenken, um erklären zu können, warum dessen Geschwindigkeit immer dieselbe zu sein scheint. Ich hätte mir vielleicht überlegt, «wenn die Geschwindigkeit des Lichts etwas Merkwürdiges an sich hat, dann muß auch das Licht selbst eine Absonderlichkeit aufweisen.“¹⁰¹ Die

archetypische Struktur des Mandalas scheint gerade dieser Absonderlichkeit des Lichtes Rechnung zu tragen.

Folgen wir dieser Botschaft, dann drängt sich fast unvermeidlich der Verdacht auf, dass es sich auch beim *Galileiischen Relativitätsprinzip* um ein irreführendes Prinzip handeln könnte. Wenn uns die Natur schon mit Blick auf den ersten Teil des Speziellen Relativitätsprinzips (i.e. des M-M-Experimentes) zum Narren gehalten hatte, vielleicht traf dies auch auf diesen Part zu - also auf jenen Part, der Einstein vor mehr als einhundert Jahren schlussendlich dazu gebracht hat, an die fundamentale Gültigkeit des Speziellen Relativitätsprinzips zu glauben.

Wie wir aus der Arbeit *Zur Elektrodynamik bewegter Körper* aus dem Jahre 1905 wissen, spielte das Michelson-Morley-Experiment – nach Angaben Einsteins – bei der *Entwicklung* der speziellen Relativitätstheorie eine eher untergeordnete Rolle. In seiner Originalarbeit erwähnte er es eher beiläufig, ohne auch nur die Namen von Michelson und Morley zu nennen. Er spricht von ihm ganz allgemein als einem »mißlungenen Versuch, eine Bewegung der Erde relativ zum Lichtmedium zu konstatieren«. Sein besonderes Augenmerk galt augenscheinlich dem *Galileiischen Relativitätsprinzip*. Einstein war in der Wellentheorie des Lichtes eine seltsame »Asymmetrie« aufgefallen. Er bemerkte, dass in der Elektrodynamik die Wechselwirkung zwischen einem Magneten und einem Leiter, die sich relativ zueinander bewegen, unterschiedlich erklärt wurde, *obwohl der resultierende Effekt von dieser Relativbewegung unabhängig war*. Bewegte sich nämlich ein Magnet und ruhte der Leiter, so entstand in der Umgebung des Magneten ein elektrisches Feld, das im Leiter einen Strom verursachte. Ruhte aber der Magnet und bewegte sich der Leiter, so entstand nach den geltenden Vorstellungen zwar kein elektrisches Feld, wohl aber eine elektromotorische Kraft, die im Leiter einen Strom von gleicher Größe auslöste wie im ersten Fall das elektrische Feld. Diese Überlegung zeigte ihm, dass die Existenz eines elektrischen Feldes offenbar vom Standpunkt des Beobachter abhing, was für die beobachtbare physikalische Wirkung – den Strom – jedoch nicht der Fall war. Genau die Entdeckung dieser Asymmetrie brachte ihn dazu, intensiver darüber nachzudenken, ob es möglich war, eine

Theorie zu entwickeln, die einem *umfassenderen* Relativitätsprinzip als dem Galileiischen genügen würde.

Wie Einsteins Originalarbeit aus dem Jahre 1905 belegt, sah er in dem Galileiischen Relativitätsprinzip den eigentlichen und wahren Kern des speziellen Relativitätsprinzips. Es lag daher auf der Hand, genauer zu untersuchen, was uns die Physik des Mandala in bezug auf den Bereich sehr kleiner Geschwindigkeiten zu sagen hatte – also in bezug auf den Bereich, dem dieses Prinzip ursprünglich entstammte.

Die Untersuchung dieses Bereiches sollte in eben jenes ungelöste Grundlagenproblem der Physik einmünden, von dem der Physiker und Philosoph Carl Friedrich von Weizsäcker erklärt hatte, dass es in der bisherigen Physik ins Dunkle führen würde – und zwar die Frage: *Was ist die Ursache des Trägheitssatzes?*

Dass die Auseinandersetzung mit dem Galileiischen Relativitätsprinzip in diese Dunkelheit führen sollte, war jedoch kein Zufall, denn der Trägheitssatz erweist sich, wie ich noch zeigen werde, als die eigentliche und tiefere Grundlage dieses Prinzips. Doch dieser Satz wird selten thematisiert – und noch seltener systematisch untersucht.

Bevor ich allerdings auf diesen heiklen Problembereich der modernen Physik im Detail eingehe, möchte ich zuvor ein paar Bemerkungen darüber verlieren, warum in der Struktur des Mandalas zwei Muster vereinbar sein könnten, die zu Beginn des 20. Jahrhunderts, wie Einsteins Arbeit zur Speziellen Relativitätstheorie zeigt, als unvereinbar galten.

Auch wenn diese Bemerkungen für das Verständnis des nachfolgenden Textes entbehrlich sind, für die weitere physikalische Erforschung der Struktur des Mandalas dürften sie von zentralster Bedeutung sein: Sie legen nämlich die Vermutung nahe, dass bereits mit dem Problem der »doppelten« Konstanz der Lichtgeschwindigkeit *ein originär quantenmechanisches Problem* aufgeworfen war, was aber von den Physikern jener Zeit noch nicht in der Deutlichkeit gesehen werden konnte, weil die Entwicklung der Quantenmechanik noch mehrere Jahrzehnte in der Zukunft lag.

Die ganzen 50 Jahre bewusster Grübeleien haben mich der Antwort der Frage: »Was sind Lichtquanten?« nicht näher gebracht. Heute glaubt zwar jeder Lump, er wisse es, aber er täuscht sich.

Albert Einstein in einem Brief an seinen Freund M. Besso vom Jahre 1951

Die zwei »Gesichter« des Lichtes – *Ein Ausblick*

Wie bereits erfahren haben, sind die beiden geometrischen Muster – Kreis und Quadrat – um 1900 deswegen als unvereinbar aufgefasst worden, weil die mit ihnen zu jener Zeit verknüpften physikalischen Erklärungsmuster untereinander unvereinbar waren.

Um die Unvereinbarkeit dieser beiden physikalischen Erklärungsmuster zu beseitigen, hat Einstein, wenn wir hierin ausdrücklich der Deutung Epsteins folgen, das Quadrat geometrisch so zurechtgestutzt, dass es mit dem »eingeschriebenen« Viertelkreis zur Deckung gebracht war.

Mit dieser rigorosen »Operation« - dem *speziellen Relativitätsprinzip* - war Einstein so erfolgreich, dass die physikalische Unvereinbarkeit der beiden geometrischen Muster heute nahezu ausschließlich mit der Unvereinbarkeit der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (»eingeschriebener« Viertelkreis) und des Newtonschen Relativitätsprinzips (Quadrat) in Verbindung gebracht wird.

Doch möglicherweise hat die physikalische Unvereinbarkeit beider geometrischen Muster gar nicht in *dieser* Unvereinbarkeit ihren tieferen Ursprung, sondern *in der Unvereinbarkeit der beiden »klassischen« Lichttheorien – der mechanischen Teilchentheorie (Emissionstheorie) und der klassischen Wellentheorie des Lichtes (Elektrodynamik).*

Dass mit der Frage nach der Deutung des Michelson-Morley-Experimentes die Unvereinbarkeit der beiden klassischen Lichttheorien sichtbar geworden sein könnte, zeigt schon die Tatsa-

che, dass die Teilchentheorie diesem speziellen Experiment keineswegs widerspricht.

Wie wir in Kapitel *Das spezielle Relativitätsprinzip – Von einem Geniestreich* erfahren haben, war es durchaus möglich, das Michelson-Morley-Experiment auf der Grundlage der Newtonschen Teilchentheorie (Emissionstheorie) erklären zu können. Die Unvereinbarkeit kommt daher ganz offenkundig an einer völlig anderen Stelle ins Bild: Es zeigt sich nämlich, dass die Geschwindigkeit der Lichtteilchen, wenn man sie als klassische Objekte versteht – vergleichbar einer Garbe von Gewehrkugeln -, von der Geschwindigkeit der Lichtquelle hätten *abhängig* sein müssen. Eben diese Forderung steht im Widerspruch zur klassischen Wellentheorie des Lichtes, die besagt, dass die Geschwindigkeit des Lichtes, sofern es sich in Form klassischer Wellen ausbreitet, von der Geschwindigkeit der Lichtquelle hätte *unabhängig* sein müssen. Es war in der Tat *dieser physikalische Widerspruch*, der Einstein schlussendlich dazu gebracht hat, die beiden geometrischen Muster für unvereinbar zu halten.

Dieser spezielle Widerspruch zeigt sich jedoch nicht nur in dem Ausbreitungsverhalten des Lichtes, er ist vielmehr Ausdruck eines sehr viel umfassenderen Widerspruches. Dieser Widerspruch gilt der Frage: *Was ist Licht »wirklich«? Ist es ein Teilchenstrom oder eine Wellenfront?*

Historisch vereinfachend lässt sich sagen, dass die Teilchentheorie kraft der Autorität und der Genialität Newtons das physikalische Denken für mehr als ein Jahrhundert dominierte. Diese Theorie hatte geradezu paradigmatischen Charakter: Sie bestimmte ganz generell, wie Physiker über das Licht dachten. Dies änderte sich jedoch, als Thomas Young zu Beginn des 19. Jahrhunderts seinen berühmten »Doppelspaltversuch« durchführte.

Er hat zu diesem Zweck weit entfernt von einer Lichtquelle einen Schirm aufgestellt, in den er mit einer Nadel eng nebeneinander zwei Löcher gestochen hat. Aus diesen Löchern wurden beim Durchgang von Licht zwei punktförmige Lichtquellen, mit denen er einen zweiten Schirm beleuchtete, der hinter dem ersten aufgestellt war. Young beobachtete nun, dass dieser zweite Schirm nicht gleichmäßig beleuchtet, sondern von hellen und

dunklen *Streifen* durchzogen war; eine Erscheinung, die sofort verschwand, wenn er eines der beiden Löcher verdeckte. Young erkannte augenblicklich, dass dieses Streifenbild – das *Interferenzmuster*, wie wir es heute nennen –, ein *entscheidendes* Argument zugunsten der Wellentheorie des Lichtes darstellte.

Wenn wir Licht als Bewegung von Wellen interpretieren, dann kann Licht *plus* Licht tatsächlich auch zu Dunkelheit führen: Schwingen zwei Wellen an einem bestimmten Raumpunkt exakt im Gegenteil, so dass die eine immer dann einen Wellenberg erzeugt, wenn die andere gerade ein Wellental hervorruft, dann löschen sich die beiden Wellen an den fraglichen Punkten aus. In diesem Bereich ist infolgedessen keinerlei Wellenbewegung mehr beobachtbar. Und im Falle von Licht ist eine fehlende Wellenbewegung gleichbedeutend mit Dunkelheit. Im Rahmen der Teilchentheorie des Lichtes erweist sich diese Beobachtung jedoch schlicht als »uninterpretierbar«. Sie führt zu einer völlig sinnlosen Aussage, denn zwei Teilchen, sofern man sie als klassische Objekte resp. »Dinge« versteht, können einander niemals auslöschen: Bringt man beispielsweise zwei Billardkugeln zusammen, dann kann das Ergebnis niemals lauten: »keine Billardkugel«.

Mit diesem eklatanten Versagen der klassischen Teilchentheorie des Lichtes begann das Pendel mehr und mehr zugunsten der Wellentheorie des Lichtes auszuschlagen. Ende des 19. Jahrhunderts, maßgeblich begünstigt durch die Maxwellsche Elektrodynamik (1865), waren viele Physiker sogar der Auffassung, dass die Wellentheorie die einzig richtige Theorie des Lichtes sei – bis Einstein 1905, drei Monate bevor er seine Arbeit an der Speziellen Relativitätstheorie abschließen sollte, der Fachwelt zur Erklärung des fotoelektrischen Effektes seine »Lichtquantenhypothese« (*Über einen die Erzeugung und Umwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Standpunkt*) präsentierte; eine Arbeit, die er – im Gegensatz zu der dann noch kommenden speziellen Relativitätstheorie – selbst als »sehr revolutionär« bezeichnete.

Wie der Einstein-Biograph Albrecht Fölsing schreibt, sei diese Einschätzung Einsteins keineswegs Folge jugendlichen Überschwanges gewesen. Sie sei vielmehr schon damals richtig gewe-

sen und sei es erst recht im historischen Rückblick. Indem Einstein den Mut hatte, zur Erklärung des Photoeffektes für das Licht ein »teilchenähnliches« Verhalten anzunehmen, habe er das zu jener unumschränkt geltende Paradigma der Wellennatur des Lichts in Frage gestellt.

Doch ungeachtet der Tatsache, dass Einstein das Licht ganz erklärtermaßen als einen Strom von Lichtteilchen (Photonen) interpretierte, dieses Mal sollte das Pendel des physikalischen Denkens *nicht*, wie man vielleicht aufgrund der vorausgegangenen Physikgeschichte erwarten würde, zugunsten der klassischen Teilchentheorie des Lichtes ausschlagen. Stattdessen passierte etwas ganz anderes: Einsteins Lichtquantenhypothese beendete ein für alle Mal den historischen Wettstreit zwischen den beiden klassischen Paradigmen (i.e. den beiden klassischen Theorien des Lichtes) und ebnete den Weg zu einem völlig neuen und andersartigen Paradigma, und zwar den Weg zur *Quantenphysik*. Aufgrund seiner Lichtquantenhypothese gilt Einstein heute als einer der Väter der Quantenphysik.

Dieses neue Paradigma, das jedoch erst zwanzig Jahre nach der Veröffentlichung der Lichtquantenhypothese durch Einstein in Form der Quantenmechanik ihre uns heute vertraute Gestalt annehmen sollte, offenbarte eine mehr als überraschende Erkenntnis: Es zeigte, dass sich bezüglich der Natur des Lichtes *prinzipiell* keine *eindeutige* Entscheidung zugunsten der Wellen- oder der Teilchentheorie treffen ließ. Die Physiker mussten sich vielmehr mit dem Gedanken vertraut machen, dass das Licht ein weitaus komplizierteres und undurchsichtigeres Gebilde als ein Teilchen oder eine Welle war. Es war in der Tat ein »janusköpfiges Etwas«, das sich – je nach Art der experimentellen Bedingungen – einmal als Teilchen und einmal als Welle zeigt.¹⁰²

Aufgrund der Entwicklung dieses nicht-klassischen Paradigmas – der Quantenphysik – werden die beiden Aspekte des Lichtes (sein Teilchen- und sein Wellencharakter) heute auch nicht mehr als *physikalisch unvereinbar* aufgefasst. Sie gelten vielmehr – im Geiste von Niels Bohr – als die beiden »komplementären« Seiten des Lichtes.

Geht man nun von diesem modernen, nicht-klassischen Physikverständnis des Lichtes aus, das man landläufig als »Welle-

Teilchen-Dualismus« bezeichnet, dann drängt sich beinahe zwangsläufig der Schluss auf, dass die von Einstein zu Beginn des 20. Jahrhunderts als physikalisch unvereinbar wahrgenommenen beiden geometrischen Muster womöglich gar nicht unvereinbar sind, *sondern dass mit ihnen genau diese quantentheoretische Doppelnatur des Lichtes formal eingefangen ist.*

Erwies sich diese Annahme mathematisch und physikalisch als begründbar, dann erhielt das Michelson-Morley-Experiment eine grundlegend andere physikalische Bedeutung: *In dem es die Existenz der »zweiten«, bis dahin noch unbekanntenen Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (KdL_2) experimentell enthüllt hätte, hätte es buchstäblich die »doppelsinnige« quantentheoretische Natur des Lichtes offenbart – und dies zu einer Zeit, als die Quantenphysik noch nicht einmal in Ansätzen vorhanden war.* Dies sollte erst im Jahre 1900 der Fall sein, als der Physiker Max Planck seine Idee des Quants vorstellte.

Es ist daher mehr als verständlich, dass die meisten Physiker auf das Michelson-Morley-Experiment verständlicherweise mit dem ihnen zur Verfügung stehenden Instrumentarium der klassischen Physik geantwortet haben, insbesondere wenn man bedenkt, dass die Natur die Wahrnehmung dieser »Doppelsinnigkeit« des Lichtes empfindlich erschwert hat, denn seine beide komplementären Seiten sind, sofern wir die Physik des Mandala als gültig voraussetzen, offenbar *durch ein- und dieselbe Referenzgröße $c = 1$ »parametrisiert«.* Aufgrund dieser »einheitlichen« Parametrisierung ist es per se sehr schwierig, zwischen diesen beiden Seiten des Lichtes *experimentell unterscheiden* zu können.

Angesichts des historisch gegebenen Wissenstandes und dieses »konspirativen« Aspektes des Lichtes ist es historisch nachvollziehbar, warum die Physiker Ende des 19. Jahrhunderts den negativen Ausgang des Michelson-Morley-Experimentes nicht als *ein originär quantenmechanisches Problem* haben identifizieren können. Obwohl Einstein später der Quantenmechanik zutiefst misstraute, mit Blick auf die Erkenntnis dieser »Janusköpfigkeit« des Lichtes bewies er seinen oft bewunderten Instinkt für die Geheimnisse der Natur. Nur vier Jahre nach Veröffentlichung seiner Speziellen Relativitätstheorie vertrat er auf einem in Salzburg gehaltenen Vortrag die Meinung, dass die nächste Phase

der Entwicklung der theoretischen Physik eine Theorie des Lichtes bringen würde, *in der Welle- und Teilchentheorie miteinander verschmelzen*.¹⁰³

Diese Meinung brachte Einstein keineswegs in Widerspruch zu seiner Speziellen Relativitätstheorie, denn für die erfolgreiche Anwendung seiner Theorie ist es irrelevant, *ob Licht eine Welle oder ein Teilchen ist*. Egal, was Licht ist, es muss sich, so die Forderung dieser Theorie, in jedem Fall dem speziellen Relativitätsprinzip fügen. Dass Einsteins Theorie als universell gültig aufgefasst wird, rührt, wie der Physiker A. Zajonc betont, wesentlich von diesem Element der Relativitätstheorie her. Doch wie weit, so fragt er, kommt man ohne eine Vorstellung vom Licht? Wie viele Vorhersagen kann man machen, ohne zu wissen, was Licht wirklich ist?¹⁰⁴

Meines Erachtens ist eine solche Grenze der Anwendbarkeit der Speziellen Relativitätstheorie bereits sichtbar geworden. Es handelt sich um den schon an anderer Stelle angesprochenen Aspekt der »Nicht-Lokalität«, wie er für quantentheoretische Systeme kennzeichnend ist; ein Aspekt, der Einstein weit mehr beunruhigte als der Wahrscheinlichkeitscharakter quantenmechanischer Vorhersagen, denn er impliziert physikalische Beziehungen, die sich gleichsam mit unendlicher Geschwindigkeit ändern können.¹⁰⁵ Es ist offenkundig, dass derartige Beziehungen der Speziellen Relativitätstheorie widersprechen, denn es ist ein Grundsatz dieser Theorie, dass die maximale Geschwindigkeit, mit der sich Wirkungen physikalisch ausbreiten können, die Lichtgeschwindigkeit ist – und diese Geschwindigkeit ist erkennbar *endlich*. Einstein glaubte daher nicht an diese von der Quantentheorie behaupteten infiniten Korrelationen. Er bezeichnete sie sogar spöttisch als »spukhafte Fernwirkungen«, doch heute wissen wir, dass es diesen Spuk tatsächlich gibt. Wie die entsprechenden Experimente zeigen, ist Nicht-Lokalität ein Schlüsselaspekt des physikalischen Universums; ein Aspekt, der von der Speziellen Relativitätstheorie offenbar nicht erfasst wird. Möglicherweise liefert die Physik des Mandala die notwendige Plattform hierzu, denn – im Gegensatz zur Theorie Einsteins – weist sie nicht die Lichtgeschwindigkeit, sondern den Geschwindigkeitswert Unendlich als ultimative Geschwindigkeits-

grenze aus. Sie beinhaltet mithin ein Bild von Raum und Zeit, das *umfassend* genug sein könnte, um auch diesem nicht-lokalen Aspekt des Universums gerecht zu werden.

Ob dieses umfassendere Bild jedoch wirklich dazu taugt, Licht in diesen noch rätselhaften Aspekt des Universums zu bringen, ist allerdings eine noch offene Frage. Wie die Antwort auf diese Frage ausfällt, wird davon abhängen, ob es uns gelingt, das durch die Physik des Mandala bezeichnete geometrische Muster – die »Verschränkung« von Kreis und Quadrat - *quantenmechanisch* interpretieren zu können. Oder anders formuliert: Wenn diese Deutung der Struktur des Mandalas tatsächlich zutrifft, dann muss der quantenmechanische Formalismus bzw. ein essenzieller Bestandteil davon bereits in dieser archetypischen Struktur „stecken“. Dies zu verifizieren, dürfte zweifellos eine der zentralen Herausforderungen einer modernen Metaphysik sein.

Mit diesem kleinen Ausblick auf künftige Forschungen möchte ich auf die in dem vorhergehenden Kapitel angekündigte Frage zurückkommen: *Was ist der Ursprung des Trägheitssatzes?* Um die Antwort auf diese Frage zu verstehen, soll zunächst ein kurzer geschichtlicher Einblick in die Entdeckungsgeschichte dieses für die Physik so wichtigen Satzes gegeben werden.

Der Trägheitssatz – Historische Impressionen

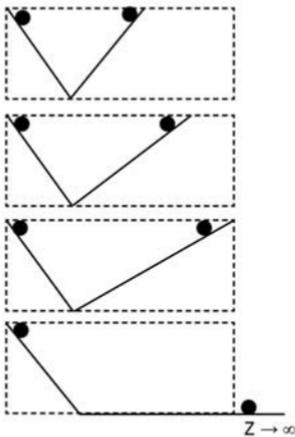
In der Antike glaubte man, dass ein bewegter Körper, der durch keine Kraft angetrieben wurde, stetig langsamer würde - bis er schließlich ganz zur Ruhe käme. Dieser Glaube bestimmte in Gestalt der Physik des Aristoteles für mehr als zwei Jahrtausende das abendländische Denken.

Dieser Glaube mag uns heute – in Kenntnis des Trägheitssatzes - als naiv erscheinen, doch er stützt sich letztlich - ebenso wie das Galileiische Relativitätsprinzip - *auf Beobachtungen, die wir im Bereich sehr kleiner Geschwindigkeiten gemacht haben:* Wenn wir die Bewegung eines über eine Eisfläche dahintergleitenden

Pucks beobachten, dann stellen wir fest, dass der Puck stetig langsamer wird, um schließlich nach einem gewissen Zeitraum ganz zur Ruhe zu kommen.

Während die Aristotelische Physik bereits *in diesem Bewegungsmuster* das Wirken eines fundamentalen Naturgesetzes mutmaßte, betrachten wir dieses Bewegungsmuster aus heutiger Sicht als *zusammengesetzt*, und zwar zusammengesetzt aus einem fundamentalen und einem weniger fundamentalen Bewegungsmuster. So nehmen wir an, dass der Puck (wie jeder andere materielle Körper auch) *grundsätzlich* einer als kräftefrei angenommenen Trägheitsbewegung folgt, wenn keine äußeren Kräfte auf ihn einwirken. Dies ist der fundamentale Anteil an diesem Bewegungsmuster. Dieses fundamentale Bewegungsmuster wird jedoch in dem hier geschilderten Fall durch das Auftreten von Reibungskräfte überlagert. Dies ist der weniger fundamentale Bewegungsanteil. Gäbe es nämlich keine solchen Reibungskräfte, dann würde der Puck, wie wir heute noch glauben, *auf ewig* die ihm ursprünglich erteilte Geschwindigkeit nach Betrag und Richtung beibehalten. Eben dieser *Glaube* ist der zentrale Inhalt dessen, was wir als »Trägheitsgesetz« oder »Trägheitssatz« bezeichnen.

Die Entdeckung dieses Satzes verdanken wir vor allem Galileis



systematischen experimentellen Untersuchungen des Bewegungsverhaltens von Kugeln auf einer schiefen Ebene. Galilei hat entdeckt, dass die Abnahme oder Zunahme der Geschwindigkeit einer Kugel, die eine geneigte Rinne hinab- und hinauf lief, nur von der vertikalen Strecke abhängt, die sie zurückgelegt hatte. Er wandte diese Schlussfolgerung auf eine Situation an, wobei er gerade Reibungskräfte bewusst vernachlässigte.

Wie die Abbildung (Abb. 26) zeigt, sind die Ausgangspunkte aller vier Kugeln gleich hoch. Werden nun die Kugeln losgelassen, dann

rollen sie die Ebene herab und nehmen, wie sich beobachten lässt, gerade genug Schwung auf, um bis zum höchsten Punkt der aufsteigenden Ebene (der dieselbe Höhe wie der Ausgangspunkt hat) hinaufrollen zu können. Dabei nimmt die Strecke, die die Kugel auf der aufsteigenden Ebene zurücklegt, an Länge zu, wenn sich die Neigung dieser Ebene verringert. Galilei fragte sich nun, wie würde sich die Kugel verhalten, wenn die aufsteigende Ebene eine Neigung Null aufwies, wenn man sie also horizontal legen würde? Da die Kugel jetzt nicht mehr die Höhe des Ausgangspunktes erreichen würde, geschähe, wie er überzeugt war, etwas Verblüffendes: Die Kugel würde *bis in alle Ewigkeit* weiterrollen: $Z \rightarrow \infty$.

In der Praxis kam die Kugel natürlich nach einem gewissen Zeitraum zum Stillstand. Galilei war sich über diesen Punkt vollkommen im klaren. Er sah jedoch ebenso klar, dass hierfür vor allen Dingen die *Reibung* verantwortlich war – ein Effekt, der, wie er überzeugt war, das grundlegende Gesetz nur verschleierte, nicht jedoch *substanziell* antastete. Newton hat diese Erkenntnis Galileis aufgegriffen und zum 1. Axiom seiner Mechanik erklärt.

Was diesem Axiom wissenschaftlich Wucht und Dynamik verleiht, ist gerade der temporale Nachsatz - *bis in alle Ewigkeit*. Es ist dieser Nachsatz, der an Kühnheit alles übertrifft, was jemals im Rahmen der theoretischen Physik an Hypothesen formuliert worden ist. Und es handelt sich bei diesem Nachsatz keineswegs um eine nur metaphorische Umschreibung. Selbst so pragmatisch denkende Physiker wie Richard Feynman, der metaphysischen Aussagen eher distanziert gegenüber stand, bekannte, dass man bislang nicht herausgefunden habe, warum sich die Dinge *bis in alle Ewigkeit* auf gerader Linie fortbewegen. Der Ursprung des Trägheitssatzes läge, wie er seinerzeit einräumte, im dunkeln.¹⁰⁶

Dass dieser temporale Nachsatz bis heute mehr oder weniger unreflektiert blieb, hat einen guten Grund, denn die Entdeckung des Trägheitssatzes bildete, was das Reich der Erkenntnis anbelangt, den Auftakt zu einer Erfolgsgeschichte ohnegleichen. Er revolutionierte die bis dahin geltende Aristotelische Physik und läutete damit die Neuzeit ein.

Ganz selbstverständlich waren mittelalterliche Naturforscher, hierin der Aristotelischen Physik folgend, davon ausgegangen, dass ein sich bewegendes Objekt, sobald es sich selbst überlassen war, irgendwann einmal zur Ruhe kommen würde. Indem der Trägheitssatz mit dieser Auffassung brach, revolutionierte er die wissenschaftliche Mechanik. Mit einem Schlag wurden all die Bewegungsmuster, die man bis dahin im Bereich kleiner Geschwindigkeiten beobachtet hatte, verständlich. So war, um ein Beispiel zu nennen, zu Galileis Zeit die *Ballistik* ein schwieriges Gebiet, das jedoch von enormer militärischer Bedeutung war. Hier ging es um das Bewegungsverhalten geschossener Körper. So hatten Naturforscher vor der Zeit Galileis erhebliche Probleme, zu verstehen, welche Kraft dafür verantwortlich war, dass ein Pfeil, *nachdem* er sich vom Bogen gelöst hatte, seine Bewegung beibehielt. Folgte man der Aristotelischen Bewegungslehre, dann war auch das Prinzip »Alles Bewegte wird von etwas bewegt« anzuwenden. Doch mit dieser Anwendung geriet die aristotelische Bewegungslehre in arge Schwierigkeiten, denn wenn der Pfeil sich vom Bogen gelöst hatte, kam als bewegende Ursache nur das Medium Luft in Frage. Wodurch aber wurde die Luft bewegt?

Einen gewissen Fortschritt erbrachte schließlich die sogenannte *Impetustheorie*. Dieser Theorie zufolge bewegte sich ein Körper aufgrund einer ihm „eingepprägten Kraft“, dem *Impetus*. Diese Kraft wurde auf den Körper beim Vorgang des In-Bewegung-Setzens von einem ersten Bewegter übertragen oder durch Kontakt (Stoß) von einem anderen bewegten Körper übermittelt. Doch dieser Impetus hielt die Bewegung eines Pfeils nur für eine gewisse Zeit aufrecht – und zwar bis zu jenem Punkt, an welchem sich der dem Pfeil erteilte Impetus schließlich erschöpft hatte. An diesem Punkt angelangt, fiel der Pfeil dann schließlich senkrecht zur Erde, um seinen »natürlichen« Zustand einzunehmen – nämlich den Zustand der Ruhe. Auf der Grundlage solcher Überlegungen sagten aristotelisch denkende Physiker Geschossbahnen voraus, die mit der Wirklichkeit allerdings nur entfernt übereinstimmten.¹⁰⁷

Indem sich Galilei auf den Trägheitssatz stützte, war es ihm möglich, der Ballistik eine mathematisch sehr viel präzisere und

begrifflich transparentere Form zu geben. Galilei legte dar, dass sich die Bewegung des Pfeils aus einer vertikalen und aus einer horizontalen Bewegung zusammensetzte, wobei die horizontale Bewegung – entsprechend dem Trägheitssatzes – gleichförmig und geradlinig verlief, während die vertikale Bewegung – entsprechend der *Schwerkraft* der Erde – eine konstante Fallbeschleunigung (Geschwindigkeitsänderung dem Betrag nach) nach unten erfuhr. Kombiniert ergaben diese beiden Bewegungsmuster, wie Galilei erkannte, eine Geschossbahn von der mathematischen Gestalt einer *Parabel*. Es zeigte sich, dass die auf diese Weise ermittelte Geschossbahn die Wirklichkeit auf eine sehr viel überzeugendere Weise abbildete als die Aristotelische Physik.¹⁰⁸

Mit dem Wissen um den Trägheitssatz war es Newton – 50 Jahre später – schließlich möglich, jenen innigen Zusammenhang zwischen »Kraft« (F) und »Beschleunigung« (a) in aller Klarheit erkennen zu können, wie er in und mit dem zweiten Gesetz der *Principia* aufgezeigt ist: $F = m \times a$.

