

Kapitel 8

des Buches

“Wissenschaft am Scheideweg”

von

Herbert Dingle

Martin Brian & O’Keeffe, London, 1972

Nicht-Einstein’sche Relativität

Wie ich schon ausgeführt habe, war die Einstein’sche Theorie während der Jahre zwischen ihrer Veröffentlichung (1905) und dem Ende des ersten Weltkrieges völlig abseits der damaligen physikalischen Gedankenwelt. Ich komme nun zu der allgemeineren, geschichtlichen Bewertung.

Wir waren an der Stelle stehen geblieben, wo der Konflikt zwischen der Newton’schen Mechanik und dem Maxwell-Lorentz’schen Elektromagnetismus am heftigsten war, und das herausragende Ereignis dieses Konfliktes war das Michelson-Morley Experiment. Es ist unzählige Male beschrieben worden, aber, soviel ich weiß¹, nicht ohne stillschweigende Vorinterpretation des Experiments, die die Schlußfolgerungen aus seinen Ergebnissen widerlegt. Die Beschreibung des Experiments, so weit wie möglich ohne jegliche Einführung, ist einfach die folgende: Ein Lichtstrahl wurde in zwei Strahlen aufgespalten, die, über Spiegel, entlang zweier, senkrecht zueinander angeordneter Arme hin- und hergeschickt wurden. Am Anfangspunkt wieder angekommen traten sie miteinander in Interferenz und erzeugten ein Muster von hellen und dunklen Ringen, Interferenzringen, die jedem Studenten der Optik geläufig sind. Betrachten wir den Fall, bei dem einer der Arme sich in Richtung der Umlaufbahn der Erde um die Sonne befindet, entsprechend dem allgemein anerkannten kopernikanischen astronomischen System auf der Grundlage der Newton’schen Mechanik. In zwei Zeitpunkten (Augenblicken), sechs Monate auseinander, würde die Bewegung in gegensätzlicher Richtung erfolgen, so daß, nach der Maxwell-Lorentz’schen Theorie, nach der die Lichtgeschwindigkeit unabhängig von der Geschwindigkeit der Lichtquelle ist, sich leicht errechnen läßt, daß die zu den unterschiedlichen Zeitpunkten beobachteten Interferenzringe eine deutliche Unterscheidung erkennen lassen mußten. Tatsächlich aber veränderte sich das Interferenzmuster das ganze Jahr nicht.

Irgend etwas war also falsch, und es gab drei mögliche Erklärungen für dieses irgend etwas: (1) die Maxwell-Lorentz Theorie war falsch; (2) Die Newton’sche Mechanik war falsch; (3) es gab einen unbekanntem Bewegungseffekt, den man versehentlich nicht in Betracht gezogen hatte. Es war aber ganz allgemein übersehen worden, (abgesehen von einer späteren Vermutung von Ritz, mehr darüber im Folgenden) daß die erste Möglichkeit von der Betrachtung praktisch ausgeschlossen werden mußte, so wie das Experiment durchgeführt worden war. Es wird immer als ein Vergleich der *Zeiten* (Zeitdauern) dargestellt, die die

¹ Ich muß, natürlich, eine detailliertere Darstellung der hier vorgebrachten Betrachtungen ausnehmen, die in einer Veröffentlichung von mir in *Vistas in Astronomy*, 9, 97 (1967) erschienen ist.

beiden Lichtstrahlen für ihre Reise über die beiden Arme benötigten, und daß diese *Zeiten* über das Jahr sich hätten verändern müssen, in Wirklichkeit aber konstant blieben. Es wurden aber überhaupt keine Zeiten oder Zeitintervalle gemessen. Es wurden keine Uhren benutzt, so daß keine Veränderung der ‚Zeit‘, was immer das Wort auch bedeutet, und das letztlich mit Uhren zusammenhängt, nichts mit dem Ergebnis dieses Experiments zu tun haben konnte. Bevor das Experiment im Terminus ‚Zeit‘ ausgedrückt werden konnte, mußten die beobachteten Interferenzringe nach der Maxwell-Lorentz'schen Theorie des Elektromagnetismus interpretiert werden, so daß diese Theorie in die Erklärung des gesamten Versuchs eingebettet war. Daher ist die Möglichkeit (1) von vornherein auszuschließen, bevor wir mit der Analyse beginnen.