Auch die Erkenntnis dieser Beziehung – Kraft ist Masse mal Beschleunigung – sollte sich als ein Donnerschlag im Reich der Physik erweisen: Alle physikalischen Naturgesetze folgen diesem elementaren Zusammenhang. *Jedes Naturgesetz ist gerade dadurch charakterisiert, dass es exakt beschreibt, wie das Bewegungsverhalten von Objekten unter Einfluss von Kräften beschaffen ist.*

Wie der Physiker *Ernst Schmutzer* betont, wäre die Menschheit ohne Kenntnis des Trägheitssatzes erst sehr viel später in der Lage gewesen, diesen für das Verständnis aller Naturgesetze grundlegenden Zusammenhang zu entdecken.¹⁰⁹ Was dann folgte, war, wie bereits ausgeführt, ebenfalls eine Erfolgsgeschichte ohnegleichen. Die auf dem Trägheitssatz basierende Newtonsche Mechanik wurde ihrem Erkenntnisanspruch mehr als gerecht: Sie avancierte innerhalb von nur zwei Jahrhunderten zu *der* Fundamentaltheorie der neuzeitlichen Physik.¹¹⁰ Lange Zeit schien es, als gäbe es keinen Wirklichkeitsbereich, der nicht auf mechanische Weise erklärbar sein würde.

Erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts sollte diese Erfolgsgeschichte ein jähes Ende finden. Der Niedergang der Newtonschen Physik war jedoch keineswegs das Ende der Physik, son-

dern der Beginn wahrhaft revolutionärer Entwicklungen. Eine dieser revolutionären Entwicklungen ist zweifellos die Relativitätstheorie oder allgemeiner: Das relativistische Denken. Es wurde zu einem der bestimmendsten Paradigmen der Physik des 20. Jahrhunderts.

Doch die Frage nach dem Ursprung des Trägheitssatzes blieb auch dieses Denken schuldig. Diese Frage ist nach wie vor eines der großen Rätsel der modernen Physik. Es gibt allerdings nur wenige zeitgenössische Physiker, die das auch in dieser Klarheit aussprechen. Carl Friedrich von Weizsäcker war einer dieser wenigen.

Der Trägheitssatz – Ein ungelöstes Grundlagenproblem

Der Physiker und Philosoph Carl Friedrich von Weizsäcker war durch seine gesamte berufliche Karriere hindurch stets mit der Frage nach der Ursache des Trägheitssatzes beschäftigt. Bereits 1971 wies er auf dieses Problem hin.

„Jeder Körper bleibe in seinem Zustand. Das erfüllt unsere Kausalwartung, so muss es wohl sein. Er bleibt in seinem Zustand, wenn er nicht von Kräften, die von außen kommen, aus diesem Zustand herausgezwungen wird. Das klingt sehr plausibel. Allerdings muss man dazu sagen, dass diese Plausibilität schwindet, wenn man genau hinsieht, wie der Zustand definiert ist. Er wird .. definiert durch das Ruhen oder Sich-Bewegen - geradlinig, gleichförmig. Denken wir an das - nennen wir es einmal - naive Weltverständnis, so wird man sagen: Gewiss, ein Körper befindet sich jeweils in einem Zustand. Wenn dies Glas hier ist, dann kann ich das einen Zustand des Glases nennen. Wenn es aber dort ist und auch auf dem Kopf steht, dann ist das ein anderer Zustand. Wenn man so will, kann man den Ort, an dem sich ein Körper befindet, als Charakteristikum seines Zustandes ansehen. Es wäre daher sehr naheliegend, anzunehmen: Wenn ein Körper seinen Ort ändert, so muss das durch eine Kraft veranlasst sein. Und wenn keine Kraft da ist, dann bleibt er in dem Zustand, in dem er ist, z.B. an dem Ort, an dem er ist. Unge-

fähr in dieser Richtung liegt das aristotelisch-scholastische Verständnis von Bewegung im Sinne der Ortsänderung als eines Spezialfalles von χιμεγρισ, für die wir vielleicht eher Veränderung als Bewegung sahen würden.“¹¹¹

So fasst von Weizsäcker die Sicht der Aristotelischen Physik zusammen. Von hier aus unternimmt er den Versuch, das neuzeitliche Verständnis von Bewegung methodologisch möglichst scharf zu fassen.

„Von einer solchen Bewegung als Ortsänderung, die ohne das Wirken von Kräften aufhört, spricht Newton nicht. Er folgt hier Galilei. Galilei lehrte, dass ein Körper entgegen der üblichen Erwartung genau dann in einem Zustand geradliniggleichförmiger Bewegung verharret, wenn keine Kraft da ist, die ihn daran hindert. Das heißt: Die Bewegung wird zum Charakteristikum des Zustandes gemacht. Das ist *a priori* nicht einsichtig, und ich möchte betonen: Man kann es auch *a priori* gar nicht einsichtig machen.“

Er verweist an dieser Stelle auf ein späteres Kapitel – und fährt mit den Worten fort: „Erst nachdem Galilei es erkannt hatte, hat man solche Formulierungen wie auch die Newtonsche gewählt, welche die Bewegung selbst als einen Zustand bezeichnet. Damit wird unser Bedürfnis nach Kausalität, das für Zustandsänderungen eine verursachende Kraft verlangt, sprachlich wieder befriedigt. Hier dient die Sprache dazu, einen Sachverhalt, der noch 50 Jahre vor der Newtonschen Formulierung für völlig paradox gehalten wurde, der sich aber bei den Physikern, die die Sache verstanden, inzwischen durchgesetzt hatte, nun auch so zu fassen, dass der Anstoß verschwindet, den er zunächst zu erregen scheint.“ Auch das könne, wie von Weizsäcker betont, die Sprache leisten. Dass es sich in diesem Fall jedoch *um eine Verhexung des Verstandes durch die Sprache* (Ludwig Wittgenstein) handelt, daran lässt er keinen Zweifel aufkommen.

„Man kann sagen: Gewiss, aber so ist dies immerhin jetzt definiert. Man hat es jetzt erkannt, die Erfahrung hat es gelehrt. Ich will wieder nicht eingehen auf die sehr interessante Frage, ob denn die Erfahrung das lehrte. Ich möchte nur darauf hinweisen, dass ja noch nie ein Mensch eine Trägheitsbewegung gesehen hat, denn alle Körper, die wir wirklich sehen, kommen

einmal zur Ruhe oder werden abgelenkt durch Kräfte, und die völlig ungehinderte geradlinig-gleichförmige Bewegung ist im Grunde Fiktion. Das heißt: Das Trägheitsgesetz spricht gar nicht etwas aus, was man wirklich gesehen hat, es spricht nur eine - sagen wir einmal - ideale Forderung aus, die sich dann als Ausgangspunkt der weiteren Analyse als sehr fruchtbar erwiesen hat. Sie ist ohne Frage sogar die hier fruchtbarste Forderung. Denn durch die Galilei-Newtonsche Auffassung war es möglich, die obengenannten eingepprägten und eingedrückten Kräfte mathematisch scharf durch die Beschleunigung, die sie hervorrufen, zu definieren, und erst das Resultat einer Analyse von nicht geradlinig-gleichförmigen Bewegung mit Hilfe des so erklärten Begriffes der Kraft ist hinterher die Rechtfertigung dafür, dass man definieren konnte: Das, was unter keiner Kraft steht, bewegt sich geradlinig-gleichförmig.“

„Man wird“, wie er fortfährt, „vielleicht einräumen: Nun gut, es werden Behauptungen aufgestellt, die sich erst hinterher durch den Erfolg rechtfertigen. Nach meiner Auffassung zeigt sich jedoch noch mehr: Es werden Begriffe gebraucht, die erst durch den Erfolg Sinn bekommen, d.h. einen so eindeutigen Sinn, als der jeweilige Erfolg gestattet. Fragen wir z.B.: Was heißt denn geradlinig sich bewegen? Geradlinig, verglichen womit? Man könnte antworten: Geradlinig im Universum. Wenn man aristotelisch-ptolemäisch denkt, hat man die Erde als Bezugssystem. Die Erde steht ruhend in der Mitte der Welt. Um sie dreht sich das Himmelsgewölbe. Was hier geradlinig im Vergleich zur Erde heißt, ist jedem verständlich. Seit Kopernikus weiß man nun, dass das ptolemäische Weltbild falsch ist. Auch hier verstehen wir, was geradlinig heißt. Es heißt geradlinig relativ zur Sonne. Doch bald darauf wurden, wie man sich gern ausdrückt, die Sphären zerschlagen, und die Vermutung eines unendlichen Weltalls fand Glauben. Was heißt nun im unendlichen Weltall geradlinig? Verglichen womit? Gibt es da einen Mittelpunkt? Es gibt keinen.

Newton musste, um dieses Problem zu lösen, eine vollkommen neue Erfindung machen - die Erfindung des absoluten Raumes. Relativ zum absoluten Raum soll jetzt die Bewegung geradlinig sein. Vom absoluten Raum hat vor Newton im Grunde nie-

mand gewusst. Niemand brauchte davon zu wissen, denn es gab ja das Weltall als natürliches Bezugssystem. Der absolute Raum, durch Newton eingeführt, ist eigentlich zu nichts anderem da, als zu definieren, was geradlinig im Trägheitsgesetz heißt. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurde dieser Begriff durch Mach kritisiert. Mach wies mit dem Recht darauf hin, dass Newtons Argumentation für die Existenz des absoluten Raumes Lücken aufwies. Es war nunmehr der Meinung, man müsse die geradlinige Bewegung definieren relativ zu den sehr fernen Massen des Weltalls... Diese Vermutung wurde von Einstein übernommen. Die Relativitätstheorie ist allerdings keine volle Erfüllung des Mach'schen Programms. ... Für den methodischen Gesichtspunkt, den ich aufzeigen will, genügt es zu sagen, dass jedenfalls in dem Newtonschen Trägheitsgesetz ein Begriff verwendet ist - *movendi uniformiter in directum* -, dessen exakte Definition alle die Schwierigkeiten bietet, die ich durch meine kurze Betrachtung über den Begriff des Raumes angedeutet habe. Das schadet freilich nichts, denn das Gesetz wird im allgemeinen nur in Fällen angewendet, in denen man gut genug weiß, was geradlinig heißt.¹¹²

Von Weizsäcker beendet diese ausgedehnten wissenschaftstheoretischen Reflexionen zum Trägheitssatz mit der Feststellung, dass es einen immer schon erschlossenen Bereich gibt, in dem man sich gut genug verständigen kann, um - auf das dort herrschende Verständnis aufbauend - neue Bereiche erschließen zu können. Doch der Trägheitssatz sollte ihm keine Ruhe lassen.

Auch in seinem zweiten Grundlagenwerk *Aufbau der Physik*, das 1985 erschien, sollte er dieses Thema wieder aufgreifen. In diesem Buch wird er seiner Auffassung vom Trägheitssatz jedoch eine ungleich klarere und entschiedener Diktion geben. Er setzt sich dort intensiv mit der Grundgleichung der klassischen Mechanik auseinander.

„Der begriffliche Sinn der Kraft sei, dass sie *Ursache einer Veränderung* ist.“ So beginnt von Weizsäcker seine Auseinandersetzung. Formal würde man das darin sehen, dass die grundlegende Funktion der zeitlichen Ableitung einer Zustandsgröße proportional gesetzt ist. Es sei, wie er betont, vorweg angesetzt, wie die

Kraft vom Zustand abhängen soll, und diese Kraft würden dann die Änderung des Zustands in der Zeit bestimmen. Man verstehe unter dieser Funktion jedoch nicht nur *eine* Ursache neben anderen, sondern *die* Ursache der Zustandsänderung. Dieser Gedanke würde die Physiker aber vor eine *kausale Paradoxie* der klassischen Mechanik stellen, die in der neueren Physik noch nicht aufgelöst ist. Diese Paradoxie würde heute jedoch, im Unterschied zur Zeit Galileis, kaum empfunden. Sie beruhe, wie er darlegt, mathematisch darauf, dass die ihr zugrunde liegende Differentialgleichung von zweiter Ordnung sei. Die sie kennzeichnende Zustandsgröße würde ihre eigene Weiterentwicklung nicht vollständig determinieren, sondern sie täte dies nur zusammen mit ihrer in der Anfangsbedingung unabhängig wählbaren, zeitlichen Ableitung. Würde man nun die Kraft, welche die Ursache der Zustandsänderung sein soll, gleich Null setzen, *so gäbe es dennoch Lösungen mit zeitlich konstanter Geschwindigkeit.*

Man würde den sprachlichen Anschein der Paradoxie an dieser Stelle nur dadurch vermeiden, indem man Kraft nicht als Ursache der Bewegung, sondern als Ursache der Beschleunigung nennen würde. Gleichwohl würden die entsprechenden physikalischen Lösungen einen in der Zeit variablen Zustand darstellen, ohne dass die Grundgleichung der Mechanik, in der die Kraft auf $F = 0$ gesetzt ist, eine äußere Einwirkung auf das System auswies, die als Ursache dieser ständigen Zustandsänderung gelten könnte. Im Unterschied zum empfindlichen kausalen Gewissen von Aristoteles und der Scholastiker, die nach einer Erklärung des Weiterfliegens eines frei geworfenen Körpers suchten, habe die Neuzeit gegenüber der Trägheitsbewegung auf eine solche Erklärung schlicht verzichtet. Dieser Verzicht entstamme jedoch nicht einer grundsätzlichen Resignation gegenüber kausalen Erklärungen, er sei, so von Weizsäcker, nichts weiter als die Kapitulation vor einem ungelösten Problem.¹¹³

Diesen sehr entschiedenen Standpunkt, wonach der Trägheitssatz eine kausale Paradoxie darstellt, wird er in demselben Buch noch mehrmals unterstreichen.

„Das *Trägheitsgesetz* ... ist fundamental für die klassische Mechanik. Es stellt aber ein kausales Paradoxon dar. Aristoteles

verstand Bewegung als Änderung des Zustands und daher Kraft als Ursache der Bewegung. In der klassischen Mechanik ist jedoch die Trägheitsbewegung gerade die Bewegung ohne einwirkende Kraft. Im 17. Jahrhundert fühlte man noch die hierin liegende Paradoxie; Descartes und, ihm folgend, Newton definierten den Zustand eines Körpers durch seine Geschwindigkeit, so dass erst die Beschleunigung nun als Zustandsänderung angesehen wurde. Dies aber ist inkonsequent, denn zwei Körper gleicher Geschwindigkeit an verschiedenem Ort sind in verschiedenen Zuständen, wie die moderne Beschreibung im Phasenraum mit Recht sagt; und bei der Trägheitsbewegung ändert sich der Punkt im Phasenraum.¹¹⁴

Wolle man daher konsistent kausal denken, so müsse man, so von Weizsäcker, die Trägheitsbewegung als verursacht ansehen. Doch der Versuch eines solchen kausalen Verständnisses der kräftefreien Bewegung würde in der bisherigen Physik ins Dunkle führen. Und selbst als er sieben Jahre später sein drittes und letztes Grundlagenwerk zur Physik mit dem Titel: *Zeit und Wissen* veröffentlichte, wird er neuerlich auf diese dem Trägheitssatz anhaftende Paradoxie aufmerksam machen.

„Das Trägheitsgesetz muß als kausales Paradox erscheinen. Das Kausalprinzip, wie immer man es formuliert, nimmt an, jedes Geschehen habe eine Ursache. Die Ursache von Bewegungen nennt man traditionell Kräfte. Die Trägheitsbewegung ist jedoch eine Bewegung ohne Kraft, also anscheinend ohne Ursache.

Das Missbehagen über dieses Paradox dürfte das Motiv für die verschleierte Formulierung Newtons (wie schon Descartes') sein, der kräftefreie Körper »verharre« in seinem »Zustand« gleichförmiger Bewegung. Die Ortsänderung ist ein Geschehen, das seinerseits als Ursache weiteren Geschehens auftreten kann (das Projektil beispielsweise fliegt auf einer Trägheitsbahn bis ins Ziel, das es zertrümmert).

In einer modernen Fassung der Punktmechanik charakterisiert man den Zustand - die Phase - eines Massenpunktes durch sechs Parameter, nämlich drei Orts- und drei Impulskoordinaten; nur die letzteren sind jedoch bei der Trägheitsbewegung konstant.

Die Physiker wären vielleicht geneigt, zu sagen, die Ursache der Trägheitsbewegung sei eben das Trägheitsgesetz. Aber auch das wäre eine verbale Verschleierung des Problems. Im selben Sinne wäre »Ursache« (besser wohl »Grund«) der Fallbewegung das Gravitationsgesetz. Aber das Gravitationsgesetz fordert eine dingliche lokalisierbare Ursache der Beschleunigung: den anziehenden Körper oder, feldtheoretisch, das Gravitationsfeld. Das Trägheitsgesetz fordert keine dingliche Ursache der Konstanz der Geschwindigkeit.¹¹⁵

Auch in diesem Werk wird er nicht müde, zu betonen, dass die bisherige Physik dieses Problem nicht gelöst habe. In den nachfolgenden Kapiteln möchte ich zeigen, in welcher Beziehung das SRP zu dem Trägheitssatz steht – und welche *stillschweigenden Voraussetzungen* mit dieser Beziehung verknüpft sind.

Das »geheime« Innenleben des Relativitätsprinzips

In seiner modernen Fassung besagt das spezielle Relativitätsprinzip, dass die Naturgesetze in allen lokalen Inertialsystemen dieselbe Form haben. Ein naheliegendes Beispiel ist die »Konstanz der Lichtgeschwindigkeit«. Jeder Inertialbeobachter misst für den Wert der Lichtgeschwindigkeit stets denselben Wert – und zwar *unabhängig* von der Geschwindigkeit, mit der er sich bewegt.

In eben diesem physikalischen Terminus »Inertialsystem« ist die enge Beziehung zwischen dem speziellen Relativitätsprinzip und dem Trägheitssatz sprachlich noch »gegenwärtig«, denn ein Inertialsystem ist ein Bezugssystem, das entweder ruht oder sich geradlinig-gleichförmig bewegt. Es nimmt damit ausdrücklich auf die von dem Trägheitssatz als »kräftefrei« ausgezeichneten Bewegungszustände Bezug (lat. *inertia*, Trägheit).

Das hat natürlich zur Folge, dass jeder Beobachter in einem Bezugssystem, das ruht oder sich geradlinig-gleichförmig bewegt, auch genau dieselben fundamentalen Naturgesetze konstatiert,

denn die Naturgesetze gelten, wie wir gehört haben, ausschließlich dem Ziel, exakt zu beschreiben, *wie das Bewegungsverhalten von Objekten unter dem Einfluss von »Kräften« beschaffen ist.*

Die das spezielle Relativitätsprinzips wesensmäßig kennzeichnende Behauptung, wonach eine geradlinig-gleichförmige Bewegung relativ ist, *ist daher nichts weiter als eine unmittelbare Konsequenz des Trägheitssatzes.*

THS \Rightarrow SRP

Diese Beziehung gilt freilich nur dann, wenn man den Trägheitssatz für *fundamentaler* hält als das Spezielle Relativitätsprinzip. Doch genau dies hat Albert Einstein bezweifelt. Obwohl er einräumte, dass man in dem Trägheitssatz *ein letztes Fundament der Physik* sehen könne, so sprach er sich am Ende jedoch gegen diese Auffassung aus. Seiner Meinung nach widerstrebte es dem wissenschaftlichen Verstand, ein Ding – wie den absoluten Raum – zu setzen, was zwar wirkt, auf welches aber nicht gewirkt werden kann. Dies sei, wie er betonte, auch der Grund gewesen, der E. Mach dazu gebracht habe, den absoluten Raum aus dem System der Mechanik eliminieren zu wollen.¹¹⁶

Als Folge dieser letztlich *erkenntnistheoretisch motivierten* Überzeugung drehte er das vorgenannte Beziehungsverhältnis um. Statt in dem SRP eine aus dem Trägheitssatz folgende Konsequenz zu sehen, postulierte er dieses Prinzip ein solches letztes Fundament, während er in dem Trägheitssatz nur noch eine aus ihm folgende Konsequenz sah. Diese relativistische Interpretation ist mittlerweile Teil des modernen physikalischen Denkens. „Der harte Kern des .. Relativitätsprinzips .. ist das .. empirische Faktum des Trägheitsgesetzes. Postuliert man das Relativitätsprinzip als Naturgesetz, dann haben nicht Raumpunkte, wohl aber Trägheitsbahnen objektive Realität. D.h. man kann nicht einen durch die Zeit identischen Raumpunkt durch einen Körper objektiv markieren, wohl aber eine Trägheitsbahn. Dann kann man das Trägheitsgesetz als eine selbstverständliche *Konse-*

quenz [Hervorhebung durch den Autor] des zuvor postulierten Naturprinzips der Relativität auffassen.“¹¹⁷

SRP \Rightarrow THS

Wenn man nach den Motiven fragt, die Physiker dazu bewegt haben mögen, zu Beginn des 20. Jahrhunderts, diesen radikalen perspektivischen Wechsel zu vollziehen und bis heute daran unbeirrbar festzuhalten haben, dann sind dies, wie bereits angeklungen, weniger physikalische als vielmehr *erkenntnistheoretische* Gründe: Physiker, darunter auch Einstein, gelangten zu der Haltung, dass sich die Physik grundsätzlich nur mit dem beschäftigen sollte, *was experimentell beobachtbar ist*. Diese Haltung beinhaltete eine ebenso klare wie entschiedene Absage an die *Metaphysik*.

Die Relativierung der Newtonschen Begriffe des absoluten Raumes und der absoluten Zeit durch Einstein ist zu einem nicht unerheblichen Teil von dieser erkenntnistheoretischen Haltung geprägt, denn diese beiden Begriffe sind vor allen Dingen deswegen kritisiert worden, weil sie nicht den Grad an Beobachtbarkeit besaßen, den sich viele Physiker wünschten. Physiker wie Ernst Mach gingen sogar soweit, die Physik *von jeglicher Metaphysik* befreien zu wollen. Einstein sollte von dieser Haltung im Laufe der kommenden Jahre immer weiter und entschiedener abrücken.

So führte er im Frühjahr 1926 ein recht denkwürdiges Gespräch mit Werner Heisenberg, in dem es um die physikalische Deutung der gerade von Werner Heisenberg publizierten Quantenmechanik ging. Da sich diese neue Mechanik zum Beschreiben des Verhaltens von Elektronen im Atom nur auf die *beobachtbaren* Größen der ‘Schwingungszahlen’ und ‘Amplituden’ stützte und auf den klassischen Begriff der ‘Elektronenbahn’ vollständig verzichtete, kritisierte Einstein Heisenbergs Vorgehen mit den Worten:

»Aber Sie glauben doch nicht im Ernst, daß man in eine physikalische Theorie nur beobachtbare Größen aufnehmen kann.«

Heisenberg rechtfertigte sein Vorgehen mit dem Hinweis, dass doch gerade er - Albert Einstein - bei seiner speziellen Relativitätstheorie von eben dieser Vorgehensweise Gebrauch gemacht habe, in dem er den Newtonschen Begriff der absoluten Zeit als unbeobachtbar kritisiert hatte. Einstein bezeichnete diese Vorgehensweise - ungeachtet der Tatsache, dass er ihr gefolgt war - als 'Unsinn' und erklärte: »Erst die Theorie entscheidet, was beobachtet werden kann«. ¹¹⁸ Zwei Jahre später - 1928 - ging Einstein schließlich noch einen Schritt weiter. In einem Gespräch mit dem Physiker Arnold Sommerfeld erklärte er: „Alle Physik ist Metaphysik.“ ¹¹⁹

Doch das von ihm initiierte und inspirierte relativistische Denken sollte so viel Eigendynamik entwickeln, dass diese antime-taphysische Attitüde bis heute in der Physik lebendig geblieben ist. Die modernen Nachfolger Einsteins sehen in der systematischen Eliminierung eines wie auch immer gearteten metaphysischen Hintergrundes das wahre Ziel des relativistischen Denkens.

Aufgrund des Erfolges der Relativitätstheorie, insbesondere der Allgemeinen Relativitätstheorie, sind sie der Überzeugung, dass die Idee einer festgefügtten Hintergrundgeometrie der Raumzeit ein für alle Mal als ein völlig überholtes Konzept entlarvt worden ist, vergleichbar antiquiert wie die Vorstellung von festgefügtten Kristallsphären, welche die Planeten daran hinderten, zu Boden zu fallen. Dieser Überzeugung folgend, erklären sie die sogen. *Diffeomorphismeninvarianz* zu einem der entscheidenden Prinzipien der modernen Physik. Es besagt, dass es in der Physik keine zusätzlichen Strukturen gibt, die bestimmte Koordinaten vor anderen Wahlmöglichkeiten auszeichnen. Von der Gültigkeit dieses Prinzips überzeugt, sie sind der Auffassung, dass sich eine *grundlegende* Beschreibung der Wirklichkeit dann und nur dann finden lässt, wenn man noch vorhandene Hintergrundstrukturen in den bestehenden physikalischen Theorien identifiziert und schließlich entfernt! ¹²⁰

Eben diese Entwicklung hat dazu geführt, dass auch der Trägheitssatz in seiner Eigenschaft als ein letztes Fundament der Physik immer mehr den Blicken der Physiker entrückt ist. Doch dieser Satz ist nach wie vor im Herzen der modernen Physik ak-

tiv; wenn auch nicht mehr auf offener Bühne. Er ist daher heute schwieriger geworden, klar zu erkennen, wo und in welcher Form der Trägheitssatz unsere Vorstellungen vom Universum prägt.

Da der Begriff »Inertialsystem« ein Schlüsselbegriff der Speziellen Relativitätstheorie ist, ist diese Theorie nach wie vor der Ort, wo man diesen vom Trägheitssatz ausgehenden begrifflichen Prägungen immer noch am ehesten auf die Spur kommen kann.

Obwohl der Trägheitssatz gerade durch die Spezielle Relativitätstheorie - mit der Relativierung der Newtonschen Begriffe des absoluten Raumes und der absoluten Zeit – *offiziell* seine fundamentale Bedeutung einbüßen sollte, seine *inoffizielle* physikalische Geltung blieb hiervon weitgehend unberührt.

Ausgangspunkt der Einsteinschen Überlegungen war die Galileische Beobachtung – also die Feststellung, dass im Bereich sehr kleiner Geschwindigkeiten eine geradlinig-gleichförmige Bewegung *faktisch* nicht vom Zustand der Ruhe unterscheidbar ist. Alle physikalischen Vorgänge in einem sich mit konstanter Geschwindigkeit bewegendem Bezugssystem laufen genauso ab als befände sich dieses Bezugssystem in Ruhe. Aus diesem Faktum schloss er (wie alle anderen Physiker auch), dass eine geradlinig-gleichförmige Bewegung *relativ* sei. Von diesen beiden Bedingungen haben wir schon an anderer Stelle gehört. Sie gelten den beiden Fragen: (1) Was wurde tatsächlich beobachtet und (2) welche Konsequenz wurde physikalisch daraus gezogen?

Einstein hat dieses Stück klassischer Physiktradition von seinem Vorgänger Sir Isaac Newton übernommen. Als er jedoch das Galileische Relativitätsprinzip auf die Wirklichkeit als Ganzes ausdehnte und als ein fundamentales Naturprinzip postulierte, schuf er für Bedingung Nr. 2 so etwas wie eine *stillschweigende Voraussetzung*: Er verankerte den Trägheitssatz tief im Herzen des relativistischen Denkens.

Als Einstein das Galileische Relativitätsprinzip in Gestalt des Speziellen Relativitätsprinzips als fundamental postulierte, postulierte er nicht nur die aus diesem Prinzip folgende *Konsequenz* – nämlich die Relativität der geradlinig-gleichförmigen Bewegung – als fundamental, er verschaffte auch dem Trägheitssatz

innerhalb seiner Theorie eine solche fundamentale Geltung, denn eine solche Bewegung kann dann und nur dann als *relativ* aufgefasst werden, wenn sie implizit als *kräftefrei* angenommen wird. Nur unter dieser einschränkenden Bedingung ist physikalisch sichergestellt, dass die geradlinig-gleichförmige Bewegung, wie vom speziellen Relativitätsprinzip gefordert, *ohne Einfluss auf die Form der Naturgesetze bleibt*. Der Trägheitssatz ist so zur *stillschweigenden Voraussetzung* der Speziellen Relativitätstheorie geworden.

Wenn man überhaupt davon sprechen will, dass der Geltungsbereich des Trägheitssatzes durch diese Theorie eingeschränkt worden ist, dann betrifft dies lediglich den physikalisch zugelassenen Geschwindigkeitsraum, denn in der Newtonschen Mechanik wurde die Gültigkeit dieses Satzes noch für den Geschwindigkeitsbereich von 0 bis ∞ unterstellt. In Einsteins Theorie hingegen gilt dieser Satz nur noch im Bereich von 0 bis c . Doch innerhalb dieses Bereiches ist seine Gültigkeit immer noch stillschweigend vorausgesetzt.

Wie ungeheuer weitreichend diese Implikation wird deutlich, wenn über das dynamische Verhalten *sich selbst überlassener Körper* nachdenken: Setzen wir den Trägheitssatz *in der uns bekannten Form* als wahr voraus, dann muss ein solcher Körper, unabhängig davon, welche Geschwindigkeit ihm ursprünglich erteilt wurde, diese Geschwindigkeit *auf ewig exakt* behalten. Er darf, Vakuumbedingungen immer vorausgesetzt, *niemals - unter keinen Umständen* - auch nur einen Deut langsamer werden, gleichgültig ob seine Geschwindigkeit 1 Kilometer pro Sekunde oder 100.000 Kilometer pro Sekunde beträgt. Dies ist eine physikalisch unglaublich weitreichende Forderung.

In die Sprache Epsteins übersetzt, bedeutet dies, dass *alle* »Geschwindigkeitsrichtungen« in dem von der Speziellen Relativitätstheorie physikalisch zugelassenen Geschwindigkeitsbereich von 0 bis c als *streng* »kräftefrei« vorausgesetzt werden müssen.

Dass diese Voraussetzung heute nicht mehr thematisiert wird, hängt vor allem mit der Tatsache zusammen, dass absolute Begriffe innerhalb der modernen Physik nach wie vor mit dem Stigma »metaphysisch« belegt sind. Als sich Einstein gegen den Trägheitssatz als ein letztes Fundament der Physik aussprach,

war diese Entscheidung eine klare Entscheidung zuungunsten eines absoluten Begriffes. Sie erinnern sich? Seiner Meinung nach widerstrebte es dem wissenschaftlichen Verstand, ein Ding zu setzen, was zwar wirkt, auf welches aber nicht zurückgewirkt werden kann.

In einem metaphysischen Theoriekontext hingegen ist die Einführung eines solchen Dinges – das bedingt, ohne selbst bedingt zu sein - *unverzichtbar*: Es ist kennzeichnend für die Metaphysik. Der von ihr behauptete Gegenstandsbereich ist *gerade* durch diesen Begriff der Absolutheit *essenziell* charakterisiert; eine Charakterisierung, die, wie wir gesehen haben, auch unmittelbaren Einfluss auf die physikalische Deutung der raumzeitlichen Struktur des Mandalas hat.

Dass sich die Metaphysik als der Schlüssel zum Verstehen des Trägheitssatzes erweisen könnte, ergibt sich somit beinahe von selbst. Noch deutlicher wird dies, wenn wir uns die besondere begriffliche Gestalt vergegenwärtigen, die der Trägheitssatz innerhalb der modernen Physik innehat: „Warum bewegt sich ein Körper bis in alle Ewigkeit geradlinig fort, wenn keine Kraft auf ihn wirkt? Dies, so sagte Feynman, wisse niemand. Letztlich stoßen alle Erklärungen irgendwo an eine Grenze.“¹²¹

Angesichts dieser besonderen begrifflichen Struktur des Trägheitssatzes erscheint die Metaphysik als die *einzig*e Disziplin, die uns die Chance bietet, diesen Satz tiefer und umfassender verstehen zu können, denn sie ist die einzige Disziplin, die von ihrem Gegenstandsbereich her *natürlicherweise* mit dem Begriff der Ewigkeit zu tun hat.

In den nachfolgenden Kapiteln möchte ich zeigen, dass die Metaphysik in der Tat zum Verständnis des Trägheitssatzes entscheidende Beiträge leisten könnte.

Null und Unendlich –Die »Kabbala« des Einen

Wie wir in dem Abschnitt *Elementarmatrix 5.0 – Grundzüge einer modernen Metaphysik* erfahren haben, ist mit dem Prinzip

der radikalen Nicht-Dualität ein ganz spezifisches formales Muster verknüpft, und zwar

$$P_{\text{RND}} = \{0, \infty\}$$

Dieses formale Muster konnte bislang nur mit zwei physikalischen Begriffen, wie dem Begriff der *Geschwindigkeit* und dem des *Raumes*, verknüpft werden. Daraus ergaben sich folgende physikalische Grenzwerte: $v = 0$; $v = \infty$; $R = 0$; $R = \infty$.

Obwohl es sich nur um eine äußerst kleine Zahl von Werten handelte, so tauchte dennoch die grundsätzliche Frage auf, wie derlei Werte in einer künftigen »meta-physikalischen Fundamentaltheorie« *untereinander* verknüpft sein würden.

Mit Blick auf die bereits ermittelten Werte war anzunehmen, dass, um ein Beispiel zu nennen, $v = \infty$ mit $R = \infty$ verknüpft war, denn ein unendlich schneller »Vorgang« würde auch zugleich überall, d.h. *im gesamten Universum*, gegenwärtig sein. Doch handelte sich hierbei um ein durchgängig gültiges Verknüpfungsmuster? War also immer ein »Unendlichkeitsbegriff« (B_1) mit einem anderen »Unendlichkeitsbegriff« (B_2) verknüpft?

$$\begin{array}{l} B_1 \cup B_2 \{ \infty \mid \infty \} \\ B_1 \cup B_2 \{ 0 \mid 0 \} \end{array}$$

Oder war es denkbar, dass es neben diesen »reinen« Beziehungspaaren auch »gemischte« Beziehungspaare gab, in dem sowohl der Wert »Null« als auch der Wert »Unendlich« vorkam ?

$$\begin{array}{l} B_1 \cup B_2 \{ \infty \mid 0 \} \\ B_1 \cup B_2 \{ 0 \mid \infty \} \end{array}$$

Im Zuge der Auseinandersetzung mit dieser Frage rückte schließlich das nachfolgende Beziehungsmuster in den Brennpunkt der weiteren Untersuchungen:

$$v \cup Z \{ 0 \mid \infty \}$$

In diesem metaphysisch »gemischten« Beziehungsmuster waren der Geschwindigkeitswert $v = 0$ und die Zeitdauer $Z = \infty$ zueinander in Beziehung gesetzt. Obwohl dieses Beziehungsmuster, wenigstens implizit, der »Struktur des Vakuums« galt, so wies dieses Muster eine begriffliche Gestalt auf, die unwillkürlich an den Trägheitssatz erinnerte, denn auch in ihm waren der *Zustand der Ruhe* ($v = 0$) und der der *Ewigkeit* ($Z = \infty$) miteinander verknüpft.

Das Beziehungsmuster nahm damit *ausdrücklich* auf gewisse begriffliche Elemente des uns vertrauten Trägheitssatzes Bezug. Was diese Verknüpfung jedoch zu etwas Interessantem machte, war nicht dieser Bezug allein, sondern vor allem die damit einhergehende *Restriktivität*: Sie suggerierte, dass der Trägheitssatz womöglich auch nur für diesen Zustand der Ruhe in Strenge zutraf - dass also ausschließlich dieser eine Zustand *auf ewig* währte. Der Trägheitssatz, *wie wir ihn kennen*, ist in dieser Hinsicht weit weniger restriktiv formuliert: Er umfasst nämlich nicht nur den Zustand der Ruhe ($v = 0$), sondern auch *sämtliche* geradlinig-gleichförmigen Bewegungszustände ($v > 0$). Auch für diese Zustände ist die temporale Bedingung der »Ewigkeit« in Anspruch genommen. Es tauchte daher die Frage auf: Stellte der Trägheitssatz in der uns bekannten Form eine unzulässige Verallgemeinerung dar? Galt er in Wahrheit nur für einen einzigen Geschwindigkeitswert, und zwar für den Wert $v = 0$? War also nur der Zustand der Ruhe in Strenge kräftefrei?

Diese Fragen waren, wie sich rückblickend zeigen sollte, von entscheidender Bedeutung, um möglichen experimentellen Unterschieden zwischen der Physik des Mandalas und der Speziellen Relativitätstheorie auf die Spur zu kommen. Die formale Präzisierung des Begriffes der Ewigkeit *durch das Prinzip der radikalen Nicht-Dualität* erwies sich hierbei als eine notwendige Vorbedingung. Erst in dem Augenblick, da dem Begriff der Ewigkeit ein physikalisch schärferes Profil gegeben war, war es auch möglich, die mit dem Trägheitssatz zusammenhängenden Fragestellungen *auf eine differenziertere Weise* wahrnehmen zu können.

Wie ich bereits dargelegt habe, war die Erkenntnis, welche räumlichen Grenzbedingungen im Falle der Existenz des Einen

vorliegen mussten, der erste »konkretere« Schritt in Richtung einer modernen Metaphysik.

Diese speziellen metaphysischen Bedingungen ließen sich natürlich auch in uns vertraute Begriffe »übersetzen«. So war es naheliegend, die formale Beziehung $R = 0$ begrifflich als »Hier« zu umschreiben, da mit dieser Beziehung in mathematischer Hinsicht ein »Punkt« im Raum bezeichnet ist.¹²²

Wenn es jedoch möglich war, dem räumlichen Begriff des »Hier« einen metaphysisch beschreibbaren Sinn zu geben, dann traf dies sicherlich auch auf den zeitlichen Begriff des »Jetzt« zu. Es war daher anzunehmen, dass der temporale Grenzwert $Z = 0$ eine zentrale Rolle in einer künftigen »meta-physikalischen« Fundamentaltheorie spielen würde. Von hier aus war es nur noch ein sehr kleiner Schritt, das Prinzip der radikalen Nicht-Dualität um das nachfolgende zeitliche Wertepaar zu erweitern.

	Minimum	Maximum
R	0	∞
Z	0	$\infty!$
<i>v</i>	0	∞
..	0	∞

Tab. 3 – Formalisierung der Ewigkeit

War dem Begriff des »Jetzt« der Wert $Z = 0$ zugeordnet, dann schien es nur natürlich, den Wert $Z = \infty$ (!) als formale Beschreibung des metaphysischen Begriffes der »Ewigkeit« zu interpretieren. Eben diese Formalisierung ließ den Trägheitssatz *in einem ganz neuen Licht* erscheinen: Wenn man annahm, dass mit diesen beiden Bestimmungen ($Z = 0$; $Z = \infty$) ganz spezifische »temporale« Grenzbedingungen bezeichnet waren, die das Universum notwendig erfüllen musste, wenn es mit dem Einen verträglich sein sollte, dann implizierte dies u.a., *dass es innerhalb des sichtbaren Universums keinen Vorgang (!) geben konnte, der in der Strenge ewig dauerte, denn die Ewigkeit war – entspre-*

chend dem konzeptionellen Aufbau einer modernen Metaphysik – ein physikalisch unerreichbarer »Grenzwert«.¹²³

Diese Implikation führte schlussendlich nicht nur zu der »Entdeckung« des zuvor genannten Beziehungsmusters: $v \cup Z \{0 | \infty\}$, sondern sie gab auch den Blick auf den nachfolgenden, unmittelbar damit verknüpften »innerweltlichen« Grenzprozess frei:

$$v \rightarrow 0; Z \rightarrow \infty$$

Wenn dieser Grenzprozess innerhalb unseres Universums realisiert war, dann näherte sich der Bewegungszustand eines sich selbst überlassenen Körpers zwar mit Annäherung an die Geschwindigkeit Null immer mehr der von uns als streng kräftefrei vorausgesetzten *Trägheitsbewegung* an, doch der sie eigentlich kennzeichnende kräftefreie Zustand $\{v \cup Z \{0 | \infty\}$ blieb für einen solchen Körper in letzter Konsequenz *unerreichbar*, denn der Zustand der *absoluten Ruhe* ($v = 0$) stellte ebenso wie der Zustand der *Ewigkeit* einen physikalisch unerreichbaren Grenz-zustand dar. Dem Begriff der absoluten Ruhe entsprach, um mit Einstein zu sprechen, »keine Eigenschaft der Erscheinungen.«¹²⁴ Er gehörte ebenso wie die *Ewigkeit* dem unsichtbaren Reich des *Einen* an.

Wenn unser Universum tatsächlich diesem vom *Einen* diktieren Grenzprozess folgte, dann war die Schlussfolgerung unausweichlich, dass die »geradlinig-gleichförmige« Bewegung in Wahrheit gar nicht kräftefrei war. Es drängte sich daher der Verdacht auf, dass uns die Natur auch mit Blick auf den ersten Teil des Speziellen Relativitätsprinzips zum Narren gehalten haben könnte - jenem Part also, der Einstein vor mehr als einhundert Jahren schlussendlich dazu gebracht hatte, an die fundamentale Gültigkeit des Speziellen Relativitätsprinzips zu glauben. Wie es schien, war die geradlinig-gleichförmige Bewegung in Wahrheit gar nicht relativ, sondern *absolut*. Umso mehr stellte sich die Frage: Warum waren mehr als zehn Generationen von Physikern, angefangen von Newton bis hin zu Einstein, diesem schwerwiegenden Irrtum erlegen? Warum hatten

sie diesen Bewegungszustand für relativ gehalten, während er in Wahrheit absolut zu sein schien?

Die Auseinandersetzung mit diesen Fragen lenkte den Blick auf einen ganz spezifischen Bereich des Mandalas – und zwar auf den Bereich, der der »Codierung« sehr kleiner Geschwindigkeiten galt. Dieser spezielle Bereich des Mandalas hatte im fortschreitenden Prozess der »Mandala-Readings« bislang keinerlei tiefere Beachtung gefunden. Umso erstaunlicher war das Ergebnis, dass seine Analyse zu Tage brachte.

»Warum ist die eine Bewegungsart relativ und die andere absolut? Warum nicht umgekehrt? Oder warum sind nicht beide entweder relativ oder absolut? Schon die alten Griechen haben gesagt, dass die Götter die Drehbewegung lieber mögen. Es handelt sich hier um tiefer gehende, unbeantwortete Fragen. Wir wissen lediglich, dass in unserem Universum die geradlinig-gleichförmige Bewegung relativ und die Drehbewegung absolut ist. Wäre es nicht so, wären die Bewegungsgesetze ganz anders als die uns vertrauten. Doch damit ist noch nicht erklärt, warum die Sachen so sind, wie sie sind – wir sind weit entfernt davon. Wer wird dieses große Rätsel lösen? Vielleicht Sie dereinst!«¹²⁵

Lewis C. Epstein

Von der Raffinesse des Herrgottes

Dass dem Bauplan des Mandalas ein äußerst kompakter, nicht-trivialer Code zugrunde liegt, wird spätestens dann deutlich, wenn wir uns auf den Teil dieser archetypischen Struktur konzentrieren, der dem Bereich sehr kleiner Geschwindigkeiten gilt. Dieser Teil ist in der Tat, geometrisch gesehen, so verschwindend klein, *dass er unseren Blicken buchstäblich entzogen ist.*

Wie ungeheuer klein dieser Teil ist, wird deutlich, wenn wir den Versuch unternähmen, ihn visuell sichtbar zu machen. Wollten wir in diesen Teil mit unseren eigenen Augen hineinsehen, dann müssten wir die in diesem Buch gezeigten Mandalas auf die Größe von einem Kilometer Durchmesser bringen, denn der Bereich sehr kleiner Geschwindigkeiten umfasst lediglich einen Winkelausschnitt von $\sim 0,00000016^\circ$. Es ist klar, dass alle physikalisch relevanten Informationen, die in diesem spezifischen Winkelausschnitt des Mandalas »codiert« sind, bei der Größe der in diesem Buch abgebildeten Mandala-Strukturen von uns optisch nicht einsehbar sind. Der von uns visuell auflösbare Bereich umfasst lediglich eine Bogenminute oder: $\sim 0.016^\circ$. Wir müssten also die in diesem Buch abgebildeten Mandalas um den Faktor $\times 100.000$ vergrößern, wenn wir mit eigenen Augen sehen wollten, was die Struktur des Mandalas über diesen speziellen Teil der Wirklichkeit zu sagen hat.

Doch so verschwindend klein dieser spezifische Winkelausschnitt sein mag, seine mögliche physikalische Bedeutung ist immens, denn genau dieser spezielle Teil des Mandalas ist der Bereich, der uns darüber Auskunft geben könnte, warum mehr als zehn Generationen von Physikern einen so schwerwiegenden Irrtum begangen und die Galileiische Beobachtung über Jahrhunderte hinweg im Sinne des Galileiischen Relativitätsprinzips *fehlinterpretiert* haben.

Wenn wir die Struktur des Mandala in diesem für uns nicht unmittelbar einsehbaren Teil - dem Bereich sehr kleiner Geschwindigkeiten - mathematisch eingehender untersuchen, dann können wir etwas sehr Ungewöhnliches konstatieren: Wir stellen fest, dass sich das *Verhältnis von Raum und Zeit*, wenn wir dem uns bekannten Gammafaktor γ folgen, gerade im Hinblick auf sehr kleine Geschwindigkeiten kaum von dem für den Zustand der Ruhe ($v = 0$) geltenden Verhältnis unterscheidet.

Wenn wir den hier operationell vereinbarten Standard von $c = 1$ zugrundelegen, dann weist das Verhältnis von Raum (Quadrat) und Zeit (Kreis) bei dem Geschwindigkeitswert $v = 0$ nachfolgende Beziehung auf:

$$1_R : 1_Z = 1$$

Aufgrund der metaphysischen Vorüberlegungen war es naheliegend, anzunehmen, *dass allein in und mit diesem speziellen Verhältnis von Raum und Zeit in Strenge der Zustand der Kräftefreiheit verknüpft war.*¹²⁶

Setzt man nun diese Verknüpfung als gegeben voraus, dann weicht das Verhältnis von Raum und Zeit im Bereich sehr kleiner Geschwindigkeiten so wenig von dem für den Zustand der Ruhe geltenden Verhältnis ab, dass die entsprechenden Bewegungszustände als »quasi-kräftefrei« zu bezeichnen sind.

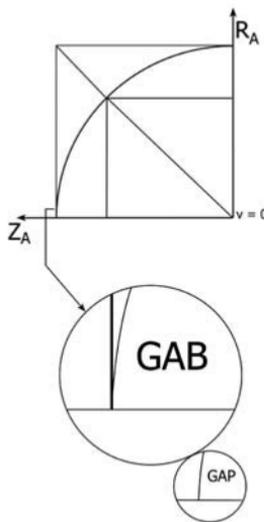


Abb. 27 – Im dunklen Herzen der Relativität

Ist das aber der Fall, dann muss die geradlinig-gleichförmige Bewegung im Bereich sehr kleiner Geschwindigkeiten einem unbefangenen Beobachter zwangsläufig als *relativ* erscheinen. Die hier wirksamen Kräfte wären so subtil, dass sie die Gestalt der Naturgesetze *weitestgehend* unverändert ließen.

Eben diese Überlegungen machten mit einem Schlag verständlich, warum mehr als zehn Generationen von Physikern zu dem

Glauben verführt worden sind, die geradlinig-gleichförmige Bewegung *prinzipiell* für relativ zu halten.

Doch so sehr sich dieser Glaube den Physikern faktisch aufge-drängt haben mag, sollten die hier aufgezeigten subtilen »Kräfte« *tatsächlich* existieren, dann hätte uns die Natur auch mit Blick auf diesen noch verbliebenen Part des Speziellen Relativitätsprinzips zum Narren gehalten. Entgegen der Behauptung des Galileiischen Relativitätsprinzips erwiese sich die geradlinig-gleichförmige Bewegung keineswegs als relativ, sie wäre in Wahrheit vielmehr ebenso *absolut* wie auch die beschleunigte Bewegung.

Dies hätte per se weitreichende Konsequenzen für unser Verständnis des physikalischen Universums: Es würde zeigen, dass nicht nur das spezielle Relativitätsprinzip, sondern das Relativitätsprinzip *insgesamt* ein irreführendes Prinzip darstellt. Angesichts dieser äußerst weitreichende Konsequenz stellt sich natürlich sofort die Frage: Lässt sich diese subtile »Absolutheit« der geradlinig-gleichförmigen Bewegung überhaupt experimentell nachweisen? Und wie sähe ein solcher Nachweis aus?

Wenn nur der Zustand der absoluten Ruhe in Strenge kräftefrei ist, dann kann ein geradlinig-gleichförmig bewegter Körper diesen Bewegungszustand auch nicht auf ewig, wie von dem uns geläufigen Trägheitssatz behauptet, beibehalten: Er muss infolgedessen mit der Zeit zwangsläufig *langsamer* werden.

Bevor ich zeige, dass wir auf dieses Bewegungsphänomen womöglich schon gestoßen sind, ohne uns dessen bewusst zu sein, möchte ich vorher noch kurz darauf eingehen, warum die hier in Umrissen vorgestellte Modifikation des Trägheitssatzes eine Lösung jenes kausalen Paradoxons sein könnte, das Carl Friedrich von Weizsäcker so sehr beschäftigt hatte.

Der lange Schatten des Aristoteles

Wenn wir uns näher anschauen, was den Trägheitssatz eigentlich zu einem kausalen Paradoxon macht, dann sehen wir, dass

es *einzig und allein* die Behauptung ist, dass jede geradlinig-gleichförmige Bewegung, unabhängig von der Geschwindigkeit, *auf ewig* andauern soll. Wenn wir dies *unterstellen*, dann ist von dieser zeitlichen Bestimmung her schon *a priori* jede Möglichkeit ausgeschlossen, eine wie auch immer geartete Veränderung des Geschwindigkeit annehmen zu können. Haben wir in bezug auf die geradlinig-gleichförmige Bewegung erst einmal diese begriffliche »Vereinbarung« getroffen, dann hat dies unvermeidlich zur Folge, dass wir eine solche Bewegung auch als kräftefrei aufzufassen haben, denn nur bei Geschwindigkeitsänderungen können wir berechtigterweise, wenn wir der Physik unserer Tage folgen, auf die Existenz von Kräften schließen. Sie allein sind als Ursache von Zustandsänderungen deklariert.

Geht man von dieser Deklaration aus, dann muss die vom Trägheitssatz beschriebene Trägheitsbewegung *per definitionem* als ein kausales Paradoxon erscheinen, denn sie beschreibt, um von Weizsäcker zu zitieren, einen in der Zeit variablen Zustand, ohne dass die Grundgleichung der Mechanik, in der die Kraft auf $F = 0$ gesetzt ist, eine äußere Einwirkung auf das System auswies, die als Ursache dieser ständigen Zustandsänderung gelten kann.

Doch dieses Paradoxon verschwindet *augenblicklich*, wenn wir die Möglichkeit einräumen, dass ein Körper *nicht auf ewig* seine ihm ursprünglich erteilte Geschwindigkeit beibehält. Würde ein sich selbst überlassender Körper mit der Zeit *langsamer*, und zwar unabhängig davon, *mit welcher Rate er dies täte*, dann wäre unser Bedürfnis nach einer kausalen Erklärung befriedigt, denn die von uns gesuchte Ursache würde uns dann an jene äußere »Kraft« verweisen, die diesen speziellen Körper *ursprünglich* einmal in Bewegung gesetzt hat, selbst wenn diese Ursache *zeitlich sehr weit* zurückläge.

Es ist evident, dass dieser moderne metaphysische Bewegungsbegriff in gewisser Hinsicht eine »Restauration« des antiken Bewegungsbegriffes des Aristoteles darstellt, denn er zeigt, dass *jede Bewegung* oder modern: *jede Zustandsänderung* letztlich einer Krafteinwirkung bedarf.

So sehr der Trägheitssatz *in der uns geläufigen Form* notwendig war, um all die Fortschritte machen zu können, die wir in den

letzten vier Jahrhunderten neuzeitlicher Physik gemacht haben, so sehr würde seine Modifikation zeigen, dass dem Alten verhaftete Physiker manchmal mit ihrem hartnäckigen Widerstand gegen das Neue mehr recht haben, als mit sie naturwissenschaftlichen Argumenten zu rechtfertigen vermögen.

In dem nachfolgenden Kapitel möchte ich nunmehr zeigen, welche empirischen Indizien darauf hinweisen, dass der Trägheitssatz in der uns bekannten Form *tatsächlich* nicht zutreffen könnte.

Die Pioneer-Anomalie – Signatur des Einen?

Wie das Kapitel „Von der Raffinesse des Herrgottes“ gezeigt hat, ist die dem Vakuum (i.e. dem Einen) inhärente »Reibungskraft« im Bereich sehr kleiner Geschwindigkeiten vermutlich so gering, dass ein Nachweis der *Absolutheit* der geradlinig-gleichförmigen *unter terrestrischen Bedingungen* nahezu unmöglich sein dürfte; selbst wenn wir über ein so modernes Gerät wie den in Hamburg geplanten Linearbeschleuniger verfügten, das uns die Existenz eines immerhin mehr als 33 Kilometer langen Vakuums in Aussicht stellt. Selbst bei einer solchen Distanz ist kaum damit zu rechnen, dass ein sich selbst überlassenes Objekt, sofern seine Geschwindigkeit sehr klein ist, eine *messbare* Verlangsamung zeigt.

Im Grunde genommen, zumindest zum gegenwärtigen Stand der Forschung, gibt es nur einen einzigen »Ort«, wo wir einen solchen Nachweis überzeugend führen können – und dies ist der *Weltraum*. Der Weltraum zeichnet sich nicht nur durch ein extrem gutes Vakuum aus, hier ist auch genügend Platz vorhanden, um das Verhalten von sich selbst überlassenen Objekten *über extrem lange Zeitspannen* beobachten zu können. Hier also könnten wir sehr wohl an die von uns gewünschten experimentellen Daten herankommen. Umso bemerkenswerter ist es, festzustellen, dass wir womöglich über solche experimentellen Daten schon verfügen.

Als Pioneer 10 im März 1972 startete und Pioneer 11 ihrer Schwestersonde ein Jahr später ins All folgte, galt ihre Aufgabe

der ersten Naherkundung der beiden Gasriesen Jupiter und Saturn. Die Sonde Pioneer 10 erreichte den Jupiter am 4. Dezember 1973 und wurde schließlich im Rahmen eines Flyby-Manövers von der Gravitationskraft Jupiters auf eine hyperbolische Bahn geschleudert, auf der sie schließlich das Sonnensystem verlassen sollte. Pioneer 11 erreichte den Saturn am 1. September 1979. Auch sie wurde von der Gravitationskraft des Saturn aus dem Sonnensystem herausgeschleudert.

Da beide Sonden so konstruiert waren, dass sich ihre Bahnen mit hoher Präzision verfolgen ließen, fiel den Wissenschaftlern auf, dass ihre Flugbahnen, *nachdem* sie von der Gravitationskraft der beiden Himmelskörper in die Weite des interstellaren Raum geschleudert worden waren, höchst eigenartige Abweichungen zeigten. Irgendetwas bremste sie da draußen ab - eine sehr kleine, aber deutlich messbare Kraft. Dieser Effekt wurde 1980 erstmalig bei Pioneer 10 beobachtet.

Es wurde beobachtet, dass die Sonde mit einer konstanten Kraft unbekannter Herkunft von $(8,74 \pm 1,33) \cdot 10^{-10} \text{ m/s}^2$ abgebremst wurde. Diese Bremskraft ist zwar extrem gering - sie entspricht nur einem Zehnmilliardstel der Beschleunigung auf der Erdoberfläche - doch sie ließ jede der beiden Sonden etwa 1.000.000 Kilometer von dem Ort entfernt sein, an dem sie eigentlich hätten sein müssen, wenn die Physik, wie wir sie kennen, uneingeschränkt Gültigkeit besäße.

Zunächst wurde dieser Effekt nicht ernst genommen und als zufälliger Fehler interpretiert. Erst 1994, als der Effekt nicht verschwand, wurde er genauer untersucht. Dabei wurden die Bahnwerte der Pioneer 10 und der Pioneer 11 - die sich in nahezu entgegengesetzte Richtungen aus unserem Sonnensystem entfernten und deren Daten den bis auf höchstens 3 % Unterschied gleichen Effekt zeigten - systematisch auf mögliche Ursachen hin analysiert.

Doch bis heute ist es nicht gelungen, diesen Effekt physikalisch erklären zu können. Die *Pioneer-Anomalie*, wie dieser Effekt mittlerweile bezeichnet wird, zählt zu den wichtigsten ungelösten Fragen der modernen Physik. Im März 2005 hat das Wissenschaftsmagazin »New Scientist« die Pioneer-Anomalie als ei-

nes der 13 rätselhaftesten Phänomene der Wissenschaft bezeichnet.

Nachfolgend möchte ich einen kleinen Einblick in all jene Bemühungen geben, diesen Effekt mit der uns bekannten Physik erklären zu wollen: Zunächst ging man von der naheliegendsten Ursache aus. Man nahm an, dass diese Störfaktoren von den Sonden selbst ausgingen. Es wurden daher mögliche, von den Steuertriebwerken ausgehenden Schubanomalien in Betracht gezogen. Doch diese Triebwerksimpulse konnten leicht aus dem Gesamtwert der Anomalie herausgerechnet werden.

Auch der Strahlungsdruck, der von den Sendern der Sonden ausging, war viel zu gering, um dieses Phänomen erklären zu können. Der Effekt blieb stets gleichmäßig, gleichgültig ob die beiden Sonden sendeten oder nicht.

Ferner wurden diverse astronomische Ursachen untersucht, wie z.B. gravitative Einflüsse bislang unentdeckter Objekte im Kuiper-Gürtel.

Doch auch derlei Einflüsse konnte man ausschließen, weil die unerklärliche Kraft auf beide Sonden offenbar gleichmäßig einwirkte.

Obwohl Wissenschaftler zum gegenwärtigen Zeitpunkt es nicht für gänzlich ausgeschlossen halten, dass es für diese Anomalie einen trivialen Grund geben könnte, so nimmt die Zahl der Physiker, die glauben, *dass dieser Effekt ein erster unfreiwilliger Hinweis auf eine neue Physik ist*, stetig zu.

Doch zeigt sich in diesem Effekt wirklich jenes Versagen des Trägheitssatzes, so wie es in diesem Buch angenommen wird? Was für diese Deutung spricht, ist der Umstand, dass dieser »Bremseffekt« sich in beiden Fällen *tatsächlich* auf Bahnen zuge tragen haben könnte, die wir physikalisch als »Trägheitsbahnen« bezeichnen würden – also auf Bahnen, auf denen das Trägheitsgesetz natürlicherweise Anwendung findet. Noch ist allerdings unklar, ob dieser Effekt wirklich der Richtung dieser Bahnen folgt. Er könnte ebenso gut in Richtung Sonne weisen. Die Wissenschaftler hoffen durch eine Auswertung der frühen Missionsdaten, diesen noch *uneindeutigen* Punkt klären zu können.¹²⁷

Würde sich jedoch zeigen, dass die Verlangsamung tatsächlich entlang solcher Trägheitsbahnen erfolgt, dann wäre dies ein wichtiges Indiz dafür, *das das 1. Axiom der Newtonschen Mechanik - eben das Trägheitsgesetz – womöglich nicht zutrifft, sondern, wie hier angenommen, einer Modifikation bedarf.*

So ungewohnt uns diese Erklärung erscheinen mag, sie bewegt sich physikalisch in sehr großer Nähe zu einer bereits versuchten Erklärung. Diese Erklärung ist in der modernen Physik unter dem Kürzel MOND bekannt. Hier diesem Kürzel verbirgt sich die Bezeichnung: »**MOD**ifizierte **N**ewtonsche **D**ynamik«. Während in diesem Buch eine Modifikation des ersten Axioms der Newtonschen Dynamik (= Trägheitssatz) vorgeschlagen wird, gilt diese bereits versuchte Modifikation Newtons zweitem Axiom. Sie gilt also der berühmten Formel: $\mathbf{F} = \mathbf{m} \times \mathbf{a}$.

Diese Formel, auch bekannt als das »Newtonsches Bewegungsgesetz«, hat sich allgemein als gültig erwiesen. Allerdings ist es fraglich, ob sie auch bei extrem kleinen Beschleunigungen zutrifft. Diese Frage hat wissenschaftlich erheblich an Gewicht gewonnen, seit Astrophysiker beobachtet haben, *das die Rotationsgeschwindigkeiten bei vielen Spiralgalaxien auch bei zunehmendem Abstand vom Zentrum konstant bleiben.*

Diese Beobachtung stand im Widerspruch zu der bis dahin gültigen Auffassung, wonach die Leuchtkraft ein zuverlässiger Indikator für die Massenverteilung innerhalb einer solchen Spiralgalaxie sei. Ein typische Spiralgalaxie besteht aus einem hellleuchtendem Zentrum mit sehr vielen Sternen und einer nach außen hin stetig dünner besetzten Sternenscheibe. Da die Astrophysiker lange Zeit angenommen hatten, dass die Materiedichte in Spiralgalaxien ihrer Helligkeitsverteilung folgen würde, erwarteten sie, dass die Bahngeschwindigkeiten der Sterne am Rande der Scheibe – infolge der schwächer werdenden Schwerkraft – sehr viel geringer sein würde als in der Nähe des hellleuchtenden Zentrums. Als die junge Astronomin Vera Rubin Anfang der siebziger Jahre das Bewegungsverhalten von Spiralgalaxien genauer »vermaß«, fand sie jedoch heraus, dass diese Annahme falsch war.¹²⁸

Um dieses seltsame Bewegungsmuster von Spiralgalaxien erklären zu können, mutmaßten Astrophysiker die Existenz dunkler,

nicht-leuchtender Materie. Da bis heute jedoch immer noch unklar ist, woraus diese dunkle Materie besteht, haben Physiker damit begonnen, nach alternativen Erklärungsmöglichkeiten zu suchen. So auch der israelische Physiker *Mordehai Milgrom*.