Wie wir schon gesehen haben, hat Einstein die Möglichkeit (2) gewählt, die, wenn auch zunächst nicht vornehmlich zum Zwecke der Erklärung des Versuchs vorgeschlagen worden war, doch *de facto* zu diesem Zwecke angewendet wurde. Aber bevor wir dazu kommen, Möglichkeit (3) – es gäbe einen übersehenen Bewegungseffekt – wurde zuerst von FitzGerald und dann später unabhängig von Lorentz vermutet; und hier begegnen wir einem anderen dieser außergewöhnlichen Versehen, derselben Art, wie die Annahme, daß die Fundamente der Maxwell'schen Theorie und der Faraday's identisch sind, obwohl grundverschieden, die sich aus dem schlampigen Umgang mit der Geschichte der Wissenschaft ergeben und der allgemeinen Praxis, daß irrtümliche Behauptungen, wenn einmal veröffentlicht, dazu angetan sind, von späteren Autoren ständig wiederholt zu werden.

Der übersehene Bewegungseffekt, der von FitzGerald vorgeschlagen worden war, betraf eine Veränderung der Abmessungen von Gegenständen, die durch ihre Bewegung durch den Äther hervorgerufen wurde. Betrachten wir den Fall, in dem ein Arm des Versuchsaufbaus (der longitudinale Arm) in Richtung der Erdumlaufbahn, und der andere (der transversale Arm) im rechten Winkel dazu liegt. Es geht nun klar daraus hervor, daß wenn die Länge eines dieser Arme durch die Bewegung verändert, der andere aber unbeeinflusst bleibt, eine Verschiebung der Interferenzringe hierdurch zu erwarten wäre, da die Längen, die beide Lichtstrahlen zu durchqueren hätten, nicht mehr gleich waren. Wenn jedoch dieser Effekt in gleicher Größe aber in entgegengesetzter Richtung zu dem erwarteten Effekt der relativen Bewegung des Armes gegenüber dem Licht auftrat, könnte man das Nullergebnis des Experiments darauf zurückführen. Dies war FitzGerald's Vorschlag, auf Basis der elektrischen Theorie der Materie, die damals sehr angesehen war, (in den frühen Jahren von 1890 an) und diese Annahme war unter dem Begriff FitzGerald-*Kontraktion* bekannt. FitzGerald scheint keinerlei Aufzeichnung darüber hinterlassen zu haben, und seine Ideen sind uns nur durch den Bericht von Sir Oliver Lodge erhalten geblieben. Der übliche Literaturhinweis auf diesen Bericht ist eine kurze Bemerkung in *Nature*, aber eine vollständigere Darstellung – die vollständigste, die wir haben, wie ich glaube – wird in Lodge's Buch „The Ether of Space“² wiedergegeben. Er berichtet darin, daß ihm diese Annahme während persönlicher Diskussionen in Lodge's Arbeitszimmer in Liverpool bekannt geworden ist, und gibt diese wie folgt wieder:

In Bewegung befindliche elektrische Ladungsträger erzeugen einen elektrischen Strom. Gleichartige Ladungen stoßen einander ab, aber gleichgerichtete Ströme ziehen sich an. Zwei gleichartige Ladungen, die sich parallel zueinander bewegen, stoßen daher einander weniger ab, als wenn sie sich in Ruhe befänden, - weniger auch, als wenn sie sich hintereinander auf einer Linie bewegen. Genauso ziehen sich zwei entgegengesetzte Ladungen, die voneinander in festem Abstand sind, weniger an, wenn sie sich parallel zueinander fortbewegen, als wenn sie sich verfolgen. Die so verursachte Abweichung von der statischen Anziehungskraft geht mit dem Quadrat ihrer gemeinsamen Geschwindigkeit dividiert durch das Quadrat der Lichtgeschwindigkeit. (v^2/c^2).