Ausgehend von der Tatsache, dass bei diesem atypischen Bewegungsmuster von Galaxien infolge des großen räumlichen Abstandes zwischen dem hellen Zentrum und den Sternen am äußeren Scheibenrand *extrem kleine Beschleunigungen* wirken, schlug Milgrom bereits 1983 vor, die Newtonsche Dynamik, speziell das zweite Axiom, zu modifizieren.

Diese Modifikation gilt dem Wert für die Beschleunigung (a). Sie ist formal so gestaltet, dass das zweite Axiom bei allen physikalischen Vorgängen des Alltagslebens unverändert Gültigkeit besitzt. Doch auf das Newtonsche Gesetz der Schwerkraft angewandt, führt sie dazu, dass die Rotationsgeschwindigkeit von Sternen im weiten Abstand vom Zentrum der Galaxie konstant ist. Dadurch bietet sie die Möglichkeit, das atypische Bewegungsmuster von Spiralgalaxien erklären zu können, ohne auf das Konzept der dunklen Materie zurückgreifen zu müssen.

Erführen die beiden Pioneer-Sonden tatsächlich die konstante Abbremsung *in Richtung Sonne*, was, wie bereits erwähnt, noch nicht eindeutig geklärt ist, dann böte es sich an, diese modifizierte Newtonsche Dynamik auch auf das bei ihnen beobachtete Bewegungsmuster anzuwenden. Doch ungeachtet der Tatsache, ob der Bremsseffekt in diese Richtung weist oder nicht, der von Milgrom vorhergesagte Effekt scheint sehr viel kleiner zu sein als der beobachtete.

Doch vielleicht ist Milgroms theoretischer Vorschlag schon im Kern richtig: Vielleicht müssen wir die Newtonsche Dynamik wirklich modifizieren, um die Pioneer-Anomalie erklären zu können; freilich nicht ihr zweites, *sondern ihr erstes Axiom*. Eine Arbeit Milgroms aus dem Jahre 1999 weist bereits in diese Richtung. In dieser Arbeit mit dem Titel »The modified dynamics as a vacuum effect« schlug er vor, die Modifikation der Newtonschen Dynamik als einen *Vakuum-Effekt* zu deuten.¹²⁹ Die Modifikation des ersten Axioms der Newtonschen Mechanik beinhaltet, wie ich im ANHANG (*Auf der Suche nach der Funktion des Leeren*) deutlich zu machen versuche, letztlich nichts ande-

res. Die dort inhaltlich und formal präzierte Modifikation dieses Satzes folgt unmittelbar der in und mit diesem Buch gemutmaßten Struktur des Mandalas - und diese Struktur zeigt nicht nur, wie die Struktur von Raum und Zeit auf fundamentalster Ebene aussieht, sie zeigt auch, wie die »Struktur des Vakuums« aussieht. Da diese Struktur von ungewöhnlicher Schönheit und Symmetrie ist, ist sie, wie ich behaupten möchte, auch *der* entscheidende Schlüssel zum Verständnis der Struktur des Vakuums.

Die aus ihr deduzierte Modifikation des Trägheitssatzes hat daher – mit Blick auf die Pioneer-Anomalie – nicht den Charakter einer willkürlichen *Ad-hoc-Erklärung*, sie erwächst vielmehr aus einem Forschungsansatz, der von seinem Geltungsbereich her auf einer ebenso umfassenden wie tiefgründigen Perspektive des physikalischen Universums beruht.¹³⁰

Doch ob dieser Forschungsansatz haltbar ist, hängt entscheidend davon, ob es uns gelingt, auf der Grundlage der in diesem Buch entwickelten Prinzipien und Ideen eine entsprechende *Messvorschrift* zu entwickeln. Erst mit Kenntnis dieser mathematisch präzierten Messvorschrift werden wir wissen, ob das *Langsamerwerden* der Pioneer-Sonden wirklich Folge des von uns unzureichend formulierten Trägheitssatzes ist oder nicht. Aufgrund der besonderen strukturellen Eigenschaften des Mandalas wie auch den durch das Prinzip der radikalen Nicht-Dualität vorgegebenen »Rahmenbedingungen« ist der Weg zu einer solchen Messvorschrift, wie ich überzeugt bin, jedoch so weit eingeschränkt, dass unser Wissen um sie nur eine Frage der Zeit ist. Im ANHANG ist der Versuch unternommen worden, erste Schritte in Richtung einer solchen Messvorschrift zu wagen.

Bevor ich im Epilog auf die möglichen *physikalischen Konsequenzen* eingehe, die mit einer Modifikation des Trägheitssatzes verknüpft wären, möchte ich im nachfolgenden Kapitel die bisher gewonnenen Einsichten noch einmal zusammenfassen und eine Art Bestandsaufnahme in Sachen „Spezielle Relativitätstheorie“ machen. Ich möchte also einer Reihe von Fragen nachgehen, die Physiker wie Nicht-Physiker bis heute gleichermaßen beschäftigt.

Zu diesen Fragen zählen:

- (a) Warum war Einsteins Theorie so ungemein erfolgreich?
- (b) Ist die Spezielle Relativitätstheorie falsch?
- (c) Warum kamen die Kritiker mit ihrer Kritik nicht durch?

Obwohl die Spezielle Relativitätstheorie mittlerweile seit über einem Jahrhundert überdauert hat, werden diese Fragen auch heute noch geradezu leidenschaftlich diskutiert.

Spezielle Relativitätstheorie – Resümee statt Requiem

- (a) Warum ist die Spezielle Relativitätstheorie so ungemein erfolgreich?

Obwohl es keine andere physikalische Theorie gibt, die so anhaltend und so nachhaltig kritisiert worden ist, wie die Spezielle Relativitätstheorie, so zeichnet sich diese Theorie dennoch durch eine höchst erstaunliche Tatsache aus: Wenn die Spezielle Relativitätstheorie wirklich so falsch ist, wie ihre Kritiker behaupten, wieso liefert sie dann eine so überzeugende Erklärung für so viele völlig unterschiedliche physikalische Phänomene? Massenzunahme, schrumpfende Längen- und Zeitintervalle für relativ zueinander bewegte Beobachter sind Effekte, die hundertfach bewiesen sind und in der Kernenergie, Elementarteilchenforschung oder Astronomie zum Alltag gehören. Das Navigationssystem GPS (Global Positioning System) wäre ohne diese Theorie undenkbar. Keine Theorie habe, so das Fazit der Kritiker der Kritiker, all diese Prüfsteine bisher so gut gemeistert wie die Spezielle Relativitätstheorie. Warum also funktioniert Einsteins Theorie so gut?

Die Antwort auf diese Frage sind die Kritiker bis heute schuldig geblieben. Der Grund hierfür ist meines Erachtens darin zu suchen, dass es bis heute hat es keine Raum-Zeit-Theorie gibt, die fundamental und umfassend genug ist, um die Spezielle Relativitätstheorie als „Grenzfall“ ausweisen zu können.

Es darf als wenig wahrscheinlich gelten, dass das relativistische Raum-Zeit-Bild jemals das Newtonsche Raum-Zeit-Bild hätte erfolgreich verdrängen können, wenn die Spezielle Relativitätstheorie die Newtonsche Mechanik nicht als „Grenzfall“ enthalten hätte. Nur hierdurch beinhaltete sie die Möglichkeit, den enormen Erfolg, den die Newtonsche Mechanik in mehr als zwei Jahrhunderten Naturforschung erkennbar für sich verbuchen konnte, verstehen zu können. Wie Einstein mit seiner Theorie zeigen konnte, war die Newtonsche Mechanik deswegen so erfolgreich, weil die Spezielle Relativitätstheorie im Bereich *kleiner und sehr kleiner Geschwindigkeiten experimentell kaum von der Newtonschen Mechanik unterscheidbar war*. Die Unterschiede zwischen beiden Theorien waren in der Tat so subtil, dass sie jeglicher Augenscheinlichkeit entbehrten.

Bislang verfügen wir über keine Theorie, die dasselbe in bezug auf die Spezielle Relativitätstheorie zu leisten vermag. Wie die bisherigen Überlegungen gezeigt haben, scheint die Physik des Mandalas (in Verbindung mit dem Prinzip der radikalen Nicht-Dualität) eine Theorie in Aussicht zu stellen, die genau das leistet. Obwohl diese *post-relativistische* Theorie erst in Umrissen vorliegt, so lässt sie schon jetzt erkennen, warum die Spezielle Relativitätstheorie so außerordentlich erfolgreich war – und immer noch *ist*.

Wie unser „Zwiegespräch“ mit dieser Theorie gezeigt hat, konnten am Ende nur ein *paar äußerst subtile Unterschiede* zwischen der Physik des Mandalas und der Speziellen Relativitätstheorie aufgespürt werden. In allen übrigen Bereichen führt Einsteins Theorie allem Anschein nach empirisch zu exakt denselben Vorhersagen wie die Physik des Mandalas. Dies ist vermutlich einer der entscheidenden Gründe, warum die Spezielle Relativitätstheorie mittlerweile für mehr als 100 Jahre Bestand haben sollte. Trotz dieses bemerkenswerten experimentellen Erfolges

erweist sie sich aus der Perspektive der Physik des Mandalas als eine zutiefst irreführende Theorie über das Universum.

(b) Ist die spezielle Relativitätstheorie falsch?

Die Spezielle Relativitätstheorie verdankt ihre zentrale Stellung innerhalb der modernen Physik vor allem der Tatsache, dass sie von ihrem Urheber ausdrücklich als eine „Prinziptheorie“ formuliert worden ist, denn Prinzipien zeichnen sich erkenntnistheoretisch gerade dadurch aus, dass ihnen eine *fundamentale* Geltung zugesprochen wird. Die Spezielle Relativitätstheorie basiert ganz erklärtermaßen auf solchen als fundamental angenommenen Prinzipien, und zwar dem *speziellen Relativitätsprinzip* und dem *Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit*. Betrachten wir nun diese beiden Prinzipien auf dem Hintergrund der Physik des Mandalas, dann sehen wir, dass es sich keineswegs um solche fundamental geltenden Prinzipien handelt. In dem nachfolgenden Diagramm ist dargestellt, in welcher Beziehung die beiden Prinzipien der Speziellen Relativitätstheorie zu der Struktur des Mandalas stehen.

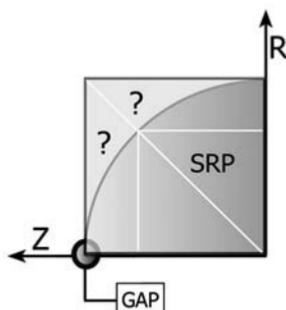


Abb. 28 – Sind die Prinzipien der Relativitätstheorie *Prinzipien*?

Wir sehen, um mit der Galileischen Beobachtung zu beginnen, dass dieses Faktum – die empirische Grundlage des Galileischen Relativitätsprinzips (GAP) –, durch Einsteins Theorie auf eine unzutreffende und eben darum irreführende Weise abgebildet worden ist. Einstein hat in und mit seiner Theorie unterstellt, dass sämtliche geradlinig-gleichförmigen Bewegungszustände *relativ* sind; eine Unterstellung, der die Physik des Mandalas klar widerspricht: Sie zeigt, dass derartige Bewegungszustände – selbst im Bereich sehr kleiner Geschwindigkeiten – *absolut* sind. Damit bildet der eigentliche »Kern« der Speziellen Relativitätstheorie das Universum gerade an dieser so entscheidenden Stelle des relativistischen Programms nicht nur einfach *unvollständig*, sondern *sinnentstellend* ab.¹³¹ Gerade diese heikle Stelle zeigt sehr eindrücklich, dass die Spezielle Relativitätstheorie eine Theorie ist, die auf von der Natur vielleicht nicht gedeckten *Vereinfachungen* basiert. Vergleichen wir die relativistische Raum-Zeit-Struktur und die Struktur des Mandalas im Bereich sehr kleiner Geschwindigkeiten geometrisch miteinander, dann sehen wir, dass es in Einsteins Theorie *keinerlei Strukturen* gibt, welche die Wahrnehmung der in diesem Bereich angesiedelten subtilen Unterschiede erlaubt. Sie setzt, wie man erkennen kann, vielmehr für *alle* Geschwindigkeiten dieses Bereiches jenes hochspezifische Raum-Zeit-Verhältnis von $1 : 1 = 1$ als gegeben voraus, welches der Struktur des Mandalas zufolge *in Strenge* nur für einen einzigen Geschwindigkeitswert gilt, und zwar für den Wert von $v = 0$.¹³² Mit anderen Worten: Einsteins Theorie liefert gerade an der Stelle der Wirklichkeit, dem die Galileische Beobachtung entstammt, ein buchstäblich »vereinfachtes« Bild vom Universum. Die Physik des Mandalas erlaubt, wie Abb. 27 (*Im dunklen Herzen der Relativität*) zu zeigen versucht hat, in diesem physikalisch so sensiblen Bereich ein sehr viel *differenzierteres* Bild.

Auch im Hinblick auf ihr zweites Prinzip – das spezielle Relativitätsprinzip (SRP) – erweist sich die Spezielle Relativitätstheorie als irreführend und sinnentstellend: Wie wir gesehen haben, ist Einstein, um die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit auf dem Wege dieses zweiten Prinzips erklären zu können, möglicherweise über das von ihm angestrebte Ziel – die Vereinheitlichung der

Elektrodynamik und Mechanik – weit hinausgeschossen: Er hat irrtümlich zwei miteinander vereinbare formale Muster (Kreis & Quadrat) so rabiati „vereinheitlicht“, dass wesentliche Aspekte der Struktur von Raum und Zeit (in Abbildung 28 mit Fragezeichen gekennzeichnet) unter den Tisch fielen.

Meines Erachtens zeigt sich diese Unzulänglichkeit seiner Theorie, wie bereits dargelegt, in den sogen. *nicht-lokalen Effekten* – sie weisen *indirekt*, wie ich behaupten möchte, auf die Existenz dieser nicht-erfassten Raum-Zeit-Strukturen hin. Doch Einsteins Theorie würde uns – mit Blick auf das Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit – nicht nur ein *unvollständiges* Bild des Universums geliefert haben, es würde uns auch ganz entscheidend daran gehindert haben, zu erkennen, *dass die wahre Heimstatt des Lichtes das Transzendente ist. Licht ist Botschafter des Unendlichen im Endlichen.*¹³³

Erwiese sich diese Bestandsaufnahme im Kern als begründet, dann fiel die Bilanz bezüglich der Speziellen Relativitätstheorie ziemlich ernüchternd aus: Mit den ihr zugrunde liegenden Prinzipien wäre die fundamentale Raum-Zeit-Struktur des Universums nicht nur *unvollständig*, sondern auch *sinnentstellend* erfasst worden. Mit anderen Worten: *Weder das Relativitätsprinzip noch das Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit könnten als Prinzipien im eigentlichen Sinne aufgefasst werden.*

Folgt man dieser ernüchternden Bilanz, dann zeigt sich, dass die Kritiker mit ihrer Kritik an der Speziellen Relativitätstheorie weit mehr Recht hatten, als sie dies physikalisch überzeugend zu begründen vermochten. Umso mehr verwundert es, dass sie mit ihrer Kritik dennoch historisch nie durchkamen. Woran liegt das?

(c) Warum kamen die Kritiker mit ihrer Kritik nicht durch?

Kritiker der Speziellen Relativitätstheorie haben es heute schwer. Sie stehen zunehmend im Generalverdacht, unseriös zu sein. Doch gelegentlich gelingt es Kritikern auch heute noch, die Aufmerksamkeit »orthodox« denkender Physiker zu gewinnen.

Als 1997 die beiden Physiker Georg Galezki und Peter Marquardt ihr Buch *Requiem für die Spezielle Relativität* veröffentlichten, fühlten sich selbst seriöse Physiker durch diese Kritik herausgefordert. Einer der zentralen Kritikpunkte der beiden Autoren galt der Relativität selbst – also der Auffassung, wonach die geradlinig-gleichförmige Bewegung *relativ* sei.

„Das Argument eines Autofahrers, der Alleebaum habe sich bewegt und zum Zusammenstoß geführt, kommt jedem absurd vor. Ein Anwalt, der vor Gericht argumentiert, das Opfer seines Mandanten habe im „Ruhsystem“ der Gewehrkugel Selbstmord begangen, dürfte damit kaum auf das Verständnis des Gesetzgebers stoßen... Wären alle Bewegungen in der Natur wirklich relativ, wir würden unsere Welt nicht wieder erkennen.“¹³⁴

Diese Kritik hat tiefe historische Wurzeln.

Als Samuel Clarke in seinem Brief Nr. IV die Newtonsche Mechanik gegen Leibniz verteidigte, setzte er sich u.a. auch mit der Galileischen Beobachtung auseinander – eine Beobachtung, die, wie wir bereits gehört haben, Newtons Theorie, insbesondere den Begriff des absoluten Raumes, unmittelbar zu bedrohen schien. Er schrieb: „Auch sind die Bewegung und die Ruhe des Universums nicht ein und derselbe Zustand, ebenso wenig wie die Bewegung und die Ruhe eines Schiffes ein und derselbe Zustand sind. Denn ein in der Kabine eingeschlossener Mensch kann solange nicht feststellen, ob sich das Schiff bewegt oder nicht, wie es sich gleichförmig bewegt. Die Bewegung des Schiffes ist, obwohl der Mann sie nicht bemerkt, ein anderer realer Zustand [als die Ruhe] und hätte beim plötzlichen Anhalten wieder andere reale Wirkungen, ebenso wäre es bei einer nicht wahrnehmbaren Bewegung des Universums.“¹³⁵

Umso mehr verwundert es, dass diese Kritik dennoch bis heute völlig wirkungslos geblieben ist. Warum ist das so? Meines Erachtens ist der Grund hierfür, dass kein Kritiker bis heute zeigen konnte, dass die geradlinig-gleichförmige Bewegung in Wahrheit absolut ist. *Dadurch blieb das eigentliche Herzstück der Speziellen Relativitätstheorie völlig intakt – ungeachtet all der Kritik, die gegen sie – vielleicht vollkommen zu Recht - in anderen Theoriebereichen vorgebracht worden ist.*

Wie wir gesehen haben, sind bei diesem speziellen Bewegungszustand so *subtile* Unterschiede im Spiel, dass wir diese Unterschiede, *selbst wenn wir um sie wissen*, unter terrestrischen Bedingungen vermutlich niemals werden nachweisen können. Und diese Unterschiede sind nicht nur in empirischer Hinsicht subtil, sie sind es auch *in theoretischer Hinsicht*. Um von ihnen Kenntnis zu erlangen, müssen wir unglaublich viele Erkenntnisbarrieren überwinden. So müssen wir zuallererst erkennen, *dass der Äther existiert*, obwohl er *prinzipiell unbeobachtbar* ist.

Diese Erkenntnis stellt zweifellos die größte Hürde dar, weil sie grundlegenden methodologischen Prinzipien der modernen Physik widerspricht. Wir müssen nicht nur an die Existenz eines Mediums glauben, *dass sich grundsätzlich jeglicher empirischen Verifikation entzieht*, wir müssen vielmehr daran glauben, dass es genau *dieses unfassbare Medium ist, was die Welt im Innersten zusammenhält*. Wir müssen also etwas für fundamental schlechthin halten, für das es nicht den *allergeringsten* empirischen Hinweis gibt – *und auch niemals geben wird*. Kurzum: Physiker hätten zu Metaphysikern werden müssen, um diesen subtilen Unterschieden auf die Spur zu kommen, denn die Wahrnehmung dieser Unterschiede hängt entscheidend davon ab, dass wir den Grenzprozess $\{v \rightarrow 0; Z \rightarrow \infty\}$ für *physikalisch relevant* halten; ein Grenzprozess, der, wie der Begriff *Ewigkeit* dokumentiert, kaum metaphysischer sein könnte. Die Beschäftigung mit derlei »reinen« metaphysischen Begriffen ist innerhalb der modernen Physik immer noch ein Tabubruch.¹³⁶

Der Glaube, dass unserem Universum etwas Transzendentes zugrunde liegt, ist daher zweifelsohne die größte Erkenntnisbarriere, der wir uns gegenübersehen, wenn wir, um mit Einstein zu sprechen, wissen wollen, wie Gott die Welt gemacht hat.

Wenn wir all die hier skizzierten Erkenntnisschritte, die notwendig sind, um die Relativität im Kern zu erschüttern, Revue passieren lassen, dann sehen wir, warum die Kritiker mit ihrer Kritik letztlich nicht durchkamen. Doch wie sieht es mit Einstein selbst aus? Hat er mit seiner letzten Vision das Kommen der hier geschilderten „Physik des Mandalas“ bereits vorausgesehen?

„Du stellst Dir vor, ich schaue mit ruhiger Zufriedenheit auf mein Lebenswerk zurück. Doch aus der Nähe sieht das ganz anders aus. Da ist kein einziges Konzept, von dem ich überzeugt bin, dass es fest steht, und ich bin unsicher, ob ich überhaupt auf der richtigen Spur bin.“

Einstein in einem Brief an Maurice Solovine vom 28. März 1949

Einstein und seine letzte Vision

Obwohl viele zeitgenössische Physiker die Spezielle Relativitätstheorie mittlerweile als eine Theorie bezeichnen, die über jeden Zweifel erhaben ist, Einstein selbst war in diesem Punkt sehr viel zurückhaltender – und dies, wie sein Brief an Maurice Solovine zeigt, nicht erst am Ende seines Lebens.

Diese zweifelnde Seite Einsteins wird selten in seinen Biographien thematisiert. Wir wissen von ihr vor allem durch die Berichte einer jungen Studentin, die in den 20er Jahren des 20. Jahrhunderts eine persönlichere Beziehung zu Einstein unterhielt. Ihr Name: *Ilse Rosenthal-Schneider*.

„Als Einstein an der Universität Berlin Vorlesungen über Spezielle Relativitätstheorie und später über Allgemeine Relativitätstheorie hielt, durften wir Studenten nach den Vorlesungen Fragen stellen. Da ich oft von dieser Möglichkeit Gebrauch machte, lernte er mich kennen, und wenn ich ihn in der Straßenbahn traf, mit der er zur Universität fuhr, lud er mich stets ein, neben ihm zu sitzen. Dadurch hatte ich immer wieder Gelegenheit, ihn mit meinen Fragen während der Straßenbahnfahrt und der oft langen Wartezeit an der Haltestelle zu überschütten.“¹³⁷

Aus diesen zunächst flüchtigen Begegnungen entwickelte sich offenbar eine persönlichere Beziehung, denn Einstein lud diese junge Studentin später auch zu sich nach Hause ein. Sie berichtet u.a. von einem Nachmittag, als Einstein sie während ihrer Studienzeit eingeladen hatte, mit ihm ein Buch zu lesen, das Einwendungen gegen die Relativitätstheorie enthielt.

Es ist dieser persönlichen Beziehung zu verdanken, dass wir auch Kenntnis über Einsteins zweiflerische Seite haben. So berichtet diese junge Studentin, dass Einstein bei seinen Vorlesungen immer wieder betont habe, dass das Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit lediglich eine Hypothese sei.

„Einstein führte das Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit auf der Grundlage von experimentellen und theoretischen Erfahrungen in der Physik ein; er war sich bewusst, dass dies eine Hypothese war (in seinen Vorlesungen betonte er dies immer wieder).“¹³⁸

Auf diesen Zusatz »immer wieder« kommt es an, denn Einstein war sich, wie dieses Zitat einer Zeitzeugin, die ihn persönlich kannte, sehr deutlich zeigt, der Tatsache offenbar sehr wohl bewusst, dass sein Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit keine wirklich tiefere Erklärung dafür lieferte, *warum* die gemessene Lichtgeschwindigkeit immer dieselbe ist – unabhängig von der Bewegung des Beobachters *und* der Lichtquelle.

Da diese junge Frau – ebenso wie Einstein – jüdischer Herkunft war, trennten sich jedoch ihre Wege während der nationalsozialistischen Zeit. Einstein emigrierte 1933 in die Vereinigten Staaten von Amerika, seine junge Studentin 1938 nach Australien, doch sie blieben brieflich weiterhin in Kontakt.

So schickte ihm seine einstige Studentin 1945 Gratulationswünsche zu seinem 66. Geburtstag. Bei der Gelegenheit erwähnte sie, dass sie sich zur Zeit sehr mit *universellen Konstanten* beschäftigen würde. Sie würde darüber nachdenken, was uns solche universellen Konstanten, wie z.B. die Lichtgeschwindigkeit, über die Wirklichkeit zu sagen haben – und ob sie »wahr« seien. Wie sie berichtet, antwortete Einstein unerwartet prompt. In diesem Brief wie auch den nachfolgenden Briefen äußerte er jene Überzeugung, die hier als seine »letzte Vision« bezeichnet worden ist – die Überzeugung, dass die Lichtgeschwindigkeit nur eine scheinbare Konstante – und dass die ihr in Wahrheit zugrunde liegende Konstante vermutlich eine reine Zahl, wie e oder π , sei.

Als sie ihren Beitrag zum von A. Schilpp herausgegebenen Sammelband „Einstein als Naturforscher und Philosoph“ verfasste, fragte sie Einstein, ob sie aus seinen Briefen zitieren dür-

fe. Bereits fünf Tage später erhielt sie eine Antwort. Einstein schrieb:

„Sie können in Ihrer Abhandlung von meinen Bemerkungen Gebrauch machen, es sollte aber gesagt werden, dass es sich hier keineswegs um kategorische Behauptungen handelt, sondern um lediglich auf Intuition beruhende Vermutungen.“¹³⁹

Auf diese Weise hat Einsteins letzte Vision schlussendlich doch noch Eingang in die Fachliteratur gefunden. Hat Einstein mit dieser letzten Vision jedoch die »Physik des Mandala« vorausgesehen? Wenn wir uns die Struktur des Mandalas anschauen, dann sehen wir, dass der äußere, sie abschließende Kreis durch den numerischen Wert $\sqrt{2}c$ bestimmt ist.

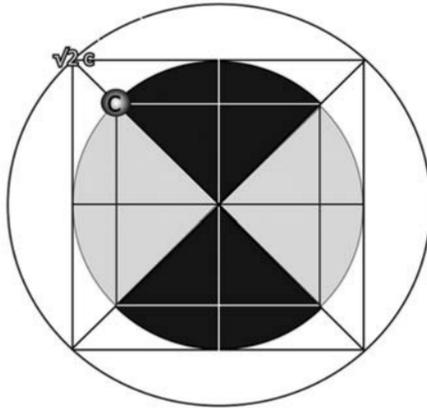


Abb. 29 – π und die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit

In Anbetracht der Tatsache, dass diese archetypische Struktur von ihrem geometrischen Aufbau her nicht nur durch diesen speziellen Parameter charakterisiert ist, sondern zudem Reminiszzenzen an die »Quadratur des Kreises« weckt, fühlt man sich unvermeidlich an das nachfolgenden formbildende Schema erinnert:

$$\pi = \dots 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot \sqrt{2 - \sqrt{2 + \sqrt{2 + \sqrt{2 + \sqrt{2 + \dots}}}}}$$

Eben diese spezielle Folge von Zahlen führt zu jenem reinen Zahlenwert von π , von dem Einstein am Ende seines Lebens überzeugt war, dass in und mit ihm – im Gegensatz zur Lichtgeschwindigkeit - die eigentliche wahre Naturkonstante zum Ausdruck kam.

Dass dieser speziellen Zahlenfolge eine archetypische Struktur wie die des Mandalas zugrunde liegen könnte, ist von Einstein indessen nicht ausdrücklich in Betracht gezogen worden. Es gibt jedoch Hinweise, dass er derlei esoterischen Überlegungen nicht *a priori* ablehnend gegenüberstand.

So berichtete der Physiker Wolfgang K.H. Panofsky in einem Interview vom 6. Juli 2006, dass er in Princeton als junger Mann oft Chauffeur von Einstein und seinem Vater gewesen sei, da beide keinen Führerschein besaßen. Während dieser Fahrten hätten sein Vater und Einstein nicht nur sehr viel über die Beziehung zwischen Naturwissenschaft und Mystik gesprochen, sondern auch darüber, ob es irgendeine Korrespondenz zwischen beiden Gebieten gäbe.¹⁴⁰

Während dieser Zeit weilte auch der Physiker Wolfgang Pauli am *Institute for Advanced Study* in Princeton/USA. Pauli war nicht nur - ebenso wie Einstein - ein Physiker von internationalem Rang, er war auch einer der wenigen Naturwissenschaftler, der in archetypischen Strukturen wie dem Mandala weit mehr sah als nur mystische Grundformen kollektiver menschlicher Erfahrung. Er war vielmehr zutiefst davon überzeugt, dass sie auch eine tiefere physikalische Bedeutung besaßen.

„Wir spüren zwar längst, dass die alten Wege der Wissenschaft nicht mehr weiterführen, wir sind aber immer noch zu ängstlich, den von Pauli vorgeschlagenen Weg als Alternative ins Auge zu fassen und schließlich auch zu gehen.“

Ernst Peter Fischer

Pauli und seine Schüler

In nicht-akademischen Kreisen ist Wolfgang Pauli kaum jemandem bekannt, doch unter Naturwissenschaftlern gilt er als einer der führenden Köpfe der Physik des 20. Jahrhunderts. Sein Name ist untrennbar mit einem nach ihm benannten Prinzip verknüpft – dem *Pauli-Prinzip*. Es besagt, dass sich das Orbital eines jeden Elektrons in mindestens einer von vier Quantenzahlen, wie z.B. dem Bahndrehimpuls, von den Orbitalen aller anderen Elektronen desselben Atoms unterscheiden muss. Oder allgemeiner formuliert: Zwei Elektronen innerhalb eines Atoms können prinzipiell nicht ein- und denselben Zustand haben. Erst mit Hilfe dieses Prinzips war es möglich, die Struktur der Atomhülle verstehen zu können. Das Pauli-Prinzip machte so mit einem Schlag den gesamten Aufbau des Periodensystems verständlich. Für diese Entdeckung erhielt Pauli 1945 den Nobelpreis der Physik.

Dass es sich bei Pauli um einen ungewöhnlich begabten Physiker handelte, zeigte sich schon sehr früh. Erst 21jährig veröffentlichte er im fünften Band der *Enzyklopädie der Mathematischen Wissenschaften* einen mehr als zweihundertseitigen Aufsatz über die Relativitätstheorie. Einstein lobte dieses Werk mit den Worten:

„Wer dieses reife und groß angelegte Werk studierte, möchte nicht glauben, dass der Verfasser ein Mann von einundzwanzig Jahre ist. Man weiß nicht, was man am meisten bewundern soll, das psychologische Verständnis für die Ideenentwicklung, die Sicherheit der mathematischen Deduktion, den tiefen physikalischen Blick, das Vermögen übersichtlicher systematischer Dar-

stellung, die Literaturkenntnis, die sachliche Vollständigkeit, die Sicherheit der Kritik ... Paulis Bearbeitung sollte jeder zu Rate ziehen, der auf dem Gebiete der Relativität schöpferisch arbeitet, ebenso jeder, der sich in prinzipiellen Fragen authentisch orientieren will.“

Zwanzig Jahre später freilich sollte Pauli, mittlerweile einer der maßgeblichen Physiker seiner Zeit, das durch die Relativitätstheorie etablierte Raum-Zeit-Bild als »Nessushemd« der Physik bezeichnen, was eine ziemlich drastische Erklärung ist, denn ein Nessushemd beinhaltet nicht mehr und nicht weniger als eine verderbenbringende Gabe.¹⁴¹ Pauli war in der Tat der Überzeugung, dass die relativistischen Begriffe von Raum und Zeit unbedingt revolutioniert werden müssten, um die Physik von diesem Nessushemd zu befreien.

Wer mit Paulis Denkweise vertraut ist, kommt nicht umhin, diese wissenschaftliche Revolution mit jenen »Urbildern« in Verbindung zu bringen, die wir als Archetypen bezeichnen – und von denen das Mandala eines seiner universellsten Gestalten ist. Pauli vertrat in der Tat die Auffassung, dass archetypische Muster wie das Mandala eine grundlegende Bedeutung für das Verständnis des physikalischen Universums besaßen und daher unbedingt in die naturwissenschaftliche Forschung einbezogen werden sollten.¹⁴² Am Beispiel Keplers wies Pauli nach, dass dem Verstehen der Natur ein Zur-Deckung-Kommen von präexistenten inneren Bildern der menschlichen Psyche (Archetypen) mit äußeren Objekten und ihrem Verhalten zugrunde liegen könnte.

Um so seltsamer wirkt indessen die Tatsache, dass er diesem Forschungsansatz nicht bei seiner Kritik der Relativitätstheorie gefolgt ist. Er hat zur Weiterentwicklung des relativistischen Denkens erstaunlich wenig Beiträge geliefert. Der Wissenschaftshistoriker Ernst Peter Fischer vermutet, dass sich Pauli womöglich durch die von Albert Einstein gerühmte „Vollständigkeit“ der Relativitätstheorie habe täuschen lassen. Er habe irrigerweise geglaubt, dass auf diesem Gebiet mit Einsteins Vorgabe ein gewisser Abschluss erreicht sei und dass die eigentlich kreativen Leistungen der Physik an anderer Stelle benötigt würden.¹⁴³ Dies ist vielleicht auch einer der Gründe, warum die

Gemeinde der Physiker dem Paulischen Forschungsansatz bis heute keine weitere Aufmerksamkeit geschenkt hat.¹⁴⁴

Obwohl archetypische Strukturen wie das Mandala bislang noch kein erklärter Gegenstand der theoretischen Physik sind, so hat es dennoch – auch *nach* Pauli - immer wieder Physiker gegeben, die das Banner dieses Forschungsansatzes weitergetragen haben. Zu ihnen gehört auch der Physiker *Karl Alex Müller*, was sicherlich kein Zufall ist, denn Müller war einer der Schüler Paulis.

Auch Müller ist außerhalb akademischer Kreise nur wenigen bekannt, aber unter Physikern ist sein Name untrennbar mit der Entdeckung der *Hochtemperatur-Supraleiter* verknüpft. Bereits 1911 hatte der Niederländer Kamerlingh Onnes herausgefunden, dass viele Metalle bei sehr tiefen Temperaturen um minus 270 Grad Celsius zu Supraleitern wurden: Sie leiteten unter diesen extremen Bedingungen Strom *ohne jeglichen Widerstand*. Supraleiter verhielten sich damit entgegen jeder Alltagserfahrung, denn fast alle Stoffe setzten dem elektrischen Strom einen gewissen Widerstand entgegen. Selbst Kupfer, das am weitesten verbreitete elektrische Leitermaterial, hatte einen Widerstand, der bisweilen so groß war, dass in einigen Fällen bis zur Hälfte der erzeugten Elektrizität in den Kupferkabeln zu Wärme wird, also verloren ging. Doch bei einem Supraleiter gab es diese Verluste nicht, denn sein Widerstand war *Null*. Ein Strom, der in einem Supraleiterkreis zu fließen begann, konnte daher – wenigstens prinzipiell - *ewig* fließen.

Die Supraleiterforschung weckte damit die Hoffnung, Strom verlustfrei über große Distanzen übertragen zu können. Doch diese Hoffnung, Supraleiter technologisch nutzen zu können, sollte sich in den kommenden Jahrzehnten mehr und mehr als Wunschdenken erweisen, denn ihre sensationelle Leitfähigkeit stellte sich erst bei Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt ein, was die Aussicht auf eine praktische Anwendung von Supraleitern mehr und mehr schwinden ließ. Trotz 75 Jahre wählender intensiver Forschung sollte es den Physikern nicht gelingen, Stoffe zu finden, die bei deutlich höheren Temperaturen supraleitend wurden. Viele Forscher gingen daher davon aus, dass weitere substantielle Fortschritte auf dem Gebiet der

Supraleiterforschung unwahrscheinlich, vielleicht sogar unmöglich waren.¹⁴⁵

Der Physiker Karl Alex Müller dachte nicht so. Er glaubte, dass es einen Weg aus dieser Sackgasse gab. Er weihte seinen ehemaligen Praktikanten und Doktoranden, den jungen deutschen Forscher Georg Bednorz, mit dem er seit einiger Zeit am IBM-Forschungslaboratorium in Rüschlikon/Zürich zusammengearbeitet hatte, in sein Vorhaben ein. Die beiden fassten einen Plan, der den meisten Physikern damals wohl abwegig erschienen wäre: Sie beschlossen, sogen. *Lanthan-Barium-Kupfer-Oxide* auf ihre Supraleitfähigkeit hin zu untersuchen; Stoffe also, die unter normalen Bedingungen nur eine sehr geringe Leitfähigkeit besaßen. Sie folgten damit – nach herrschender Lehrmeinung – einem wenig erfolversprechenden Weg, denn bis dahin war man davon ausgegangen, dass ausschließlich metallische Verbindungen als Supraleiter in Frage kamen. Doch den beiden Physikern gelang in den kommenden Jahren das Unmögliche: Sie konnten nachweisen, dass die Eigenschaft der Lanthan-Barium-Kupfer-Oxide, Strom schlecht zu leiten, bei sehr tiefen Temperaturen ins glatte Gegenteil umschlägt, und zwar in Supraleitfähigkeit; mehr noch, sie konnten zeigen, dass die Temperatur, bei der diese Stoffe supraleitend wurden, bei erstaunlich hohen minus 238 Grad lagen. Das überraschte selbst Bednorz und Müller. Sie hatten eine völlig neue Klasse von Supraleitern entdeckt – die *Hochtemperatur-Supraleiter*. Das war im Jahre 1986. Bereits ein Jahr später sollten sie dafür den Nobelpreis für Physik erhalten. Mit ihrer Entdeckung lösten sie weltweit eine Jagd nach weiteren Temperatur-Rekorden bei supraleitenden Verbindungen aus. Mittlerweile ist man bei einer Temperatur von minus 140 Grad angelangt. Der enorme Vorteil ist, dass man zur Kühlung nicht mehr auf teures flüssiges Helium angewiesen ist wie bei gewöhnlichen Supraleitern, sondern dass man nunmehr den sehr viel billigeren Stickstoff benutzen kann, der bereits bei minus 196 Grad flüssig wird. Damit war man der Vision, Stromleitungen zu entwickeln, die keinen Widerstand hatten, einen großen Schritt näher gekommen. Heute finden Hochtemperatur-Supraleiter bei Sensoren, Kraftwerken oder Medizinalgeräten bereits Anwendung.

Was dieser bedeutenden Entdeckung der Neuzeit eine ungewöhnliche Note gibt, sind die ebenso ungewöhnlichen persönlichen Überzeugungen, denen Müller hierbei folgte. Wie er in seinem Aufsatz *Äußere und innere Forschungserfahrung und Erwartung* berichtet, sei sein Glaube an diese Stoffgruppe vor allem dadurch begründet worden, weil ihre molekulare Struktur (i.e. eine *Perowskitstruktur*) ihn an den Aufbau eines Mandalas erinnern hätten.¹⁴⁶ Zur Illustration dieses Glaubens wählte er später in seinem bereits erwähnten Aufsatz ein ganz spezifisches Mandala; ein Mandala, das von seinem geometrischen Aufbau bezeichnenderweise mit dem hier untersuchten Mandala exakt identisch ist.

Wie diese Entdeckungsgeschichte dokumentiert, scheint die archetypische Struktur des Mandalas ein bemerkenswertes naturwissenschaftliches Erkenntnispotenzial in sich zu bergen. Es könnte uns, wie ich überzeugt bin, auch entscheidend dabei helfen, einige der grundlegenden Probleme der modernen Physik aufzuklären. Eines dieser grundlegenden Probleme betrifft die *Unvereinbarkeit von Quantenmechanik und allgemeiner Relativitätstheorie*. Die meisten Physiker halten dieses Problem sogar für das eigentlich zentrale Problem der zeitgenössischen Physik.

Epilog oder: Von einem glücklichen Gedanken

Zehn Jahre, nachdem Einstein seine spezielle Relativitätstheorie veröffentlicht hatte, schuf er die *Allgemeine Relativitätstheorie* (1915). Sie liefert derzeit den theoretischen Rahmen zum Verständnis *extrem massereicher Objekte*, wie z.B. von Sternen und Galaxien bis hin zum Universum als Ganzem. Doch diese Theorie steht im Widerspruch zur *Quantenmechanik* – also jenem theoretischen Rahmen, den Physiker zum Verständnis der Bewegungen von atomaren und subatomaren Objekten *auf extrem kleinen Raumskalen* entwickelt haben.

Beide Theorien – die Allgemeine Relativitätstheorie wie auch die Quantenmechanik - konnten in den letzten Jahrzehnten mit

fast unvorstellbarer Genauigkeit experimentell bestätigt werden. Doch genau diese beiden Theorien beinhalten, wie der amerikanische Physiker Brian Greene betont, eine sehr beunruhigende Schlussfolgerung: So, wie die allgemeine Relativitätstheorie und die Quantenmechanik gegenwärtig formuliert sind, können sie *nicht beide richtig sein*.¹⁴⁷

Dass diese beiden Theorien nicht zusammenpassen, entdeckten Physiker bei der Untersuchung extremer Bedingungen, wie sie im Zentrum schwarzer Löcher auftreten oder wie sie zur Zeit des Urknalls herrschten. Unter diesen extremen Bedingungen sahen sich die Physiker genötigt, beide Theorien *zugleich* anwenden zu müssen, denn in ihnen waren extrem massenreiche Gebilde zu extrem winziger Größe zusammengepresst. Doch die Gleichungen der allgemeinen Relativitätstheorie und der Quantenmechanik führten zu physikalisch sinnlosen Resultaten, sobald man sie auf derartige Gebilde anwendete. Es tauchten beispielsweise unendliche Wahrscheinlichkeiten auf, was Unsinn ist.

Seither suchen die Physiker vergeblich nach einer Theorie, die diese Unvereinbarkeit auflöst – in der Überzeugung, dass das Universum eine widerspruchsfreie Ganzheit ist. Eine der von ihnen gegenwärtig favorisierten Theorien ist beispielsweise die *Stringtheorie*. Bislang ist freilich unklar, ob diese Theorie etwas mit dem realen Universum zu tun hat. Es ist bisher nicht gelungen, experimentell verifizierbare Vorhersagen aus dieser Theorie abzuleiten.

Doch möglicherweise verfehlen all diese theoretischen Bemühungen den entscheidenden Punkt: Wenn wir die zentrale Botschaft der Physik des Mandalas ernstnehmen, dann erweist sich die Unvereinbarkeit von Allgemeiner Relativitätstheorie und Quantenmechanik vielleicht als ein *Scheinproblem* – als ein Problem, das seine tiefere Ursache in der irrigen Überzeugung hat, *Relativität* sei eine fundamentale Wahrheit über das Universum; eine Überzeugung, die auch der *Allgemeinen Relativitätstheorie* zugrunde liegt.

Als Einstein 1905 das Galileiische Relativitätsprinzip zum Ausgangspunkt seiner Theorie machte, bestand sein Fehler nicht so sehr darin, aus der faktischen Nicht-Unterscheidbarkeit von

Ruhe und geradlinig-gleichförmiger Bewegung irrigerweise die Konsequenz gezogen zu haben, dass die geradlinig-gleichförmige Bewegung *relativer* Natur sei. Der entscheidende Fehler bestand vielmehr darin, diese vermeintliche Relativität der geradlinig-gleichförmigen Bewegung als ein *fundamentales* Prinzip der Natur postuliert zu haben, denn erst mit diesem Schritt hat Einstein eine *grundlegende Weichenstellung* innerhalb der Physik getroffen; eine Weichenstellung, die fortan die weitere Entwicklung der Physik wie auch sein eigenes Denken bestimmen sollte. Da Einstein die Relativität der geradlinig-gleichförmigen Bewegung für ein fundamentales Prinzip hielt, war er, so von Weizsäcker, mit einem philosophisch beunruhigenden Problem konfrontiert: Das spezielle Relativitätsprinzip leugnete die Existenz eines absoluten Raumes, ohne jedoch die Annahme einer allgemeinen Relativität von Bewegungen zu rechtfertigen.¹⁴⁸

Um dieses Problem lösen zu können, war Einstein daher gezwungen, nicht nur die geradlinig-gleichförmige Bewegung als relativ auffassen zu müssen, er musste auch die beschleunigte Bewegung für relativ halten. Nur so konnte er das in und mit seiner Speziellen Relativitätstheorie in die Physik eingeführte spezielle Relativitätsprinzip rechtfertigen. Doch dieser Schritt brachte ihn in Widerspruch mit der alltäglichen Erfahrung.

Während wir von einer geradlinig-gleichförmigen Bewegung nichts merken, für eine beschleunigte Bewegung – also eine Änderung der Geschwindigkeit dem Betrag und/oder der Richtung nach – gilt dies *definitiv* nicht. Wenn ein Zug bremst oder ein Flugzeug in ein thermisches Loch gerät, dann spüren wir ganz deutlich das Wirken von »Kräften«, *ohne dass wir auch nur einen Blick nach draußen werfen müssen*. Eine beschleunigte Bewegung ist daher – auch im Bereich sehr kleiner Geschwindigkeiten – *absoluter* Natur.

In dem festen Glauben, dass das Prinzip der Relativität auch für beschleunigte Bewegungen Gültigkeit besaß, ignorierte Einstein jedoch diese alltägliche Erfahrung – ganz entgegen seiner sonstigen Haltung – und postulierte stattdessen das *allgemeine Relativitätsprinzip*. Und dieses Prinzip ist das eigentliche Herzstück der Allgemeinen Relativitätstheorie. Mit diesem Prinzip hat Ein-

stein möglicherweise einer ohnehin schon falschen Konsequenz noch den Status universeller Gültigkeit gegeben.

Wie wir bereits gehört haben, lässt sich das Spezielle Relativitätsprinzip als physikalische Konsequenz des Trägheitssatzes in der uns bekannten Form interpretieren: Wenn die geradlinig-gleichförmige Bewegung (in Strenge) kräftefrei ist, wie dieser Satz unterstellt, dann ist diese Bewegung naturgemäß auch relativ. Sie hat als solches keinerlei Einfluss auf die Gestalt der Naturgesetze. Es bleibt daher physikalisch folgenlos, wenn wir das spezielle Relativitätsprinzip als ein fundamentales Prinzip postulieren. Doch wie die zuvor angestellten Überlegungen zeigen, *steht und fällt dieses Prinzip mit der Gültigkeit des Trägheitssatzes.* Wenn der Trägheitssatz nicht gilt und die geradlinig-gleichförmige Bewegung infolgedessen nicht in Strenge kräftefrei erfolgt, dann handelt es sich konsequenterweise auch bei dem speziellen Relativitätsprinzip nicht um ein fundamentales Prinzip.¹⁴⁹ Würde also der Trägheitssatz in der hier skizzierten Form Gültigkeit haben, dann hätte Einstein *durch die Verallgemeinerung des Speziellen Relativitätsprinzips – in Gestalt des Allgemeinen Relativitätsprinzips – eine eigentlich falsche Konsequenz verallgemeinert. Er würde also auf diese Weise einer grundlegend falschen Auffassung vom Wesen des Universums fundamentale Geltung verschafft haben.*

Als es Einstein gelang, dieses allgemeine Relativitätsprinzip mit Hilfe des *Äquivalenzprinzips (i.e. der Gleichheit von schwerer und träger Masse)* physikalisch zu konkretisieren, bezeichnete er dies als den glücklichsten Gedanken seines Leben. Doch vielleicht wird man diesen Gedanken eines Tages als den unglücklichsten Gedanken bezeichnen, den je ein Mensch hatte, denn mit diesem Gedanken sind die zwei grundlegenden Bewegungsformen unserer Wirklichkeit – die geradlinig-gleichförmige und die beschleunigte Bewegung – für relativ erklärt worden, während sie in Wahrheit womöglich beide absolut sind.¹⁵⁰

Das Bild, was Einstein mit der Allgemeinen Relativitätstheorie vom Universum gezeichnet hätte, könnte daher – mit Blick auf seine fundamentalste Ebene - allenthalben ein *Zerrbild* sein, denn die totale Relativierung der Bewegung läuft auf eine totale Eliminierung jenes absoluten und letzten Hintergrundes hinaus,

den wir hier als das EINE bezeichnet haben. Und bei diesem EINEN handelt es sich – im Kontext einer modernen Metaphysik - um nicht mehr und nicht weniger als das Fundament des gesamten physikalischen Universums.

Wie wir an anderer Stelle schon gehört haben, sehen moderne Relativitätstheoretiker ihre Aufgabe darin, alle physikalischen Elemente, die mit diesem Hintergrund in Beziehung stehen, ganz bewusst und ganz gezielt aus der Physik zu eliminieren – in dem Glauben, dass sich die Struktur des Universum nur auf diese Weise wirklich verstehen lässt. Diesem Glauben folgend, denken sie daher, dass auch das zentrale Problem der modernen Physik – die Unvereinbarkeit von Allgemeiner Relativitätstheorie und Quantenmechanik – vor allem der Quantenmechanik anzulasten ist, denn diese Theorie zeichnet sich gerade durch eine solche *Hintergrundabhängigkeit* aus. Eine moderne Metaphysik würde diesem »relativistischen« Glauben entschieden widersprechen. Sie würde zeigen, dass gerade dieser Hintergrund *die eigentliche und wahre Grundlage des physikalischen Universums* ist.

Die zentrale Botschaft einer modernen Metaphysik lautet daher: Selbst wenn es gelänge eine »Theorie von Allem« zu entwickeln, so würde diese Theorie – ohne Einbeziehung des Transzendenten - nicht mehr sein als eine »Theorie von fast Nichts«, denn in und mit ihr wäre gerade das eliminiert worden, was »die Welt im Innersten zusammenhält«.

ANHANG

Das Newton'sche Relativitätsprinzip nach Epstein

Die Relativität der Zeit ist das eigentliche Novum der Speziellen Relativitätstheorie. Es besagt, dass eine bewegte Uhr langsamer geht als eine ruhende. Um diesen neuen Aspekt der Einstein'schen Theorie verständlich zu machen, bedient man sich heute oft des Beispiels einer sogen. *Lichtuhr*. Hierzu stellt man sich vor, dass im Inneren einer Röhre ein Photon eingefangen ist, welches zwischen zwei Spiegeln hin- und herpendelt. Anhand dieser Lichtuhr lässt sich die Relativität der Zeit auf eine sehr eingängige Weise illustrieren. Ausgangspunkt ist eine ruhende Lichtuhr, so wie sie in der nachfolgenden Grafik gezeigt ist:



Abb. 30 – Die ruhende Lichtuhr

Nun wird diese Lichtuhr in Bewegung gesetzt. Die meisten Autoren bedienen sich hierzu, Einstein folgend, des Bildes von einem Zug. Einstein hat nun die Frage aufgeworfen: Wie beurteilt ein Beobachter *außerhalb des Zuges* das Verhalten der Lichtuhr, wenn sie sich an ihm mit hoher Geschwindigkeit vorbeibewegt? Er kommt hierbei zu einer überraschenden Antwort, die nachfolgendes Bild zeigt:

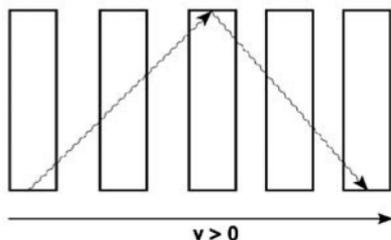


Abb. 31 – Die bewegte Lichtuhr

Wie dieses Bild zeigt, muss eine bewegte Uhr einen längeren Weg zwischen den beiden Spiegeln zurücklegen, was zur Folge hat, dass sie auch mehr Zeit für diesen Weg braucht. Das ist – im Kern – der von Einstein vorhergesagte Effekt der »Zeitdehnung«. Epstein folgt dieser Erklärung: Auch seine Uhr ist, wie üblich, eine leere Röhre mit einem Spiegel an jedem Ende. In ihrem Inneren ist ein Lichtblitz gefangen, der unaufhörlich hin und her zuckt, wobei jedes Zucken genau 1 Sekunde dauert. Epstein hat diese Lichtuhr allerdings nicht in einen Zug, sondern in das Innere eines Lastwagens verfrachtet. Doch für das Verständnis der Relativität der Zeit spielt dies natürlich keinerlei Rolle. Daher ist auch in Epstein's Bild leicht nachvollziehbar, warum der Lichtblitz, wenn sich die Lichtuhr an einem Beobachter vorbeibewegen würde, eine Zickzacklinie beschriebe, die größer wäre, als wenn sich der Blitz in der Röhre einfach nur auf und ab bewegte. Es wäre dem Photon, die Gültigkeit der Speziellen Relativitätstheorie vorausgesetzt, daher nicht möglich, diese längere Strecke in einer Sekunde zurückzulegen. Es bräuchte *mehr als eine Sekunde*. Ausgehend davon, dass die Lichtgeschwindigkeit für den Beobachter im Lastwagen und außerhalb davon für beide gleich sein muss, womit also die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als ein fundamentales Prinzip vorausgesetzt ist, wird der auf der Straße befindliche Beobachter, an dem sich der Lastwagen vorbeibewegt, daher behaupten, es sei zwischen den beiden Spiegeln mehr Zeit verstrichen.

Epstein bedient sich zur Erklärung dieses relativistischen Phänomens der Zeitdehnung jedoch nicht nur dieses klassischen Lehrbeispiels, er präsentiert zudem *eine alternative, seiner geometrischen Sprache angepasste Erklärung*. Er macht zur Erklärung dieses Phänomens mithin auch Gebrauch von seinem kosmischen Geschwindigkeitsmesser – dem Viertelkreis. So fragt er in Umkehrung dieses Lehrbeispiels: *Wo befindet sich das Photon für den auf der Straße befindlichen Beobachter eigentlich nach exakt 1 Sekunde?*

Um die Antwort zu ermitteln, benutzt er natürlich die beiden Prinzipien der Einstein'schen Theorie. So stellt er als erstes fest, dass sich das Photon irgendwo *in der Röhre* befinden muss. Diese Schlussfolgerung ergibt sich unmittelbar aus dem (speziellen) Relativitätsprinzip. Epstein kommentiert dies so: „Wenn sich die Uhr seitwärts bewegt, warum trifft dann das Photon nicht auf die Seitenwand der Röhre auf? Weil das Photon nichts davon »weiß«, dass sich die Lichtuhr bewegt.“

Mit Hilfe des zweiten Prinzips der Speziellen Relativitätstheorie – dem Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit – lässt sich nun, wie Epstein zeigt, auch bestimmen, wo *genau* sich das Photon innerhalb der Röhre befinden muss. Da sich das Photon, entsprechend dem Prinzip von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit immer mit Lichtgeschwindigkeit bewegt, muss es sich zwangsläufig auf dem »Lichtkreis« befinden. Hieraus ergibt sich für den Aufenthaltsort des Photons nur ein einziger »Punkt«: Es ist der Schnittpunkt, an dem sich der Kreis und die vertikale Strecke (der Röhre) schneiden. Nur dieser eine Punkt genügt den beiden Prinzipien der Speziellen Relativitätstheorie. Epstein folgert daher, dass sich das Photon nach einer Sekunde an genau diesem Punkt befinden muss. In dem nachfolgenden Diagramm ist diese Überlegung Epsteins noch einmal grafisch zusammengefasst.

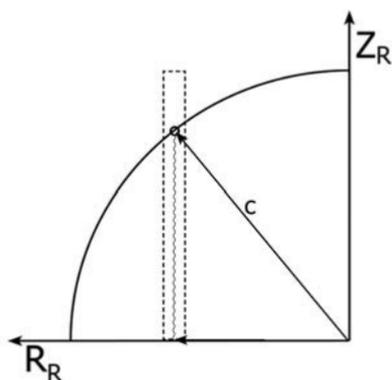


Abb. 32 – Jagd auf das Photon

Dieser alternativen Deutung ist die Beschreibung des Newton'schen Relativitätsprinzips vorausgegangen. Um dieses »alte« Relativitätsprinzip zu veranschaulichen, hat sich Epstein des Bildes von einem Turner bedient, der auf einem Trampolin springt, das seinerseits auf einem Lastwagen montiert ist. Er macht anhand dieses Bildes deutlich, was der eigentliche physikalische Inhalt des Newton'schen Relativitätsprinzips ist. Wenn sich der Lastwagen gleichmäßig fortbewegt, d.h. ohne positive oder negative Beschleunigung durch Bremsen, Rucken oder Kurvenfahren, dann bleibt der Turner von der Bewegung des Lastwagens völlig unbeeinflusst. Obgleich wir eine horizontale Bewegung des Turners konstatieren, messen Turner und Lkw-Fahrer lediglich den vertikalen Anteil der Bewegung. Was den Turner anbelangt, so könnte sich für ihn das Fahrzeug ebenso gut in Ruhe befinden. Mit anderen Worten: Die gleichmäßige Bewegung des Lkws hat auf ihn keinerlei Einfluss, er bemerkt sie nicht einmal. Und genauso wenig würde ein Photon in einer Lichtuhr etwas von der Bewegung der »Röhre« bemerken. Dies sei, wie Epstein betont, im wesentlichen die alte Relativitätstheorie – *der Satz von Galilei über die Relativität des Raums*: Jedermann, wie immer er sich auch fortbewegen würde, würde sich als im Raum fixiert wahrnehmen, solange seine Bewegung gleichförmig ist.

Und wenn er an dieser Stelle von der alten Relativitätstheorie spricht, dann meint er nichts anderes als das Newton'sche Relativitätsprinzip.

Obwohl es Epstein vorrangig darum geht, die von der Speziellen Relativitätstheorie vorhergesagte Verlangsamung der Lichtuhr zu erklären, wird im Zuge dieser Erklärungen gleichwohl deutlich, wie das Newton'sche Relativitätsprinzip in der von ihm entwickelten resp. entdeckten geometrischen Sprache aussähe.

Wie wir bereits gesehen haben, müsste der Speziellen Relativitätstheorie zufolge das Photon – unabhängig von der Geschwindigkeit, mit der sich die Lichtuhr durch den Raum bewegt – immer auf dem Viertelkreis platziert sein. Doch in einem Universum, das dem Newton'schen Relativitätsprinzip genüge, würde sich nachfolgendes Bild ergeben:

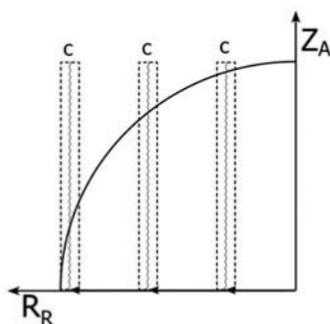


Abb. 33 –

Das

Newton'sche Relativitätsprinzip nach Epstein

Wie dieses Bild zeigt, bemerkt ein Photon nichts von der Bewegung der Lichtuhr. Es legt, *da die Zeit absolut ist*, in einer Sekunde innerhalb dieser Lichtuhr immer dieselbe Entfernung zurück – ebenso wie dies bei dem Turner der Fall ist – mit der Ausnahme, dass sich die Geschwindigkeit des Photons am oberen Spiegel abrupt umkehrt, während die Geschwindigkeit des Turners auf dem Gipfelpunkt null beträgt und anschließend durch die Schwerkraft immer größer wird.

Dass es sich bei der hier im Haupttext verwendeten Darstellung des Newton'schen Relativitätsprinzips lediglich um eine idealisierte Form dieses Bildes handelt, ist also evident. Der einzige Unterschied besteht darin, dass in der hier verwendeten Darstellungsweise die Raum- und die Zeitachse (aus Zweckmäßigkeitsgründen) gegeneinander vertauscht wurden. Extrapoliert man nun dieses nur in Umrissen vorliegende Bild über den gesamten physikalisch zulässigen Geschwindigkeitsraum von 0 bis c , dann wird jenes »Quadrat« sichtbar, das der Physik des Mandalas zufolge ein zentraler Bestandteil des Bauplanes unseres Universums ist.

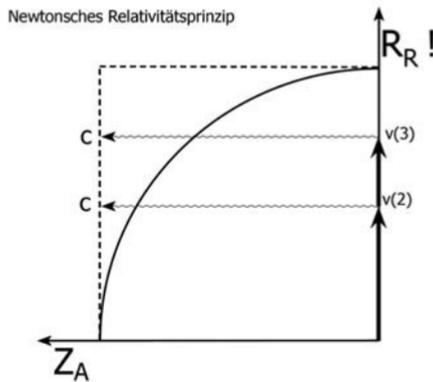


Abb. 34 – Das Newtonsche Relativitätsprinzip als Matrize

Wie dieses Quadrat unschwer zu erkennen gibt, ist es – ebenso wie der Viertelkreis – durch den Wert der Lichtgeschwindigkeit c parametrisiert. Wenn es also zu Beginn der 80er Jahre überhaupt jemanden gab, dem diese bemerkenswerte »Koinzidenz« hätte auffallen können, dann zweifellos Epstein, denn einzig und allein in seiner Sprache tritt diese geometrische Koinzidenz (Kreis & Quadrat) so deutlich in Erscheinung. Doch Epstein hat diese Koinzidenz nicht wahrgenommen, denn, wie bereits (in Abb. 32) dargelegt, widerspricht das Quadrat den beiden Prinzipien der Speziellen Relativitätstheorie. Diesen beiden Prinzipien zufolge muss das Photon notwendigerweise auf dem

Viertelkreis »platziert« sein. Hätte es dem Newtonschen Relativitätsprinzip genügen sollen, dann hätte sich die Uhr schneller als mit Lichtgeschwindigkeit bewegen müssen. Doch dies führt, wie Epstein klar macht, im Kontext der Speziellen Relativitätstheorie zu einem Widerspruch, was natürlich zutrifft. In diesem Fall würde die Uhr nämlich den Lichtblitz hinter sich lassen, was zur Folge hätte, dass das Photon nicht in der Lichtuhr bliebe – und dies wäre wiederum für einen Beobachter ein eindeutiger Beweis dafür, dass sich die Lichtuhr (Röhre) bewegte, was natürlich das Prinzip der Relativität verletzen würde. Und dies sei, wie Epstein seine Betrachtungen zur Lichtuhr beendet, unmöglich.

»Es kann ... der Fall eintreten, daß klar formulierte Prinzipien zu Konsequenzen führen, die ganz oder fast ganz aus dem Rahmen des gegenwärtig unserer Erfahrung zugänglichen Tatsachenbereiches herausfallen. In diesem Fall kann es langjähriger empirischer Forschungsarbeit bedürfen, um zu erfahren, ob die Prinzipien .. der Wirklichkeit entsprechen.«

Albert Einstein in: Mein Weltbild

Das Michelson-Morley-Experiment – ein Erfolg?

Wenn wir die Physik des Mandalas als wahr voraussetzen, dann ist die Struktur von Raum und Zeit offenbar so beschaffen, dass sie die Bewegung der Lichtquelle und die Bewegung des Beobachters auf eine jeweils unterschiedliche Weise »codiert«. In dem nachfolgenden Diagramm ist gezeigt, wie diese unterschiedlichen Codierungen von Lichtquelle (Q) und Beobachter (B) meines Erachtens in dem Michelson-Morley-Experiment »zusammentreffen«.

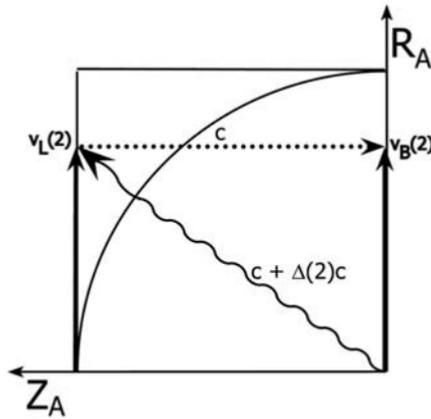


Abb. 35 – Michelson-Morley-Experiment mit *positivem* Ausgang

Wäre in und mit diesem Diagramm das Michelson-Morley-Experiment auf eine physikalisch zutreffende Weise abgebildet, dann hätte es ganz offenkundig einen *positiven* Ausgang genommen, denn die Geschwindigkeit des Lichtes c wiese, wie ursprünglich – Ende des 19. Jahrhunderts - erwartet, in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit der Lichtquelle v_Q eine höhere Geschwindigkeit auf, denn es gilt: $c + \Delta(2)c > c$.

Doch ungeachtet dieses positiven Ausganges würde ein Beobachter in einem »Mandala-Universum« bei allen Geschwindigkeiten, mit denen er sich durch den Raum bewegt, dennoch für das Licht stets dieselbe Geschwindigkeit messen, und zwar $c = 1$. Wenn, wie es beim Michelson-Morley-Experiment der Fall ist, die (absolute) Geschwindigkeit der Lichtquelle (v_Q) und die (absolute) Geschwindigkeit des Beobachters (v_B) *identisch* sind, wenn also, um auf Abb. 35 Bezug zu nehmen, die Bedingung $v_B = v_Q$ gilt, dann entsteht aufgrund der besonderen raumzeitlichen Struktur des Mandala-Universums beim Beobachter der „täuschende“ Eindruck, als sei die Lichtgeschwindigkeit konstant. Doch in Wahrheit bewegt sich das Licht *selbst* schneller.

Nur lässt sich dieses Mehr an Geschwindigkeit in einem der Struktur des Mandalas folgenden Universum gerade mit Hilfe des Michelson-Morley-Experimentes *nicht* ermitteln.

Gleichwohl ist es denkbar, dass eine solche Bewegung gegenüber dem *quasi*-absoluten Raum (R_A) mit einem anders aufgebauten Experiment nachweisbar sein könnte. Auch wenn die Spezielle Relativitätstheorie und die Physik des Mandalas gerade in Bezug auf dieses für Einstein's Theorie so bedeutsame Michelson-Morley-Experiment empirisch ununterscheidbar wären, so muss dies keineswegs für *alle optischen Experimente* zutreffen; im Gegenteil: Es scheint ziemlich wahrscheinlich, dass die Physik des Mandalas bei geeigneten optischen Experimenten zu Vorhersagen führt, die von der Speziellen Relativitätstheorie *abweichen*. Diese Vermutung erscheint von allem dann begründet, wenn das Michelson-Morley-Experiment in und mit der vorhergehenden Abbildung tatsächlich auf eine zutreffende Weise erfasst worden ist, denn dieser Umstand würde notwendigerweise implizieren, dass die Spezielle Relativitätstheorie nicht nur nicht dieses Experiment auf eine zutreffende Weise erfasst hätte, sondern u.U. auch eine Reihe anderer Experimente; Experimente, in denen sich diese Abweichung vielleicht empirisch nachweisen lässt.

Wenn man, von der Raum-Zeit-Struktur des Mandalas ausgehend, den »Fehler« bestimmen sollte, den die relativistische Raum-Zeit-Struktur aufweist, dann bestünde er darin, dass die von ihr bezeichnete *relative* Geschwindigkeit des Beobachters und die *absolute* Geschwindigkeit des Beobachters, wie sie mit der Mandala-Struktur bezeichnet ist, *erkennbar differieren*, und zwar umso mehr - je höher die relative und die absolute Geschwindigkeit sind. Mit Annäherung an die Geschwindigkeit von $v = 0$ würde diese Differenz freilich immer geringer ausfallen. Es bedürfte daher im Bereich kleiner und sehr kleiner Geschwindigkeiten extrem sensitiver Messvorrichtungen, um diese Differenz experimentell nachweisen zu können. In der nachfolgenden Abbildung ist diese Differenz für eine sehr hohe Geschwindigkeit exemplarisch »sichtbar« gemacht:

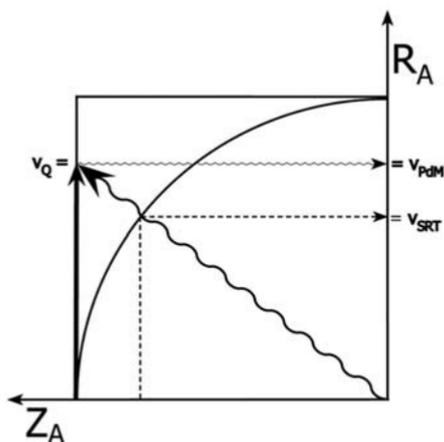


Abb. 36 – Die »Differenz« zwischen SRT und PdM

Ursache für diese Differenz ist folgende: Da, wie wir bereits gehört haben, die Physiker im Glauben waren, dass das Michelson-Morley-Experiment keinen positiven, sondern einen *negativen* Ausgang genommen hätte, fühlten sie sich genötigt, das *außerhalb des Viertelkreises liegende Liniensegment des Lichtes physikalisch neutralisieren zu müssen*. In und mit der Speziellen Relativitätstheorie (SRT) sollte Einstein diese »Aufgabe« schließlich auf eine höchst überzeugende Weise gelingen. Dieser Akt der Neutralisierung bleibt jedoch physikalisch nicht folgenlos. Er impliziert in der Tat, wie das o.a. Diagramm zeigt, eine *Geschwindigkeitsdifferenz*, denn v_{PdM} ist notwendigerweise *größer* als v_{SRT} , was unmittelbar einleuchtet, da die Physik des Mandalas (PdM) auf das vermeintlich „überflüssige“ Liniensegment Bezug nimmt, während dies bei der Speziellen Relativitätstheorie *nicht* der Fall ist.

Erwiese sich nun diese Art von Physik (i.e. PdM) als eine korrekte Beschreibung der Wirklichkeit, dann würde sich der Beobachter *de facto* mit einer größeren Geschwindigkeit durch den Raum bewegen als dies nach der Speziellen Relativitätstheorie der Fall ist. Es wäre daher nicht auszuschließen, dass sich diese

Geschwindigkeitsdifferenz, wenn es sie denn tatsächlich gäbe, auch bei irgendwelchen optischen Experimenten bemerkbar machen könnte *oder sogar bereits gemacht hat*. Dies könnte eine wissenschaftlich attraktive Möglichkeit sein, die Gültigkeit der »Physik des Mandalas« (wie auch der damit untrennbar verknüpften Metaphysik) experimentell zu überprüfen. Es ist aber, wie ich in dem nachfolgenden Kapitel zeigen möchte, vielleicht nicht die einzige Möglichkeit – und vielleicht nicht einmal die bedeutsamste.

Auf der Suche nach der Funktion des Leeren

Die Zukunft einer modernen Metaphysik hängt ganz entscheidend ab, ob es gelingt, die hier z.T. nur skizzenhaft entwickelten Überlegungen die Gestalt einer zusammenhängenden physikalischen Theorie zu geben. Die Einlösung dieser Aufgabe schließt die Angabe *einer mathematisch ausgearbeiteten Messvorschrift* notwendig ein. Erst wenn wir ganz präzise vorhersagen können, wie sich die Geschwindigkeit eines sich selbst überlassenen Objektes mit der Zeit verändert, erst dann wird eine moderne Metaphysik die Grenze zur Wissenschaft überschritten haben. Noch ist unbekannt, wie diese Messvorschrift aussieht. Doch aufgrund der Struktur des Mandalas wie auch den hier formulierten Grenzbedingungen ist der Spielraum, wie sie mathematisch aussehen könnte, so weit eingeschränkt, dass, wie ich mutmaßen möchte, nur eine sehr spezielle Klasse von Funktionen in Frage kommt. Nachfolgend sollen ein paar Überlegungen angestellt werden, wie eine solche Funktion aussehen könnte.

Grundlage und Ausgangspunkt einer solchen Funktion ist per se das *Prinzip der radikalen Nicht-Dualität*. *Dieses Prinzip ist gewissermaßen die physikalische Repräsentation des von der Metaphysik bezeichneten Äthers, der hier – in Abgrenzung zu dem früheren Äthertheorien - ausdrücklich als »Meta-Äther« bezeichnet werden soll.*

Obwohl dieser Meta-Äther prinzipiell jeglicher Beobachtbarkeit entzogen ist, so erweist sich seine Einführung in die Physik kei-

neswegs als überflüssig: Er zeigt in Gestalt des Prinzips der Radikalen Nicht-Dualität, welche spezifische »Grenzbedingungen« das Universum notwendig erfüllen muss, wenn es mit diesem unsichtbaren Medium vereinbar sein will. In der nachfolgenden Tabelle sind alle Grenzbedingungen gezeigt, die in dem vorliegenden Text bisher eine Rolle gespielt haben. Wir werden am Ende dieses Kapitels sehen, dass noch ein paar weitere Bedingungen hinzukommen.

	Minimum	Maximum
R	0	∞
Z	0	∞
<i>v</i>	0	∞
..	0	∞
..	0	∞

Tab. 4 – Grenzzustände des Vakuums

Mit diesen Grenzbedingungen sind *physikalisch unerreichbare Zustände* bezeichnet. Wie diese Tabelle zeigt, handelt es sich sowohl beim Geschwindigkeitswert *Null* als auch beim Geschwindigkeitswert *Unendlich* um physikalisch unerreichbare Zustände.

Wie wir in dem Kapitel „Null und Unendlich – Die »Kabbala« des Einen“ erfahren, ist dem Geschwindigkeitswert Null ($v = 0$) der Zeitfaktor Unendlich ($Z = \infty$) zugeordnet worden. Es ist also naheliegend, auch die gegenläufige »Paarung« anzunehmen – also dem Geschwindigkeitswert Unendlich ($v = \infty$) den Zeitfaktor Null ($Z = 0$) zuzuordnen. Folgen wir dieser Zuordnung, haben wir es mit *zwei* Grenzprozessen zu tun:

$$v \rightarrow 0 ; Z \rightarrow \infty \quad (G_1)$$

$$v \rightarrow \infty ; Z \rightarrow 0 \quad (G_2)$$

Den ersten dieser beiden Grenzprozesse (G_1) haben wir bereits kennen gelernt. Doch wenn wir von der Gültigkeit des Prinzips der radikalen Nicht-Dualität überzeugt sind, dann müssen wir

annehmen, dass auch der zweite Grenzprozess (G_2) innerhalb unseres Universums realisiert ist.

Da die Beschleunigung eines Objektes (a) physikalisch durch das Verhältnis von Geschwindigkeit (v) dividiert durch die Zeit (Z) definiert ist (kurz: $a = v/Z$), bietet es sich mathematisch an, diese beiden Grenzprozesse in der nachfolgenden Funktion »zusammenzufassen« - zumindest vorbehaltlich:

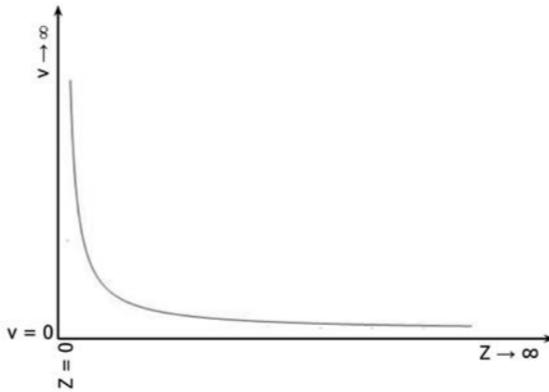


Abb. 37 – Die »Funktion der Leere«?

Eine Funktion von dieser Gestalt würde den hier nur in Umrissen gezeigten Überlegungen *mathematisch* ein passendes Gesicht geben. Sie würde zeigen, dass der mit dem Trägheitssatz verknüpfte Aussagenkomplex letztlich nur auf den *unteren Funktionsast* Bezug nimmt, denn wenn wir auf den *oberen Funktionsast* blicken, dann sehen wir, dass eine Bewegung umso kürzer andauert, je mehr sich die Geschwindigkeit dem Wert Unendlich annähert. Sie verliert damit augenscheinlich das für eine Trägheitsbewegung charakteristische Moment, über extrem lange Zeitspannen nahezu unverändert anzudauern.

Dieses charakteristische Trägheitsmerkmal finden wir in der Tat lediglich im unteren Funktionsast verwirklicht – also jenem Ast, der dem Verhalten bewegter Objekte im Bereich kleiner und sehr kleiner Geschwindigkeiten gilt. Wir können sehen, wie mit Annäherung an den Geschwindigkeitswert Null der Zeitfaktor

ins Unendliche wächst. Ferner können wir erkennen, dass sich der aus dem Quotienten v/Z ergebende Wert von a nicht nur immer mehr dem Wert Null: $a \rightarrow 0$ annähert, sondern dass die geschwindigkeitsbedingten Unterschiede auf dem Weg dorthin auch zunehmend schwinden, da der Zeitfaktor Z exponentiell anwächst: $Z \rightarrow \infty$.

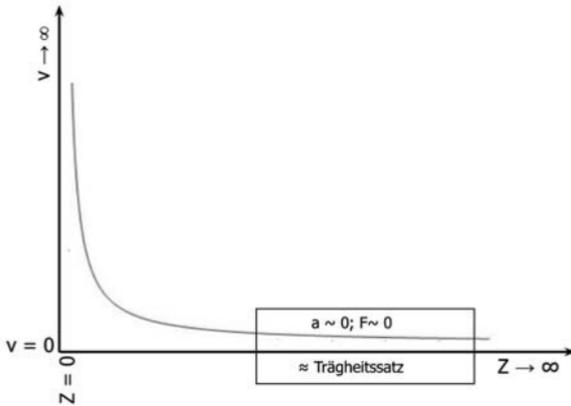


Abb. 38 – Die Funktion der Leere – Der untere Ast

Der untere Funktionsast veranschaulicht daher auf sehr eindrückliche Weise, warum die geradlinig-gleichförmige Bewegung im Bereich kleiner und sehr kleiner Geschwindigkeiten als relativ *erscheint*, ohne vielleicht in Strenge relativ zu *sein*: Für kleine und sehr kleine Geschwindigkeiten sind die entsprechenden Beschleunigungswerte (a) nicht nur äußerst subtil, sie sind voneinander (innerhalb vergleichsweise kurzer Zeiträume) vermutlich auch kaum noch unterscheidbar. Dies bedeutet, dass sich die mit kleinen Geschwindigkeiten verknüpften Beschleunigungswerte durch eine *immer größere zeitliche Konstanz* auszeichnen würden. Mit anderen Worten: Die im Bereich kleiner und sehr kleiner Geschwindigkeiten wirksamen »Vakuumkräfte« sind nicht nur sehr klein, sie erweisen sich auch in zeitlicher Hinsicht als äußerst unauffällig, weil sie über größere Zeiträume

hinweg keinerlei *signifikanten* Veränderungen zu erkennen geben.

Gleichwohl würde ein sich selbst überlassenes Objekt mit der Zeit nicht nur immer langsamer, seine Beschleunigungswerte (a) würden auch kleiner werden, denn es gilt die Beziehung: $v \rightarrow 0$; $a \rightarrow 0$. Wir haben es also – im Gegensatz zur Modifikation des zweiten Axioms nach Milgrom – nicht mit einer *strengen* Konstanz des Beschleunigungswertes zu tun. Milgroms Modifikation des zweiten Axioms ist formal gerade so beschaffen, dass die Rotationsgeschwindigkeit *nicht mehr vom Abstand abhängt, was zur Folge hat, dass auch die Beschleunigungswerte im weiten Abstand konstant sind.*

In genau diesem Punkt weicht die hier vorgeschlagene Modifikation des 1. Axioms von der Milgrom'schen Modifikation des 2. Axioms ab: Die Beschleunigungswerte (a) zeigen zwar *über einen sehr langen Zeitraum* keine signifikanten Veränderungen, sodass beinahe zwangsläufig der Eindruck von zeitlicher Konstanz erweckt wird, *gleichwohl ändert sich – entsprechend den hier entwickelten Vorstellungen – der Beschleunigungswert in jedem Augenblick.*

Wenn die hier geschilderte physikalische Interpretation im Kern richtig ist, dann zeigt dieser untere Funktionsast, was es mit der geradlinig-gleichförmigen Bewegung auf sich hat – *und warum sie stets absolut* ist. Demnach wäre kein einziger dieser Bewegungszustände *in Strenge* kräftefrei: Bei allen Geschwindigkeiten ist sowohl $a \neq 0$ als auch $F \neq 0$. Es gibt in der Tat nur einen *einzig*en Fall, in der die Kraftwirkung des Einen resp. des Vakuums verschwindet. Dieser Fall ist dann gegeben, wenn die Geschwindigkeit $v = 0$ ist. Nur in diesem Fall ist die (negative) Beschleunigung $a = 0$ und infolgedessen auch die Kraft $F = 0$. Doch dieser Geschwindigkeitswert ist von keinem finiten Körper innerhalb des Universums erreichbar. *Er bezeichnet keinen Zustand relativer Ruhe, sondern einen Zustand absoluter Ruhe – weil ewig während.*

Obwohl es in dem so beschriebenen Universum keine streng kräftefreie Bewegung gäbe, so wären die im Bereich kleiner und sehr kleiner Geschwindigkeiten wirksamen »Vakuumkräfte« so verschwindend gering, dass wir sie bei der Behandlung und dem

Studium physikalischer Vorgänge weitgehend vernachlässigen könnten. Wir wären also, um ein konkretes Beispiel zu nennen, nicht genötigt, zur Beschreibung des Bewegungsverhalten eines Pfeils oder einer Kugel nunmehr auf die Existenz des Vakuums (i.e. des Einen) Bezug nehmen zu müssen. Doch das Bewegungsverhalten von Raumsonden könnte ein konkretes »Gegenbeispiel« sein, wo wir das sehr wohl müssen, da sie in Bereiche des leeren Raumes vorstoßen, wo nur noch die dem Vakuum inhärenten Reibungskräfte wirksam sind. In allen anderen Fällen reicht die uns vertraute Physik sicherlich nach wie vor aus, um das Bewegungsverhalten von Körpern hinlänglich genau beschreiben zu können.

Während wir also in dem Wirklichkeitsbereich, in dem wir uns alltäglich bewegen, getrost darauf verzichten können, diesen absoluten Hintergrund in Betracht ziehen zu müssen, *für das Verständnis der Funktionsweise des Universums als Ganzem gilt dies ganz entschieden nicht.*

Die in der Funktion des Leeren steckende physikalische Botschaft ist in diesem Punkt ebenso eindeutig wie klar: Sie besagt, dass dieser unsichtbare und allgegenwärtige Hintergrund *an allen physikalischen Vorgängen innerhalb des Universums gleichermaßen beteiligt ist – und zwar ohne jede Ausnahme, da es, wie bereits gesagt, einen streng kräftefreien Zustand innerhalb des Universums nicht geben kann.*

Eben diese Botschaft steht im Widerspruch zum relativistischen Denken, denn dieses *unterstellt*, dass *alle* geradlinig-gleichförmigen Bewegungen, unabhängig von ihrer Geschwindigkeit, streng kräftefrei erfolgen. Da die Annahme der Existenz des Einen im Bereich kleiner und sehr kleiner Geschwindigkeiten experimentell jedoch so wenig ins Gewicht fällt, ist man geneigt, mehr dem gesicherten relativistischen Wirklichkeitsverständnis zu trauen als dieser hochspekulativen Annahme, die zudem metaphysischen Ursprunges ist. *Doch was den Bereich großer und sehr großer Geschwindigkeiten* anbelangt, könnte das Vertrauen in das relativistische Denken durch die hier formulierte metaphysische Annahme nachhaltig erschüttert werden.

Wäre nämlich der obere Funktionsast innerhalb unseres Universums realisiert, dann würde sich die Existenz des Einen *auf eine*

ungleich deutlichere Weise zu erkennen geben. Wie dieser Funktionsast zeigt, würde ein sehr schnell bewegtes Objekt, bliebe es sich selbst überlassen, innerhalb sehr kurzer Zeiträume dramatisch an Geschwindigkeit verlieren. Bei einem solchen Vorgang würde sich das Eine mithin auf eine sehr unmissverständliche Weise zu erkennen geben: In allen Hochgeschwindigkeitsprozessen wäre es die dominante Größe.

Doch gerade der Interpretation dieses Funktionsastes stellen sich bislang eine ganze Reihe ungelöster Fragen entgegen. So ist unklar, wie der Geschwindigkeitswert Unendlich in dieser Funktion überhaupt zu verstehen ist. Ist er *absolut* zu verstehen? Bezieht er sich also auf die Bewegung eines materiellen Körpers durch den Raum? Oder verbirgt sich hinter diesem Geschwindigkeitswert in Wahrheit nur die Lichtgeschwindigkeit? Gilt also der Geschwindigkeitswert Unendlich ausschließlich dem Licht? Kann mithin kein materieller Körper schneller als das Licht sein, so wie es die spezielle Relativitätstheorie seit mehr als einhundert Jahren behauptet?

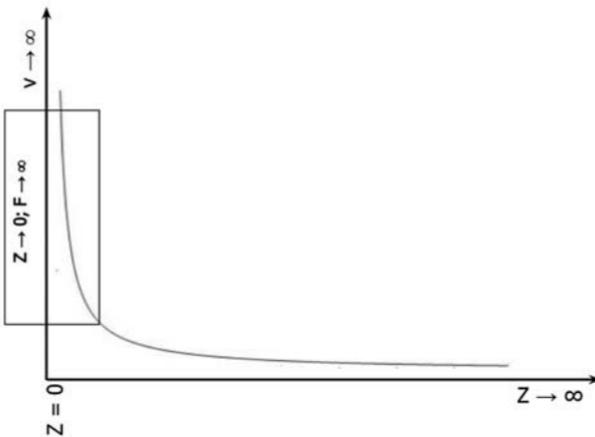


Abb. 39 - Die Funktion des Leeren – Der obere Ast

Von der Beantwortung dieser und ähnlicher Fragen hängt es ab, ob man der Metaphysik eine physikalisch in sich geschlossene

und plausible Gestalt geben kann. Würde sich beispielsweise hinter dem Geschwindigkeitswert Unendlich in Wahrheit »nur« die Lichtgeschwindigkeit verbergen, dann müssten wir, Grenzübergang G_2 folgend, davon ausgehen, dass selbst in dem uns zugänglichen Teil des Universums sehr schnell bewegte Objekte, wie Elektronen oder Protonen, *innerhalb kurzer Zeitspannen* rapide an Geschwindigkeit verlieren, zumindest dann, wenn sich diese Geschwindigkeit dem Wert der Lichtgeschwindigkeit weitestgehend angenähert hat. Doch ist dies überhaupt eine experimentell begründbare und sinnvolle Annahme? Gibt es experimentelle Hinweise dafür, dass sehr schnell bewegte Objekte ein solches zeitlich atypisches Verhalten zeigen?¹⁵¹ Es könnte aber auch sein, dass der hier als Unendlich ausgewiesene Geschwindigkeitswert in einem anderen, uns bislang unbekanntem Teil des Universums realisiert ist.

Bereits in dem ersten Buch „Die Physik des Mandalas“ spielte die Frage, wie der Geschwindigkeitswert Unendlich innerhalb unseres Universums physikalisch realisiert sein könnte, eine Rolle. So ist im Anhang dieses ersten Buches unter dem Kapitel „Durch den Gödel-Graben“ der Versuch unternommen worden, zu zeigen, wie eine diesem Wert folgende Funktion aussehen könnte. In dem nachfolgenden Diagramm ist dies noch einmal gezeigt:

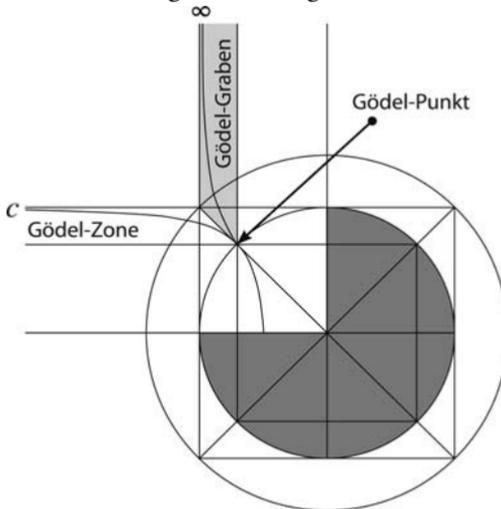


Abb. 40 – Der Gödelpunkt – Ein Bifurkationspunkt?

Wenn dieses Diagramm zuträfe, dann gäbe es in realiter *zwei* Grenzgeschwindigkeiten; eine, in der die Lichtgeschwindigkeit c die uns bereits bekannte Grenzgeschwindigkeit darstellt – und eine zweite uns bislang unbekannte Funktion, in der der Geschwindigkeitswert Unendlich ganz *explizit* als eine solche Grenzgeschwindigkeit definiert ist.

Eine solche zweite Funktion wäre durchaus denkbar, wenn man das »doppelte« lorentzinvariante Design der Struktur des Mandalas bedenkt. Dieses Design ist so interpretierbar, dass sie nicht nur die Gestalt der uns vertrauten relativistischen Funktion, sondern auch die Gestalt des zweiten, in den sogen. Gödel-Graben führenden Funktionsastes bestimmt haben könnte. Bei dem hier als Gödel-Punkt bezeichneten Geschwindigkeitswert von $1/\sqrt{2} c$ resp. $0,707 c$ würde es sich folglich um einen „Bifurkationspunkt“ handeln – einem Verzweigungspunkt, ab dem die noch unbestimmte »Vakuum-Gleichung« zwei verschiedene Lösungen hat.

Wäre der Geschwindigkeitswert Unendlich auf diese wortwörtlich zu nehmende Weise realisiert, dann müssten wir allerdings annehmen, dass auch die beiden Funktionsäste der Vakuum-Funktion auf eine ähnliche Weise »separiert« sind wie diese beiden Geschwindigkeitsfunktionen.

Unabhängig davon, wie die Funktion des Leeren am Ende aussieht, wäre ihr oberer Funktionsast innerhalb unseres Universums physikalisch realisiert, dann würde er unser Bild vom Universum und der in ihm herrschenden Dynamik *grundlegend* verändern. Er würde nicht nur die Rolle, die das Vakuum in ihm spielt, auf eine Weise »transparent« machen wie niemals zuvor, er würde auch deutlich machen, dass der Trägheitssatz zwar für den Bereich kleiner und sehr kleiner Geschwindigkeiten *eine physikalisch sehr nützliche Idealisierung* ist, dass er aber mit Blick auf den Bereich großer und sehr großer Geschwindigkeiten ein zutiefst irreführendes Gesetz darstellt. Er verschleiert mithin, was die innere Funktionsweise des Universums anbelangt, ebenso viel wie er in den letzten drei Jahrhunderten offenbart hat.

Doch noch sind derlei Schlussfolgerungen spekulativer Natur. Das Bild ist noch in weiten Teilen unklar. So ist unklar, wie der „Mandala-Code“ physikalisch anzuwenden ist. Wie die bisheri-

gen Überlegungen gezeigt haben, scheint die Struktur des Mandalas zwar eine lorentzinvariante Raumzeit zu generieren, doch die von ihr begründete Lorentzinvarianz scheint physikalisch – zumindest vordergründig - weit weniger restriktiv zu sein als die der speziellen Relativitätstheorie. Es ist daher unklar, ob und in welcher Form der Gammafaktor γ beispielsweise auf den Zeitfaktor (Z) anzuwenden ist. Infolgedessen lässt sich auch noch nicht mit Bestimmtheit sagen, ob das physikalische Universum tatsächlich dem Prinzip der radikalen Nicht-Dualität folgt oder nicht.

	Minimum	Maximum
R	0	∞
Z	0	∞
v	0	∞
a	0	∞
F	0	∞

Tab. 6 *Das Prinzip der Radikalen Nicht-Dualität*, Stand: Mai 2009

All diese ungeklärten Fragen hängen im wesentlichen mit ein- und derselben physikalischen Größe zusammen, und zwar der Lichtgeschwindigkeit c . Noch ist völlig unverstanden, *welche Rolle die Lichtgeschwindigkeit in der Beziehung zwischen dem Prinzip der radikalen Nicht-Dualität) und der Struktur des Mandalas spielt*. Nur eines scheint klar zu sein, wie auch immer die Rolle der Lichtgeschwindigkeit schlussendlich aussehen mag, *sie wird sich zweifellos als einer der entscheidenden Proportionalitätsfaktoren erweisen, der zeigt, wie das Endliche (das physikalische Universum) mit dem Unendlichen (Einen) verbunden ist*.

ANMERKUNGEN

¹ v. Weizsäcker, Carl Friedrich, *Die Einheit der Natur*, München 1972, S.115

² Einstein, Albert, *Aus meinen späten Jahren*, Nachdruck, Neu Isenburg 2005, S. 41

³ Er gab aber die Zustimmung, dass diese Überlegungen in dem vom P.A. Schilpp herausgegebenen Sammelband „Albert Einstein als Philosoph und Naturforscher“ (Stuttgart 1955; Originalausgabe 1949) erscheinen durften; siehe: Rosenthal-Schneider, I., *Voraussetzungen und Erwartungen in Einsteins Physik*, ebenda S. 60 - 73

⁴ Rosenthal-Schneider, Ilse; *Begegnungen mit Einstein, von Laue und Planck*, Braunschweig 1988

⁵ Sir James Jeans, *Der Weltraum und seine Rätsel*, Stuttgart 1931, S. 177

⁶ Nehmen wir an, jemand steht am Bahnhof und sieht einen Zug mit einer Geschwindigkeit von 100 Km/h vorbeifahren. Er beobachtet, wie ein Zuggast aufsteht und sich mit einer Geschwindigkeit von 5 km/h in Fahrtrichtung zum Speisewagen bewegt. Unser stationäre Beobachter am Bahnhof wird, wenn er das Newtonsche Additionstheorem der Geschwindigkeiten zugrunde legt, für den Zuggast eine Gesamtgeschwindigkeit von $100 \text{ km/h} + 5 \text{ km/h} = 105 \text{ km/h}$ berechnen. Nun nehmen wir an, der Zuggast bleibt sitzen und schickt stattdessen einen Lichtstrahl in Fahrtrichtung. Würde man Newtons Additionsregel anwenden, dann hätte die Antwort lauten müssen: $100 \text{ km/h} + c$, weil sich der Lichtstrahl mit dem Zug bewegt. Doch genau diese Vorhersage stand im Widerspruch mit der von Michelson und Morley gemessenen Konstanz der Lichtgeschwindigkeit.

⁷ Laughlin, Robert B., *Abschied von der Weltformel*, Die Neuerfindung der Physik, München 2008, S. 183 f.

⁸ Bell, John, in: *Eine Diskussion der Geheimnisse der Quantenphysik*, hrsg. P.C.W. Davies/J.R. Brown, Frankfurt a. M. 1993, S. 61ff.

⁹ cit. nach Genz, Henning; *Nichts als das Nichts*, Die Physik des Vakuums, Weinheim 2004, S. 242

¹⁰ Wolfgang Cramer in: *Gottesbeweise und ihre Kritik*¹⁰ Cramer, Wolfgang, *Gottesbeweise und ihre Kritik*, Frankfurt a. Main 1967, S. 8

¹¹ Hansen, Helmut; *Die Physik des Mandala*, Aitrang 2007

¹² Es sei schon an dieser Stelle angemerkt, dass diese ‚Vorhersage‘ nur dem Bereich kleiner Geschwindigkeiten gilt. Da das Ausmaß dieser »Reibungskraft« des Vakuums – entsprechend der Struktur des Mandalas - von der Höhe der Geschwindigkeit des Objektes abhängt, ist noch unklar, wie sich die durch das Vakuum vermittelte Reibung auf schnell bewegte Objekte auswirkt. Im Anhang ist der Versuch unternommen worden, zu präzisieren, wie sich schnell bewegte Objekte verhalten.

¹³ Reichl, Eugen, *Mysterium am Rand des Sonnensystems*, Astronomie heute, Oktober 2006, S. 20 - 25

¹⁴ Laughlin, Robert B., *Abschied von der Weltformel*, Die Neuerfindung der Physik, München ⁴2008, S. 188 Es ist interessant, zu hören, wie Laughlin auf dieses Problem eingeht. „Bemühungen, diesem Problem auszuweichen, führen unvermeidlich zu Widersprüchen. Wenn wir also versuchen, relativistische, die spektroskopischen Merkmale des Vakuums wiedergebende Gleichungen niederzuschreiben, entdecken wir, dass diese Gleichungen mathematischer Unsinn sind, wenn man nicht postuliert, dass entweder die Relativität oder die Eichinvarianz, eine ebenso bedeutsame Symmetrie, bei extrem kurzen Entfernungen versagen. Bislang hat man noch keine realisierbare Lösung für dieses Problem gefunden. Die ursprünglich zu diesem Zweck gefundene Stringtheorie hat keinen Erfolg gebracht. Zusätzlich zu ihrem legendären Appetit nach höheren Dimensionen hat sie auch bei kurzen Längenskalen Problem (wenn auch subtilere), und man hat nie gezeigt, dass sie sich bei großen Längenskalen zum Standardmodell weiterentwickelt, was erforderlich ist, wenn sie mit dem Experiment vereinbar sein soll.“ Ebenda S. 188

¹⁵ Hansen, Helmut; *Elementarmatrix 3.0 – Auf der Suche nach dem Einen...*, Hamburg 2000, S. 145ff.

¹⁶ Ayer, Alfred Jules; *Sprache, Wahrheit und Logik*, Kapitel VI: Kritik der Ethik und Theologie; Stuttgart 1981, S. 135 ff.

¹⁷ Der amerikanische Physiker John Archibald Wheeler sieht in der »Unterscheidbarkeit« einen zentralen Punkt bei der Bildung dessen, was man Wissen nennt. John Wheeler in: *Der Geist im Atom – Eine Diskussion der Geheimnisse der Quantenphysik*; hrsg. P.C.W. Davies & J. R. Brown, Frankfurt a. M. 1993, S. 80

¹⁸ Aldous Huxley, *Die Ewige Philosophie*, Zürich 1949; hier ein Auszug aus der Einleitung des Werkes: »Philosophia perennis - der Ausdruck wurde durch Leibniz geprägt, aber die Sache - die Metaphysik, die hinter der Welt der Dinge, des Lebens und des menschlichen Geistes eine göttliche Wirklichkeit erkennt, die Psychologie, die in der Seele etwas findet, das dieser göttlichen Wirklichkeit ähnlich oder mit ihr sogar identisch ist, die Ethik, die das Endziel des Menschen des immanenten und transzendenten Urgrundes jedes Seins erblickt - die Sache gibt es sei undenklicher Zeit, und sie ist universal. Anfangsgründe der philosophia perennis können unter den überlieferten Lehren primitiver Völker in allen Teilen des Erdballs entdeckt werden. Vollentwickelt hat sie ihren Platz in jeder der höheren Religionen.«

¹⁹ Eine moderne Erörterung dieses Beziehungsverhältnisses finden wir in dem Kapitel: *Die erste Hypothese des Platonischen Parmenides und die Quantentheorie*, in: von Weizsäcker, Carl Friedrich, *Die Einheit der Natur*, München 1971, S. 481 ff.

²⁰ Kants *Antinomien* beinhalten eine weitere Gruppe von (scheinbar) unauflösbaren Widersprüchen. Kant begründet seine historisch folgenschwere Kritik an der klassischen Metaphysik u.a. mit dem Argument, dass diese Widersprüche mit den Mitteln der Vernunft *grundsätzlich* nicht lösbar seien.

²¹ Vgl. auch: Hansen, Helmut, *Elementarmatrix 3.0*, Kapitel: Gefangen im erkenntnistheoretischen Zirkel, ebenda S. 38 - 44

²² Pesic, Peter; *Identity and the Foundation of Quantum Theory*, Foundations of Physics Letters, Volume 13, Number 1, February 2000 , pp. 55-67 (13); dt. Artikel „Die Identität der Quanten“ in: *Spektrum der Wissenschaft*, Januar 2003, S. 56 - 62

²³ von Baeyer, Hans Christian, *Das Atom in der Falle*, Reinbek bei Hamburg 1996, S. 14

²⁴ Die *Wie-Frage* ist, philosophisch gesehen, eine Sackgasse, aus der noch nie jemand herausgefunden hat. Gleichwohl folgen zeitgenössische Untersuchungen immer noch diesem letztlich fruchtlosen Erkenntnispfad, wie z.B. der Text von Willem R. De Jong zeigt: *How is Metaphysics as a Science possible? Kant on the Distinction between philosophical and mathematical Method*; *Review of Metaphysics*, 49,

(December 1995), pp. 235 – 275. Dieser Text ist stellvertretend dafür, wie Metaphysik auch heute noch betrieben wird.

²⁵ Nachfolgende Metapher mag diese spezielle Forderung deutlich machen: Wenn wir die metaphysische Wirklichkeit als ein Haus betrachten, dann handelt es sich bei dem, was wir das *physikalische Universum* nennen, um den für uns sichtbaren »oberirdischen« Teil dieses Hauses. Bei dem EINEN hingegen handelt es sich um den für uns unsichtbaren unterirdischen Teil dieses Hauses; einen Teil, den wir üblicherweise als »Keller« bezeichnen. Wenn wir sicherstellen wollen, dass dieser Teil des Hauses uneinsehbar bleibt, dann müssen wir lediglich *eine einzige Tür* verschlossen halten, und zwar die »Kellertür«, denn nur diese Tür führt in den Keller.

²⁶ Ausgangspunkt der hier skizzierten Metaphysik war die bewusst gesuchte Konfrontation zwischen dem Begriff der *Unsichtbarkeit* und der Speziellen Relativitätstheorie. Im Mittelpunkt der Untersuchungen stand anfänglich die Frage: *Wie sähe das physikalische Universum aus, wenn man Einsteins Theorie so transzendiert, dass sie dem Begriff der Unsichtbarkeit genügt?* Im Zuge der Beantwortung dieser Frage ist dann die archetypische Struktur des Mandalas hervorgetreten. Es erwies sich jedoch zunächst als außerordentlich schwierig, die physikalische Bedeutung dieser Struktur aufzuklären. Aufgrund dieser Probleme suchte ich nach einer Möglichkeit, wie ich die in dieser Struktur »eingeschriebene« radikal nicht-duale Konzeption so vereinfachen konnte, dass sie wenigstens in naturphilosophischer Hinsicht aufklärbar war. Ich hatte die Hoffnung, über die Klärung der reinen naturphilosophischen Fragen Hinweise darauf zu erhalten, wie diese Struktur *physikalisch* zu »lesen« war. Im Zuge dieser mehr naturphilosophischen Untersuchungen konnte dann die „Koinzidenz des Kleinsten und des Größten« als begrifflicher Kern der radikal nicht-dualen Konzeption »isoliert« werden. Das Wissen um diese spezielle Koinzidenz stand also nicht am Beginn meiner Untersuchungen, sondern ist erst *nachträglich* – nach einem sehr langen Weg durch die moderne Physik – sichtbar geworden. In dem Buch *Elementarmatrix 3.0 – Auf der Suche nach dem Einen* (Hamburg 2000) ist dieser Erkenntnisprozess im Detail dokumentiert.

²⁷ Diese Bezeichnung – metaphysisches Existenzial – wurde bewusst gewählt, weil in und mit ihm jene metaphysisch charakteristischen

Eigenschaften, wie die der Allgegenwart und Unsichtbarkeit verknüpft sind, die letztlich über die Frage nach der Existenz resp. Nicht-Existenz des Einen entscheiden. Vgl. Hansen, Helmut; *Elementarmatrix 3.0*, Hamburg 2000, S. 69

²⁸ Wenn wir es mit einer Koinzidenz von A und B zu tun haben, dann gibt es *zwei grundlegende Deutungsmöglichkeiten*. Wir können annehmen: (1) A ist durch B (oder vice versa) *bedingt – oder* (2): A und B haben eine *gemeinsame* Ursache. Natürlich haben wir an dieser Stelle nicht die Möglichkeit, *mit wissenschaftlichen Mitteln überprüfen zu können*, welche dieser beiden grundlegenden Deutungsmöglichkeiten vorliegt. Wenn wir der zweiten Deutungsmöglichkeit folgen und annehmen, das Eine sei die *gemeinsame* Ursache von A – dem Kleinsten – und B – dem Größten –, dann können wir zwar die Koinzidenz des Kleinsten und des Größten experimentell überprüfen, wir können aber experimentell nicht überprüfen, ob diese Koinzidenz *tatsächlich* im Einen wurzelt, denn das Eine *selbst* ist seinem Wesen nach unsichtbar. Hier zeigt sich eine prinzipiell *unüberwindbare* Erkenntnisgrenze. Selbst wenn es gelänge, der Metaphysik die Gestalt einer in sich abgeschlossenen physikalischen Fundamentaltheorie zu geben – und diese Theorie ihre Wahrheit in unzähligen Anwendungen immer wieder unter Beweis gestellt hätte, die Frage, ob es das Eine *wirklich* gibt, diese Frage bleibt wissenschaftlich unbeantwortbar, denn das Eine *selbst* ist unsichtbar. Auf eben dieser grundlegenden Annahme – der Unsichtbarkeit des Einen – basiert eine moderne Metaphysik. Hierin liegt ihre besondere Stärke, aber auch ihre Schwäche. Es ist daher unmöglich, Metaphysik in eine wissenschaftliche »Orthodoxie« zu verwandeln.

²⁹ Hansen, Helmut; *Von der Entdeckung Gottes am Rande des Universums*, Petersberg 2005, Kap. Transzendenz als »schöne« Erklärung, S. 152 ff.

³⁰ Das ein- und dasselbe Konstrukt – die Koinzidenz des Kleinsten und des Größten – zum einen die metaphysische Eigenschaft der *Allgegenwart* zu begründen vermag und zum anderen die der *Unsichtbarkeit*, erscheint auf den ersten Blick unverständlich, denn diese beiden Eigenschaften gehören offenkundig zwei ganz verschiedenen Wirklichkeitsbereichen an. Allgegenwart ist Teil des sichtbaren Universums – Unsichtbarkeit hingegen ist Teil des Einen. Man fragt sich

daher unwillkürlich, mit welchem Recht diese ontologisch »asymmetrische« Begründung vollzogen wird. Es zeigt, dass auch diese Asymmetrie inhärenter Wesenszug des metaphysischen Wirklichkeitsbildes ist, denn das Eine ist nicht nur Unsichtbare, es ist auch das *Unbedingte*. Das bedeutet, dass auch das Beziehungsverhältnis zwischen dem Universum und dem Einen grundlegend *asymmetrisch* ist: Das Eine zwingt dem Universum *in unumkehrbarer Weise* ganz spezifische Bedingungen auf. In und mit der »Koinzidenz des Kleinsten und des Größten« ist eine dieser spezifischen Bedingungen bezeichnet. Doch aufgrund der dem metaphysischen Wirklichkeitsbild inhärenten Asymmetrie kommt dieser Koinzidenz eine jeweils andere Bedeutung zu, und zwar abhängig davon, *in welcher Richtung* man dieses Konstrukt »liest«. In Richtung Universum gelesen, zeigt es, welche Bedingungen innerhalb unseres Universums gegeben sein müssen, um das Eine als seinen ‚allgegenwärtigen Grund‘ annehmen zu können. In Richtung des Einen gelesen, zeigt es, dass das Eine *selbst* prinzipiell unsichtbar ist. Es ist also der Begriff des *Unbedingten*, der diese asymmetrische Lesart erzwingt.

³¹Die Genauigkeit dieser speziellen Koinzidenz beträgt $2,5 \times 10^{-4}$ arc-sec/Jahr. Pfister, Herbert; *Dragging Effects Near Rotating Bodies and in Cosmological Models* in: Barbour, Julien; Pfister, Herbert (ed.), *Machs Principle*, 1995, p. 325.

³² Diese äußerst prägnante Formulierung stammt von dem Physiker Friedrich Hund. in: *Grundbegriffe der Physik*, Mannheim, 1979, S.42

³³ Der theoretische Physiker Herbert Pfister umschrieb diese Koinzidenz in einem jüngst veröffentlichten Artikel mit den Worten: „...the greatest wonder .. is the following „cosmic coincidence“: Imagine a physicist performing experiments in a closed local laboratory, especially determining (...) the local inertial systems. Having finished this, he opens the „windows“ of his laboratory and looks to the distant stars, galaxies, quasars, and to the cosmic background radiation. And then he is (hopefully) amazed beyond all expectation that there is no acceleration, especially no angular velocity ω between the local inertial system and the „cosmic rest system“.

Pfister, Herbert; *Newton's First Law Revisited* in: *Foundation of Physics Letters*, Vol. 17, No. 1, February 2004.

³⁴ Da nach allgemeiner philosophischer Lesart diese Art von Argumentationsfigur als »Gottesbeweis« deklariert wird, ist 2005 ein entsprechendes Buch mit dem Titel: *Von der Entdeckung Gottes am Rande des Universums* veröffentlicht worden. Es ist im Via Nova Verlag (Petersberg) erschienen.

³⁵ Um die von den Physiker beobachtete »Koinzidenz von Trägheits- und Sternenkompass« sinnvoll als Reflexion der »Koinzidenz des Kleinsten und des Größten« interpretieren zu können, war es notwendig, von physikalischen Begriffen Gebrauch zu machen. Nur durch diese Begriffe war es möglich, eine Verbindung zwischen der empirischen und der metaphysischen Koinzidenz herstellen zu können. Doch diese Begriffe, insbesondere der Begriff des *Inertialsystems*, erweisen sich mit Blick auf diese Verbindung als *nicht* eindeutig. So gibt es aus Sicht der Physik, *wie wir sie kennen*, nicht nur zwei Inertialsysteme, sondern *unendlich viele*. Die restriktive metaphysische Anwendung dieses Begriffes auf nur zwei Inertialsysteme ist daher nicht eindeutig. Diese Mehrdeutigkeit könnte sich jedoch, wie diese Studie zeigt, als *prinzipiell lösbar* erweisen, da der Gültigkeitsbereich des uns bekannten Trägheitssatzes (und damit auch die des Begriffes INERTIALSYSTEM) innerhalb des hier entwickelten theoretischen Kontextes auf genau diese zwei »Zustände« reduziert wird. Die Auseinandersetzung hiermit ist freilich nicht mehr Thema dieses Buches.

³⁶ Diese Forderung ist keineswegs *neu*. Dass sie kennzeichnend für die Auseinandersetzung mit dem EINEN sein könnte, findet sich in sehr vielen Schriften. So schreibt beispielsweise der Philosoph *D.T. Suzuki* in seinem Buch „Der westliche und der östliche Weg“: „Zeit ist Ewigkeit, und Ewigkeit ist Zeit. In anderen Worten: Null ist gleich unendlich, und unendlich ist gleich Null.“ (ebenda S. 53) Das neue an dieser Forderung besteht darin, dass sie nicht nur in philosophischer, sondern auch *in physikalischer Hinsicht* ernstgenommen wird.

³⁷ Hansen; Helmut; *Die Synthese von Mystik und Physik* in: Visionen, März 2009, S. 19

³⁸ Hansen, Helmut; *Die Physik des Mandala*, Aitrang 2007

³⁹ Im Grunde genommen ist dies eine falsche, wenn nicht gar irreführende Darstellung der Newtonschen Mechanik, denn dieser Bauplan nimmt von seiner geometrischen Gestalt her schon Bezug *auf die*

Lichtgeschwindigkeit als strukturbestimmender Größe. Wenn man den Bauplan der Newtonschen Mechanik korrekt hätte darstellen wollen, dann hätte man das Quadrat eigentlich unendlich groß machen müssen.

⁴⁰ Epstein, Lewis C., *Relativitätstheorie – anschaulich dargestellt*, ebenda S. 101

⁴¹ Dasselbe Gefühl scheint jedoch auch die Deutung Epsteins nach sich zu ziehen. So lautet eine klassische Frage: »Wie kann es sein, dass wir uns mit Lichtgeschwindigkeit bewegen, wenn wir doch gerade still auf einem Stuhl sitzen?« In der Epstein'schen Deutung bedeutet Bewegung Bewegung durch die *Raumzeit* – und eine solche Bewegung kann auch eine reine Bewegung durch die Zeit beinhalten, und zwar gerade dann, wenn wir auf einem Stuhl sitzen. In diesem Fall bewegen wir uns lediglich durch die *Zeit* – und nicht durch den Raum. Doch die Geschwindigkeit, mit der wir dies tun, ist, so Epstein, die Geschwindigkeit des Lichtes – wie bei allen anderen Bewegungen durch die Raumzeit auch.

⁴² Epstein, Lewis C., ebenda S. 82f

⁴³ Epstein, Lewis C., ebenda S. 241f.; eine gegen die Struktur des Mandalas vorgebrachte Kritik bestand beispielsweise darin, dass sie – im Gegensatz zu den »offenen« Minkowski-Diagrammen – ein geometrisch geschlossenes Raum-Zeit-Bild darstellt.

⁴⁴ Sie folgt der im ersten Buch „Der Physik des Mandala“ getroffenen Wahl. Es ging vor allem darum, die enge Beziehung zwischen dem Wert der Lichtgeschwindigkeit c und dem Geschwindigkeitswert Unendlich deutlich zu machen.

⁴⁵ Mittlerweile wird sie auch aktiv als Forschungswerkzeug eingesetzt. Vgl. *Radial Falling in (4+1)-Dimensional Spacetime*, Richard Benish, May 2008

⁴⁶ Greene, Brian, *Das Elegante Universum*, Berlin 2000, S.66 f.

⁴⁷ Diese Namensgebung ist kein Zufall. Tatsächlich ist dieser spezielle Geschwindigkeitswert von $1/\sqrt{2} c$ bereits in einer Arbeit zur Allgemeinen Relativitätstheorie von dem Mathematiker Kurt Gödel als ein besonderer Geschwindigkeitswert ausgewiesen worden. siehe: Kurt Gödel in: *Albert Einstein als Philosoph und Naturforscher. Eine Bemerkung über die Beziehungen zwischen der Relativitätstheorie und der idealistischen Philosophie*, Braunschweig 1955, S. 410 unten

⁴⁸ So wird beispielsweise das »Kalachakra-Mandala« in der buddhistischen Philosophie ausdrücklich als ein solches Raum-Zeit-Bild verstanden.

⁴⁹ Diese „Offenbarung“ wird einem allerdings nur dann zuteil, wenn man bereits zuvor um die mögliche Besonderheit des mit ihm verknüpften Geschwindigkeitswertes weiß. In Epsteins Büchern sucht man das diesem Geschwindigkeitswert entsprechende Raumeigenzeit-Diagramm vergeblich.

⁵⁰ Bertozzi, William; *Speed and Kinetic Energy of Relativistic Electrons* in: Am.J.Phys. 32, p. 553 (1964)

⁵¹ Dieser Faktor hängt ausschließlich von der Relativgeschwindigkeit v ab. Dimensionslos wird dieser Faktor dadurch, dass die Geschwindigkeit v in der natürlichen Einheit der Relativitätstheorie, der Vakuumlichtgeschwindigkeit c gemessen wird.

⁵² Dieser Unterschied zeigt sich geometrisch darin, dass im Minkowski-Diagramm der Geschwindigkeitsbereich von 0 bis c auf einen Winkelausschnitt von 45° beschränkt ist, während er im Epstein Diagramm 90° umfasst.

⁵³ „The Lorentz transformations tell us something important: that space and time are two aspects of the same basic entity. They ‘mix’ in different ways for different observers.“ in: Schiller, Christoph, Chap. II - Special Relativity,

¹⁶ Da die Lorentzinvarianz im Rahmen des Mandala-Codes durch einen über c hinausgehenden »Strukturüberhang« begründet ist, steht dieses Ergebnis im Widerspruch zu der von der Speziellen Relativitätstheorie behaupteten Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, denn in ihr müssen, um die Konstanz von c sicherzustellen, alle physikalisch relevanten Strukturen *a priori* auf das Innere des »Lichtkreises« beschränkt sein. Später werden wir sehen, welche unerwartete Auflösung dieser Widerspruch im Rahmen der »Physik des Mandalas« erfährt.

⁵⁵ H.A. Lorentz in: Abraham Pais, *Raffiniert ist der Herrgott...*, Wiesbaden 1986, S. 165

⁵⁶ von Weizsäcker, Carl Friedrich, *Aufbau der Physik*, München 1985, S. 244

⁵⁷ von Weizsäcker, Carl Friedrich, ebenda S. 235

⁵⁸ von Weizsäcker, Carl Friedrich, ebenda S. 244

⁵⁹ Zajonc, Arthur; *Die gemeinsame Geschichte von Licht und Bewusstsein*, Reinbek bei Hamburg 1994, S. 313, 314

⁶⁰ Genz, Henning; *Gedankenexperimente*, Weinheim 1999, S. 115, 116

⁶¹ Epstein, Lewis C., ebenda S. 49

⁶² Streng genommen gilt dies natürlich nicht. So würde aufgrund der Erddrehung ein aus großer Höhe fallendes Objekt eine winzige Abweichung von der Senkrechten erfahren. Solche Messungen sind bereits zu Beginn des 19. Jahrhunderts durchgeführt worden, um die Drehung der Erde experimentell nachzuweisen. So hat Johann Benzenberg 1802 in Hamburg vom St. Michaelisturm aus einer Höhe von 76,34 Meter mit Hilfe von speziellen Metallkugeln solche Fallversuche durchgeführt. Wie die Berechnungen ergaben, hätte sich eine minimale Abweichung von ca. 9 mm in südöstlicher Richtung ergeben müssen, was auch – zumindest im Rahmen der Benzenberg zur Verfügung stehenden Mittel – auch empirisch bestätigt worden ist. Dieser Vorhersage liegt folgende Erklärung zugrunde: Die Winkelgeschwindigkeit der Kugel in der Spitze des Turmes ist zwar die gleiche wie des Fußpunktes F, die Lineargeschwindigkeit aber ist wegen der größeren Entfernung von der Drehachse der Erde größer. Beim Fall bewegt sich also der Stein, während der während der Turm infolge der Erddrehung ein wenig »gewandert« ist, dem Fußpunkt gegenüber etwas in der Drehungsrichtung voraus, also gegen Osten zu. Da der Stein zudem nicht senkrecht zur Drehachse, sondern zum Erdmittelpunkt hin fällt, so ergibt sich auch eine geringe südliche Abweichung. Vgl. *Versuche über das Gesetz des Falls, über den Widerstand der Luft und über die Umdrehung der Erde : nebst der Geschichte aller früheren Versuche von Galiläi bis auf Guglielmini*. Johann Benzenberg, Dortmund 1804.

⁶³ Diesen Beweis erbrachte erst der Foucaultsche Pendelversuch im Jahre 1851.

⁶⁴ Erst bei Geschwindigkeiten *größer als 870 Kilometer pro Sekunde* würde der relevante Geschwindigkeitsausschnitt für uns von der Null-Linie überhaupt unterscheidbar sein. Dieser Wert ergibt sich aus unserem optischen Wahrnehmungsvermögen. Wir sind lediglich fähig, unter guten Bedingungen einen Winkelausschnitt von einer Bogenminute aufzulösen.

⁶⁵ Manchmal kann es notwendig sein, sich darüber Rechenschaft abzulegen, was man *tatsächlich beobachtet* hat. Der Physiker Werner Heisenberg berichtet in seinem Buch „Das Teil und das Ganze“ sehr detailliert über die hoffnungslos schwierigen Probleme, denen sich Physiker bei der Entwicklung der Atomphysik gegenübersehen. Eines dieser Probleme galt der Frage, ob und inwieweit der »Bahnbegriff« auf die Bewegung des Elektrons innerhalb eines Atoms sinnvoll anwendbar war. Die Existenz einer solchen Bahn schien jedoch gewissen Unstetigkeiten, die das bis dahin gediehene mathematische Schema der Quantenmechanik überzeugend beschrieb, zu widersprechen. Dieser Widerspruch schien unauflösbar, da Beobachtungen in der Nebelkammer die Schlussfolgerung nahezu legen schienen, dass sich ein Elektron *tatsächlich* auf einer solchen in sich geschlossenen Bahn bewegte. Heisenberg berichtet, wie er im Februar 1927, während er sich in Kopenhagen aufhielt, mit diesem Widerspruch kämpfte, bis ihm klar wurde, dass die Ursache all dieser Schwierigkeiten darin bestand, dass Physiker immer leichthin gesagt hatten: *Die Bahn des Elektrons kann man in der Nebelkammer beobachten*. Aber, wie Heisenberg erkannte, war das, was man wirklich beobachtet hatte, *weit weniger* als eine Bahn: Im Grunde genommen hatte man nur eine diskrete Folge von ungenau bestimmten Orten des Elektrons beobachtet, denn tatsächlich sah man nur einzelne Wassertröpfchen in der Kammer, die sehr viel ausgedehnter waren als das Elektron selbst. Vgl. Heisenberg, Werner: *Das Teile und das Ganze, Gespräche im Umkreis der Atomphysik*, München 1969, S. 111.

⁶⁶ Das ist natürlich nicht nur mein *Gefühl*, auch versierte Physiker wie Robert L. Laughlin, der 1998 für seine Arbeiten über den ‚fraktionalen Quanten-Hall-Effekt‘ den Nobelpreis für Physik erhalten hat, teilen offenbar dieses Gefühl. So schreibt Laughlin in seinem Buch *Abschied von der Weltformel*: „In ihrem Zentrum steht die Überzeugung, die Symmetrie der Relativität unterscheide sich insofern von allen anderen Symmetrien, als sie absolut sei. Sie könne aus keinem Grund und auf keiner Längenskala, wie klein sie auch sei, verletzt werden verletzt werden, auch nicht in Systemen, deren fundamentale Gleichungen nie bestimmt worden seien. Diese Überzeugung mag zutreffen, aber sie stellt einen ungeheueren spekulativen Sprung dar. Man kann sich Mondbewohner vorstellen, die eine ähnliche Argu-

mentation verwenden und ihre hellsten Studenten für die Frage, woraus die Erde besteht, bestrafen, weil diese Frage wegen der Rundheit der Erde rein akademisch sei. Das wäre eindeutig ungerecht, da die Erde nicht vollkommen, sondern nur annähernd rund ist. Auf Längenskalen, die kleiner sind als das, was das unbewaffnete Auge vom Mond aus problemlos unterscheiden kann, gibt es störende kleine Einzelheiten wie den Grand Canyon, das Pamirgebirge, den Aconcagua und den Kilimandscharo. Fortschritte in der Beobachtungstechnik würden die Studenten schließlich rehabilitieren, zumindest jene, die rebellisch geblieben wären. Man würde entdecken, dass die Erde nicht makellos rund und zudem aus genau dem *Grund* nur annähernd rund ist, weil das Gestein aus dem sie besteht, bei den im Untergrund vorliegenden Drücken plastisch wird, was große Objekte an der Oberfläche langsam absinken lässt.

Die Vorstellung einer absoluten Symmetrie ergibt, obwohl sie in unsere Disziplin aufgenommen worden ist, keinen Sinn. Symmetrien werden *durch* Dinge verursacht; sie sind nicht die Ursache *von* Dingen. Wenn die Relativität *immer* wahr ist, so muss es dafür einen Grund geben. Bemühungen, diesem Problem auszuweichen, führen unvermeidlich zu Widersprüchen. Wenn wir also versuchen, relativistische, die spektroskopischen Merkmale des Vakuums wiedergebende Gleichungen niederzuschreiben, entdecken wir, dass diese Gleichungen mathematischer Unsinn sind, wenn man nicht postuliert, dass entweder die Relativität oder die Eichinvarianz, eine ebenso bedeutsame Symmetrie, bei extrem kurzen Entfernungen versagen. Bislang hat man noch keine realisierbare Lösung für dieses Problem gefunden.“ Ebenda S. 187, 188

⁶⁷ Hoffmann, Banesh, *Einsteins Ideen, Das Relativitätsprinzip und seine historischen Wurzeln*, Heidelberg – Berlin 1991, S. 55, 56

⁶⁸ Zur Klärung dieser Frage hatte der aus Polen stammende amerikanische Physiker Albert A. Michelson – als Forschungsstipendiat bei Helmholtz – 1881 in Potsdam einen ersten Versuch gemacht. Sein negatives Ergebnis war nicht voll beweiskräftig, da die Versuchsanordnung noch einige Unvollkommenheiten aufwies. Sechs Jahre später wiederholte Michelson in den USA mit einem von ihm erdachten und mit größter Präzision gebauten Spiegel-Interferometer gemeinsam mit Morley sein Experiment. Die neue Messvorrichtung arbeitete

te so exakt, dass sie selbst einen Bruchteil der zu erwartenden Wirkung des »Ätherwindes« deutlich angezeigt hätte. Aber auch dieses Mal – wie übrigens bei allen späteren Wiederholungen des Versuchs – konnte keine derartige Erscheinung beobachtet werden.

⁶⁹ Zajonc, Arthur; *Die gemeinsame Geschichte von Licht und Bewusstsein*, Reinbek bei Hamburg 1994, S. 312 f.

⁷⁰ Herneck, Friedrich; *Einstein und sein Weltbild*, Berlin 1976, S. 323

⁷¹ Lorentz, H.A.; *Das Relativitätsprinzip*, Stuttgart 1982, S. 10

⁷² Die Bezeichnung »Galilei-Transformationen« wurde erst 1909 von Philipp Frank eingeführt: Sitz. Ber. d. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Abt. Iia, 1909, S. 382

⁷³ Stachel, J.; *Einstein and Michelson – The Context of Discovery and the Context of Justification*, *Astron. Nachr.*, **303** (1982) I, 47 - 53

⁷⁴ H.A.Lorentz, *Das Relativitätsprinzip*, Stuttgart 1982, S. 10

⁷⁵ Zee, Anthony, *Magische Symmetrie – Die Ästhetik in der modernen Physik*, Frankfurt a. M. 1993, S. 83f.

⁷⁶ Der Galileitransformation zufolge hätte das zweite Team für die in Fahrtrichtung weglaufenden Lichtwellen die Geschwindigkeit $c_1 = c - v$, für die direkt auf sie zulaufenden Wellen $c_2 = c + v$ messen müssen. Für alle andere Richtungen hätten die von ihnen gemessenen Lichtgeschwindigkeiten zwischen c_1 und c_2 liegen müssen.

⁷⁷ Epstein, Lewis C.; *Relativitätstheorie – anschaulich dargestellt*, NRP!

⁷⁸ Fölsing, Albrecht; *Albert Einstein – Eine Biographie*, Frankfurt ²1993, S. 197; Brief an Paul Ehrenfest, Prag, 25. April 1912

⁷⁹ Albert Einstein, der damals auch in der Schweiz lebte, diskutierte oft seine Gedanken mit Walter Ritz. Das war kein Zufall, denn Einstein selbst zog vor 1905 eine solche Emissionstheorie durchaus in Erwägung, da er wusste, dass eine solche Theorie mit den erfolglosen Ätherdriftexperimenten verträglich ist. Er verwarf diese Theorie jedoch noch vor 1905.

⁸⁰ Später zeigte sich, dass diese Vorhersage auch im Widerspruch stand mit gewissen experimentellen Befunden, wie z.B. der Beobachtung des von Doppelsternen ausgehenden Lichtes.

⁸¹ J. Mehra, »Albert Einstein's erste Wissenschaftliche Arbeit«, *Phys. Bl.* **27**, 386 (1971)

⁸² Einstein, Albert; *Autobiographisches* in: Schilpp, P.A. (Hg.), *Albert Einstein als Philosoph und Naturforscher*, Braunschweig 1979, S. 19, 20

⁸³ Es gab zwar Physiker, wie z.B. Henri Poincaré, die in diesem umfassenderen Relativitätsprinzip bereits eine neue Mechanik erahnten, aber es blieb – so die zeitgenössische Physik – Einstein vorbehalten, dieses Prinzip tiefgründig genug zu erkennen und in seiner Tragweite mit allen Konsequenzen auszuschöpfen. Vgl. Schmutzer, Ernst; *Relativitätstheorie – Aktuell*, Frankfurt a. Main, 1981, S. 54

⁸⁴ Fölsing, Albrecht; *Albert Einstein – Eine Biographie*, Frankfurt ²1993, S. 216

⁸⁵ Bondi, Hermann, *Das Einmaleins der Relativitätstheorie*, München 1971; S. 30ff.

⁸⁶ Epstein, Lewis C., *Relativitätstheorie – anschaulich dargestellt*, Basel 1988, ebenda S. 38, 39

⁸⁷ Epstein ebenda S. 39

⁸⁸ ebenda S. 39

⁸⁹ ebenda, S. 39

⁹⁰ ebenda, S. 39

⁹¹ In einer dieser moderneren Varianten wurden die Resonanzfrequenzen zweier orthogonal angeordneter kryogener optischer Resonatoren verglichen, indem die Frequenz je eines Lasers auf die Resonatoren stabilisiert und die Differenz der Laserfrequenzen gemessen wurden. Damit die optischen Resonatoren mit bis größtmöglicher Genauigkeit funktionierten, sind beispielsweise die Spiegel fast bis zum absoluten Nullpunkt abgekühlt worden, um ein wärmebedingtes Schwanken der Spiegelabstände zu verhindern. Zudem hat man das Licht 100 000-mal zwischen ihnen hin- herlaufen lassen, bevor es den Resonator verließ. Hierdurch war es den Physikern möglich, die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit bis auf die fünfzehnte Stelle hinter dem Komma zu messen. Und selbst bei diesen Hochpräzisionsmessungen konnte keinerlei Abweichung von dem Wert der Lichtgeschwindigkeit in irgendeiner Richtung festgestellt werden. Dies ist der bisher genaueste Test der speziellen Relativitätstheorie. Aus den experimentellen und theoretischen Ergebnissen wurden neue Grenzwerte für Verletzungen der SRT hergeleitet: Es ergeben sich Obergrenzen von bis zu etwa einem Teil in einer Billion (10 hoch 15)

für acht Parameter, die mögliche Verletzungen der SRT in der Elektrodynamik spezifizieren. Diese Grenzwerte sind etwa 100-fach schärfer als die besten bisherigen.

Müller, Holger; Peters, Achim; *Einsteins Theorie auf dem optischen Prüfstand*, Phys. unserer Zeit, 35. Jahrgang 2004, Nr. 2, S. 70ff.

Es ist mittlerweile auch ein Buch zu diesen Messungen erschienen: Müller, Holger; *Moderne optische Tests der Relativitätstheorie*, Schriftenreihe natur-wissenschaftliche Forschungsergebnisse, Bd. 73, Hamburg 2004.

⁹² Feynman, Richard, *Vom Wesen physikalischer Gesetze*, München 1990, S. 115

⁹³ Carl Friedrich von Weizsäcker, *Aufbau der Physik*, München 1985, S. 265

⁹⁴ Carl Friedrich von Weizsäcker, ebenda, S. 263

⁹⁵ Einstein, Albert, *Mein Weltbild*, Zürich, ³⁰2005, S. 146

⁹⁶ vgl. Holton, Gerald; *Thematische Analyse der Wissenschaft*, Die Physik Einsteins und seiner Zeit, Frankfurt a. Main 1981, S. 358

⁹⁷ Born, Max; *Physik im Wandel meiner Zeit*, Braunschweig 1957, S. 187

⁹⁸ Vgl. auch: *Physik*, Kap. Physik des 20. Jahrhunderts, Hrsg. Prof. Dr. Franz Bader, ⁵2008, S. 162

⁹⁹ Da dieses geometrische Element (i.a. das Quadrat) auch die Zeit einschließt, erweckt es beinahe zwangsläufig den Eindruck, als würde in und mit ihm zugleich das einst von Newton formulierte »Raum-Zeit-Bild« wiederauferstehen. Obwohl in und mit diesem Element in der Tat sowohl der Raum als auch die Zeit als *absolut* gesetzt sind, so hat diese Absolutheit jedoch einen ganz anderen, von der Newtonschen Auffassung deutlich abweichenden Charakter. In der von Newton formulierten Mechanik ist die Zeit absolut *schlechthin*, doch in dieser geometrischen Matrize ist sie lediglich mit Blick auf den sichtbaren Teil der Wirklichkeit – also dem, was wir das »physikalische Universum« nennen, *absolut*, nicht aber mit Blick auf den unsichtbaren Teil – also dem, was wir hier als das »Eine« bezeichnet haben. Mit Blick auf das Eine erweist sie sich als (ontologisch) *relativ*. Wie ist das zu verstehen? Spätestens mit der Speziellen Relativitätstheorie wissen wir, dass eine physikalisch sinnvolle Definition des Begriffes der absoluten Zeit die Existenz unendlich schneller Signale notwen-

dig voraussetzt. Das bedeutet, allgemein formuliert, dass dem Begriff der absoluten Zeit der Geschwindigkeitswert $v = \infty$ zugeordnet ist. In dem Newtonschen Raum-Zeit-Bild ist dieser Geschwindigkeitswert physikalisch *nicht ausdrücklich* ausgeschlossen. Daher ist in ihm auch die Zeit absolut *schlechthin*. Doch in der archetypischen Struktur des Mandalas ist dieser spezielle Geschwindigkeitswert ganz erklärtermaßen ausgeschlossen – und *muss* es auch sein, wenn man das Eine in begrifflich konsistenter Weise als das Absolute *schlechthin* rechtfertigen will. Eben dies hat zur Folge, dass die Zeit mit Blick auf das Eine *relativ* ist. Gleichwohl erscheint sie in bezug auf das Universum als *absolut*, da *einzig und allein* der Geschwindigkeitswert $v = \infty$ ausgeschlossen ist. Alle anderen Geschwindigkeitswerte – bis hin zu dem Wert *fast unendlich* – sind, wie die Struktur des Mandalas signalisiert, physikalisch zugelassen. Mit anderen Worten: Die Zeit ist *fast* absolut oder prägnanter formuliert: Sie ist *quasi-absolut*. Tatsächlich ist der Unterschied zwischen der Newtonschen Absolutheit der Zeit und ihrer hier postulierten Quasi-Absolutheit so subtil, dass er aus der »Innenperspektive« des Universums nicht wahrnehmbar ist. Um diesen physikalisch äußerst subtilen, aber ontologisch kardinalen Unterschied wahrnehmen zu können, muss man die Existenz des Einen als das einzig Absolute voraussetzen. Pointiert formuliert: Dieser metaphysische Kontext ist, wie ich behaupten möchte, die notwendige Voraussetzung, um das Universum, oder spezifischer: um die Natur von Raum und Zeit wirklich verstehen zu können. Obwohl Newton die von ihm formulierten Begriffe der absoluten Zeit und des absoluten Mechanik ausdrücklich, wie sein *Scholium Generale* zeigt, als Reflexionen eines metaphysischen Ursprunges verstand – er sah beispielsweise in dem absoluten Raum eine physikalische Realisierung der metaphysischen Eigenschaft der *Allgegenwart* - , so blieb diese metaphysische Deutung von Raum und Zeit in seiner Theorie dennoch ein mehr »äußerliches« Artefakt. So zeigte er beispielsweise nicht, welche spezifischen physikalischen Rahmenbedingungen mit dieser Eigenschaft der Allgegenwart verknüpft waren – eine Aussageleistung, die, wie ich in diesem Buch zu zeigen versucht habe, erst im Zuge einer systematischen Auseinandersetzung in der notwendigen Schärfe hervortritt.

¹⁰⁰ Einstein war sich indessen sehr wohl bewusst, dass die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit etwas vom speziellen Relativitätsprinzip »ganz Unabhängiges« war. Daher war er sich, sofern wir uns an dieser Stelle der Epstein'schen Sprache bedienen, keineswegs im Klaren darüber, welches der beiden Strukturelemente (*Kreis* oder *Quadrat*) hier zum Tragen kam: Die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, so wie sie von den Maxwell'schen Gleichungen (- Viertel-Kreis) gefordert war, oder die durch das Michelson-Morley-Experiment aufgedeckte Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (- Quadrat). Er entschied sich am Ende für die erste dieser beiden »*c*-Konstanzen« - also für KdL_1 und nicht für KdL_2 . (Vgl. Stachel, J., *Einstein and Michelson – The Context of Discovery and the Context of Justification*, Astron. Nachr., **303** (1982) I, S. 51) Mit Bezugnahme auf dieses allgemein akzeptierte Gleichungssystem – die Maxwell'sche Elektrodynamik – war es ihm möglich, seine revolutionären Ansichten über Raum und Zeit als eine gewissermaßen unausweichliche Anpassung der Grundlagen der Physik an diese neue Dynamik rechtfertigen zu können. Vgl. auch: *Grundgedanken und Probleme der Relativitätstheorie*, Nobel-Vortrag in Göttingen am 11. Juli 1923. Die physikalischen Argumente für die zweite Option fielen zu jener Zeit sehr viel »dürftiger« aus. So erschien Einstein die »zweite« Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (KdL_2) vor allem deswegen weniger wahrscheinlich, weil sie – so seine Erklärung – *ausschließlich* auf einen Beobachter Bezug nahm, der bei der Lichtquelle saß. (Vgl. auch hier: J. Stachel, ebenda S. 51)

¹⁰¹ Epstein, Lewis C., *Relativitätstheorie – anschaulich dargestellt*, Basel ²1988, S. 38

¹⁰² Paul, Harry; *Photonen - Experimente und ihre Deutung*; Braunschweig – Wiesbaden 1985, S. 11

¹⁰³ Einstein, Albert; *Über die Entwicklung unserer Anschauungen über das Wesen und die Konstitution der Strahlung*. Nachdruck in PhZ, 10, 1909, S. 817

¹⁰⁴ Zajonc, a.a.O. S. 327

¹⁰⁵ *Albert Einstein / Hedwig und Max Born – Briefwechsel 1916 - 1955*, München 1969, S. 277 ff.

¹⁰⁶ Feynman, Richard, *Vom Wesen physikalischer Gesetze*, München 1990, S. 26

¹⁰⁷ Crombie, *Von Augustinus bis Galilei, Die Emanzipation der Naturwissenschaften*, Frankfurt a. Main, 1966, S. 309

¹⁰⁸ Siehe auch: Hoffmann, Banesh, *Einsteins Ideen, Das Relativitätsprinzip und seine historischen Wurzeln*, Heidelberg – Berlin 1991, S. 40,

¹⁰⁹ Schmutzer, Ernst, *Relativitätstheorie - aktuell*, Leipzig 1981, S. 30

¹¹⁰ Wie von Weizsäcker in seinem Buch *Aufbau der Physik* ausführt, ist bis heute nicht in der Härte und Deutlichkeit die Unmöglichkeit einer jeden klassischen Theorie ausgesprochen worden, sofern sie als Fundamentaltheorie gemeint ist. Ebenda S. 288. Es gibt daher immer noch Physiker, die an eine »Re-Etablierung« der Newtonschen Mechanik glauben; vor allen Dingen Physiker, die die SRT kritisieren.

¹¹¹ von Weizsäcker, Carl Friedrich, *Die Einheit der Natur*, München 1971, S.79

¹¹² von Weizsäcker, Carl Friedrich; ebenda S. 80f.

¹¹³ von Weizsäcker, *Aufbau der Physik*, München 1985, S. 234f

¹¹⁴ ebenda S. 243f

¹¹⁵ von Weizsäcker, *Zeit und Wissen*, München 1992, S. 815 ff.

¹¹⁶ Einstein, Albert; *Grundzüge der Relativitätstheorie*, Braunschweig 1969, S. 58. Dieses Buch nimmt Bezug auf „Vier Vorlesungen über Relativitätstheorie“, die Einstein bereits 1921 an der Universität Princeton gehalten hatte.

¹¹⁷ von Weizsäcker, C.F., *Aufbau der Physik*, München 1985, S. 265

¹¹⁸ Werner Heisenberg, *Quantentheorie und Philosophie*, Stuttgart 1979, S. 30, 31

¹¹⁹ So soll sich Albert Einstein in einem Gespräch mit Arnold Sommerfeld geäußert haben. Arnold Sommerfeld an Moritz Schlick, 17. 10. 1932. Archiv: Deutsches Museum (Archiv NL 89, 025, Mappe von AS) In diesem Brief heißt es wortwörtlich: „Einstein sagte einmal zu mir: ‚Alle Physik ist Metaphysik.‘“

¹²⁰ Diese Auffassung findet sich in dem Webangebot des Albert-Einstein-Institutes in Potsdam. Einstein-Online.

¹²¹ cit. nach: Gleick, James; *Richard Feynman – Leben und Werk des genialen Physikers*, München 1993, S. 530

¹²² Da diese formale Beziehung dem Einen zugeordnet ist, stellt sie per se einen physikalischen Grenzwert dar: Das »Hier« ist durch nichts Innerweltliches realisierbar.

¹²³ Es ist klar, dass es auch keinen physikalischen Vorgang geben kann, der eine Zeitspanne Null umfasst. Damit ist auch zugleich die Möglichkeit ausgeschlossen, in metaphysischer Hinsicht ein universelles Jetzt postulieren zu können. Das bedeutet, dass eine moderne Metaphysik die Grundeinsicht der Speziellen Relativitätstheorie – die Verneinung eines universellen Jetzt – in gewisser Hinsicht unangetastet lässt.

¹²⁴ So lautet eine Aussage seiner Originalarbeit aus dem Jahre 1905; eine weitere Aussage, die von der Metaphysik in gewisser Hinsicht *unangetastet* bleibt - wenn auch mit gänzlich anderen Implikationen als jenen, die Einstein im Sinn hatte.

¹²⁵ Epstein, Lewis C., *Denksport Physik*, München, ²2007, S. 115

¹²⁶ Diese Verknüpfung war entscheidend durch die Newtonsche Mechanik »inspiriert«: Die Newtonsche Mechanik unterscheidet sich von der Relativitätstheorie maßgeblich dadurch, dass sie den Trägheitssatz – also das Kernstück der klassischen Dynamik - *unter ausdrücklichem Rückgriff auf die Struktur von Raum und Zeit* »erklärt«. So heißt es in einem modernen Lehrbuch zur Physik: „Der absolute Raum bestimmt, was *geradlinig*, und die absolute Zeit, was *gleichförmig* ist. Beides zusammen legen fest, was »kräftefrei« heißt. Insofern wirken beide auf die physikalischen Körper ein und bestimmen ihre Bewegung.“ (siehe: Falk, G./Ruppe, W.; *Mechanik, Relativität, Gravitation*; Berlin – Heidelberg – New York, 1983, S. 285) Diese Erklärung erwies sich als eine Art *historischer Modellfall*: Sie signalisierte, dass die Dynamik bewegter Körper, insbesondere die Gestalt des Trägheitssatzes, ganz entscheidend von der Struktur von Raum und Zeit bestimmt sein könnte.

¹²⁷ In the early part of the Pioneer 10 trajectory before Jupiter encounter, this part of trajectory when antenna articulation was largest. During this special period of time one could clearly see four possible different directions for the Pioneer anomaly: (1) toward the Sun, (2) toward the Earth, (3) along the velocity vector, and (4) along the spin axis. Later in the mission the difference between these directions became very small. Physicists expect that their analysis of the early data, from a period of time when the spacecraft were much closer to the Earth and the Sun, may help them to determine unambiguously this direction. But there are some obstacles along the way towards this

goal. A difficult problem in deep space navigation is precise three-dimensional orbit determination. The line-of-sight component of a velocity is much more easily determined than motion in the orthogonal directions. Unfortunately there is no range observable for the Pioneer spacecraft, which complicates the analysis. Furthermore, earlier parts of the trajectory were dominated by solar radiation pressure and frequent attitude control maneuvers, which affect the accuracy of the orbit determination significantly. Nevertheless, the scientists hope that these difficulties can be overcome and the analysis will yield the true direction of the anomaly.

see: Turyshew, Slava G./Toth, Viktor T.; *The Pioneer Anomaly: Seeking an Explanation in newly recovered Data*; arXiv: gr-qc, 0603016v2; 6 March 2007

¹²⁸ Ferris, Timothy; *Chaos und Notwendigkeit*, Report zur Lage des Universums, München 2000, S. 151 ff.

¹²⁹ Milgrom, Mordehai; *The modified dynamics as a vacuum effect*; arXiv: astro-ph/9805346v2, 26. Januar 1999

¹³⁰ Turyshew, Slava G./Toth, Viktor T.; *The Pioneer Anomaly: Seeking an Explanation in newly recovered Data*; arXiv: gr-qc, 0603016v2; 6 March 2007, p. 5

¹³¹ Gründler, Wolfgang, *Die gebändigte Vielfalt*, Berlin 1990, S.39 f.

¹³² Dieses spezifische Raum-Zeit-Verhältnis gilt natürlich auch für den Geschwindigkeitswert $v = \infty$. Nur ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch unklar, ob und inwieweit es sich in diesen beiden Fällen physikalisch um ein- und denselben Zustand handelt.

¹³³ Dass Licht eine Beziehung zum Unendlichen hat, zeigt das nachfolgende Zitat von dem Physiker Arthur Zajonc: »Bezogen auf nichts (das heißt, ohne Äther) ist die Lichtgeschwindigkeit unveränderlich. Gäbe es in räumlichen Verhältnisses etwas Vergleichbares, so hätte dieses Objekt die Eigenschaft, daß es sich, wohin Sie auch gingen, immer in der gleichen Entfernung von Ihnen befände. Weder könnten Sie näher an das seltsame Objekt herankommen noch sich von ihm entfernen. Der Abstand bliebe immer gleich. Das ist das Wesen der Unendlichkeit. Ganz gleich, wie nahe man herangeht oder wie weit man sich entfernt, es bleibt immer der *gleiche* unendliche Abstand. Wie Einstein gesagt hat, spielt die Lichtgeschwindigkeit die Rolle der unendlich großen Geschwindigkeiten. Das Licht hat keinen

Ort, aber es hat eine Geschwindigkeit, und wir sind von ihr immer durch 299 792 458 Meter pro Sekunde getrennt.« in: Zajonc, Arthur; *Die gemeinsame Geschichte von Licht und Bewusstsein*, Reinbek bei Hamburg 1994, S. 315

¹³⁴ Galezki, Georg/Marquardt Peter, *Requiem für die Spezielle Relativität*, Frankfurt a. Main 1997, S. 9

¹³⁵ Schüller, Volkmar.; *Der Leibniz-Clarke Briefwechsel*, Berlin 1991, S. 66

¹³⁶ In seinem Buch »Der Geist der Materie« (Wien, Hamburg 1979) berichtet der theoretische Physiker Jean E. CHARON darüber, welche Erfahrungen er mit anderen Physikern gemacht hat, als er sich anschickte, zu zeigen, dass der Geist die eigentliche Grundlage des Universum sei. So schreibt er, um einen Eindruck von seinen Erfahrungen zu geben: „Paradoxerweise sträuben sich .. gerade die Physiker seit über dreihundert Jahren, die Metaphysik in ihre Fachsprache oder ihr Experimentierfeld eindringen zu lassen. Es ist, als wären ihre Probleme einer „wissenschaftlichen“ Betrachtungsweise unwürdig, ungeachtet der nach wie vor bestehenden, unleugbaren Tatsache, dass es immer noch die Fragen der Metaphysik sind, die den Menschen am meisten interessiert.“ (S. 16) Physiker besäßen, wie er betonte, eine derartig feindselige metaphysischen Fragen gegenüber, dass die Beschäftigung mit derlei Fragen dazu führen würde, dass man nach und nach alle „offiziellen“ Türen und Wege versperrt vorfände. Charon vermutet hinter rigiden Haltung eine energische Gegenreaktion der Renaissance auf das aristotelische Denken, das zwei Jahrtausende lang das europäische Geistesleben bestimmt hatte. Zum Schluss seines Plädoyers für die Metaphysik weist er daraufhin, dass das breite Publikum, das sich ja die Beantwortung metaphysischer Fragen erhofft, die wissenschaftliche Forschung finanziere, dass ihm aber bei der Themenwahl der Forschungsprogramme jegliche Mitbestimmung verwehrt sei. Er würde sich daher sehr dafür einsetzen, dass Themen, denen das Hauptinteresse des Publikums gilt, bei der Auswahl wissenschaftlicher Forschungsprogramme von den Verantwortlichen auch berücksichtigt würden.

¹³⁷ Rosenthal-Schneider, Ilse; *Begegnungen mit Einstein, von Laue und Planck. Realität und wissenschaftliche Wahrheit*; Braunschweig 1988, S. 76

¹³⁸ Rosenthal-Schneider, Ilse; ebenda S.103

¹³⁹ Rosenthal-Schneider, Ilse; ebenda S. 29

¹⁴⁰ Panofsky, Wolfgang K.H., in: *Zur Verleihung der Ehrensatorrwürde der Universität Hamburg an Prof. Dr.Dr. H.c.mult. Wolfgang K. Panofsky am 6. Juli 2006* in: Hamburger Universitätsreden Neue Folge 12, hrsg. v. Hartwig Spitzer, Hamburg University Press 2007, S. 44, 45

¹⁴¹ *Nessus* ist ein Kentaur in der griechischen Mythologie, der *Deianeira*, die Frau des *Herakles*, liebte und daher zu entführen versuchte. Doch Herakles konnte diese Entführung mit einem vergifteten Pfeil vereiteln. Sterbend gab Nessus Deianeira den tückischen Rat, sie solle sein Blut mit ihrem Gewand auffangen und es, wenn es ihr je nötig schiene, als Liebesmittel benutzen, um sich Herakles' Treue zu versichern. Eines Tages folgte sie diesem Rat. Als Herakles das vom Blut Nessus' getränkte Untergewand anlegte, haftete es nicht nur fest an seiner Haut haftete, es bereitete ihm überdies, da das Blut durch den Pfeil vergiftet worden war, so unerträgliche Qualen, dass er sich am Ende verbrennen ließ.

¹⁴² Pauli, Wolfgang, *Der Einfluß archetypischer Vorstellungen auf die Bildung naturwissenschaftlicher Theorien bei Kepler* in: Enz, CP. & v. Meyenn (Hrsg.), *Wolfgang Pauli – Das Gewissen der Physik*, Braunschweig 1988

¹⁴³ Fischer, Ernst Peter; *An den Grenzen des Denkens*, Wolfgang Pauli – Ein Nobelpreisträger über die Nachtseiten der Wissenschaft, Freiburg i. Brsg. 2000, S. 24

¹⁴⁴ Fischer, Ernst Peter, ebenda S. 117

¹⁴⁵ vgl. Hazen, Robert M.; *KELVIN 90*, Der Wettlauf um den Supraleiter, Frankfurt a. M. 1989

¹⁴⁶ Müller, Karl Alex, *Äußere und innere Forschungserfahrung und Erwartung*, Technische Rundschau 44/88, S. 8 ff.

¹⁴⁷ Greene, Brian; *Das Elegante Universum*, Berlin 2000, S. 17

¹⁴⁸ von Weizsäcker, C.F., *Aufbau der Physik*, München 1985, S. 262

¹⁴⁹ Einstein, Albert; *Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie*, Braunschweig 1992, S. 43 ff. (§ 20 – Die Gleichheit der trägen und schweren Masse als Argument für das allgemeine Relativitätspostulat)

¹⁵⁰ Es verwundert daher auch nicht, dass die aus diesem verallgemeinerten Prinzip folgende Theorie – die Allgemeine Relativitätstheorie - hinter ihrem Anspruch, die allgemeine Relativität begründen zu wollen, am Ende weit zurückblieb.

¹⁵¹ Am Linearbeschleuniger in Stanford sind schnell bewegte Objekte genauer untersucht worden. *Hierbei sind zeitabhängige Fluktuationen unbekanntes Ursprunges beobachtet worden.* Ob diese Fluktuationen ein Hinweis auf den hier beschriebenen Funktionsmodus des Vakuums sind, vermag ich nicht zu beurteilen. vgl. Gurigossian, Z.G.T, Rothbart, G.B., and Yearian, M.R., *Relative Velocity of Electrons and Gamma Rays at 15 GeV*, in: **Physical Review Letters**, Volume 34, Number 6, 10. Februar 1975, p. 338

Ausgewählte Literatur

- Bondi, Hermann; *Einsteins Einmaleins*, München 1971
- Epstein, Lewis C. *Relativitätstheorie – anschaulich dargestellt*, Basel-Boston-Berlin 1988
- ders.; *Denksport Physik*; München ²2007
- Einstein, Albert; *Grundzüge der Relativitätstheorie*, Braunschweig ⁵1969
- ders. *Mein Weltbild*; Zürich, ³⁰2005
- Feynman, Richard P., *Vom Wesen physikalischer Gesetze*, München 1990
- Fölsing, Albrecht; *Albert Einstein – Eine Biographie*, Frankfurt ²1993
- Galeczki, Georg/Marquardt Peter, *Requiem für die Spezielle Relativität*, Frankfurt a. Main 1997
- Greene, Brian; *Das Elegante Universum*, Berlin 2000
- Hansen, Helmut; *Elementarmatrix 3.0*, Hamburg 2000
- ders.; *Die Signatur Gottes – Ein moderner Gottesbeweis*, Viersen 2002 (Online-Publikation)
- ders. *Von der Entdeckung Gottes am Rande des Universums*, Petersberg 2005,
- ders. *Die Physik des Mandala*, Aitrang 2007
- Herneck; Friedrich; *Einstein und sein Weltbild*, Berlin 1976
- Hoffmann, Banesh; *Einsteins Ideen*, Heidelberg 1991
- Laughlin, Robert B., *Abschied von der Weltformel*, Die Neuerfindung der Physik, München ⁴2008
- Pais, Abraham; *Raffiniert ist der Herrgott ...*; Wiesbaden 1986
- Regis, Ed; *Einstein, Gödel & Co*, Basel-Boston-Berlin 1989
- Rosenthal-Schneider, Ilse; *Begegnungen mit Einstein, von Laue und Planck. Realität und wissenschaftliche Wahrheit*, Braunschweig 1988
- Schmutzer, Ernst; *Relativitätstheorie – aktuell*, Frankfurt a. Main 1981
- von Weizsäcker, Carl Friedrich; *Die Einheit der Natur*, München 1971
- ders., *Aufbau der Natur*, München 1985
- ders., *Zeit und Wissen*, München 1992

Yourgrau, Palle; Gödel, Einstein und die Folgen, München 2005

Zajonc, Arthur; *Die gemeinsame Geschichte von Licht und Bewusstsein*, Reinbek bei Hamburg 1994