² O.J. Lodge, *The Ether of Space* (Harper, 1909, pp.65-66)

Die Atome der Materie sind geladen; und die Kohäsion ist eine daraus resultierende elektrische Anziehung. Wenn also ein Stück Materie durch den Äther bewegt wird, vermindern sich die Kohäsionskräfte senkrecht zur Bewegungsrichtung, und somit expandiert der Körper in dieser Richtung, proportional zum Quadrat der Größe der Aberration.

Die Reise des Lichtes, hin und zurück, senkrecht zu der Richtung eines sich relativ dazu bewegenden Mediums ist etwas schneller, als dieselbe Reise, hin und zurück, entlang dieser Richtung. Wenn diese Reisen aber auf einem Stück Materie durchgeführt werden, bleiben sie nicht die gleichen, wenn dieses Stück Materie durch den Raum befördert wird: die Reise senkrecht zur Bewegung wird länger als die andere, wie wir gerade gesehen haben. Und die zusätzliche Entfernung kompensiert oder neutralisiert die zusätzliche Geschwindigkeit; so daß das Licht für beide die gleiche Zeit benötigt.

Lodge's Bericht stellt nicht einwandfrei klar, ob dies seine Erklärung des Effekts oder die von FitzGerald ist, da er aber keinen Zweifel daran läßt, daß die Grundidee von FitzGerald stammt, ist nicht anzunehmen, daß er diese, ohne besonders darauf hinzuweisen, ändern würde, und in diesem Fall gibt es keine ‚FitzGerald-Kontraktion‘; es gibt nur eine FitzGerald Expansion, wobei der obigen Erklärung entsprechend, nicht der longitudinale Arm verkürzt, sondern der transversale Arm verlängert wird – die Wirkung auf die Interferenzringe bleibt dabei die gleiche. Bringen wir die Sache auf den Punkt, ein ruhender Stab, nicht elektrisiert, bestand nach der damaligen Auffassung aus gleich vielen positiven und negativen Ladungsträgern. Wenn der Stab in Bewegung gesetzt wurde, bildeten diese Ladungen zwei parallele elektrische Ströme in entgegengesetzten Richtungen, und solche Ströme, so wußte man, stoßen einander ab. Demnach gab es eine Kraft, die die Breite des longitudinalen Arms (ohne Auswirkung auf die Laufstrecke des Lichtes) und die Länge des transversalen Arms vergrößerte. Der FitzGerald Effekt war also keine Kontraktion des ersteren sondern eine Expansion des letzteren.

Unabhängig und ohne Kenntnis der oben dargestellten Hypothesen, hat Lorentz³ im Jahr 1904 eine wesentlich umfassendere Theorie entwickelt, die, ihre Gültigkeit vorausgesetzt, nicht nur das Nullergebnis des Michelson-Morley Experiments erklärte, sondern auch eine Ergänzung zur Maxwell'schen Theorie lieferte. Diese sagte aus, daß jedes Experiment, das auf sich bewegenden Objekten ausgeführt wurde, die sich relativ zueinander in gleichförmiger, geradliniger Bewegung befanden, exakt die gleichen Ergebnisse lieferte, so daß es unmöglich war festzustellen, von einem Experiment auf einem der Objekte, ob dieses Objekt sich in Ruhe befand oder sich gleichförmig durch den Äther bewegte. Seine Theorie sagte aus, daß die Bewegung eines Objektes durch den Äther eine Kontraktion in Bewegungsrichtung bewirkte, und auch eine Verlangsamung aller rhythmischen Prozesse, beide um den Faktor $(1 - v^2/c^2)^{1/2}$, wobei v die Geschwindigkeit des Objektes und c die Lichtgeschwindigkeit bedeutete. Lorentz errechnete, unter der Voraussetzung, es gäbe diese Effekte, als Beziehung zwischen den Koordinaten (x, t) eines Ereignisses in dem einen System und den Koordinaten (x', t') des selben Ereignisses in Bezug auf ein System, das sich gleichförmig und geradlinig in x -Richtung relativ zu dem ersten bewegte (der Einfachheit halber betrachten wir hier nur eine Bewegungsrichtung - die der Relativbewegung – und setzen gewisse Anfangsbedingungen als erfüllt voraus) die folgenden Gleichungen:

³ H.A. Lorentz, *Proc. Amsterdam Acad.*, **6**, 809 (1904)

$$x' = (x - vt) / \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

$$t' = (t - vx/c^2) / \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

Diese Gleichungen sind als *Lorentz-Transformation* bekannt. Ihre mathematische Bedeutung liegt in der Tatsache, mathematisch ausgedrückt, daß die Gleichungen der Maxwell-Lorentz'schen Elektromagnetischen Theorie in Bezug auf sie invariant sind, das heißt, wenn wir für x und t in diesen Gleichungen die Größen aus der Lorentz-Transformation einsetzen, erhalten wir identische Gleichungen mit x' und t' anstelle von x und t , und aus v wird $-v$. Damit war sichergestellt, daß alle Messungen die auf einem der beiden Objekte gemacht wurden, die sich relativ zueinander in gleichförmiger, geradliniger Bewegung mit Geschwindigkeit v (oder $-v$) befanden, wenn nach der Maxwell-Lorentz Theorie bewertet, in der gleichen Weise Bezug genommen wurde, so daß keine physikalische Beobachtung, die auf eines der Objekte beschränkt war, die Bewegung dieses Objektes von der Bewegung des anderen unterscheiden ließ. Es würde natürlich möglich sein, durch vergleichende Beobachtungen auf den beiden Objekten, Effekte ihrer relativen Bewegung zueinander festzustellen, aber Experimente wie das von Michelson und Morley zum Beispiel, das auf der Erde durchgeführt wurde, konnte nicht die Bewegung der Erde erkennen lassen.⁴

Diese Theorie wurde als die *Lorentz'sche Relativitäts-Theorie* bekannt und eine Reihe ihrer Eigenschaften verdienen besondere Beachtung. An erster Stelle sei zu vermerken, daß sie Lorentz als eine reine *ad hoc* Hypothese bezeichnete: sie gibt für die vorausgessagten Effekte keinerlei physikalische Erklärung, im Gegensatz zu den etwas weniger bedeutsamen Ideen von FitzGerald. Sie waren einfach nur deswegen entstanden, weil sie eine Transformation ermöglichte, die gegenüber den Gleichungen der Elektromagnetischen Theorie invariant war. „Es muß ganz klar zum Ausdruck kommen“ schrieb Lorentz, „daß die gegenwärtige Theorie mit aller Vorsicht zu betrachten ist.“ Es war dennoch eine physikalische Theorie, keine mathematische; ihre Grundlage war die Annahme, daß die Bewegung von Objekten durch den Äther an ihnen physikalische Effekte hervorrief, und die Mathematik brachte die physikalischen Auswirkungen zum Ausdruck. Wie Maxwell, der einen ‚Verschiebungsstrom‘ postulierte, weil seine Mathematik ein solches Phänomen erforderte, postulierte Lorentz, um seine Transformationsgleichungen zu rechtfertigen, eine Wechselwirkung zwischen bewegter Materie und dem Äther, und gab damit seiner Mathematik eine Bedeutung. Die Physik hatte auch *de jure* noch die Autorität über die Mathematik: es war Einstein, der keine Bedenken hatte, den Äther abzuschaffen, aber dennoch an Lichtwellen festzuhalten, deren Eigenschaften in Formeln ausgedrückt wurden, die ohne den Äther bedeutungslos waren; er war der erste, der die ganze Physik fallen ließ und eine ausschließlich mathematische Theorie verfaßte.

Lorentz betitelte außerdem seine Arbeit, „Elektromagnetische Phänomene in einem System, das sich mit irgendeiner Geschwindigkeit unterhalb der Lichtgeschwindigkeit bewegt“ – und setzte dabei, im Gegensatz zu der späteren Theorie von Einstein, voraus, daß seine Theorie keine Geschwindigkeiten von Systemen ausschloß, die größer als die Lichtgeschwindigkeit waren. Es gab bei ihm auch keinen Versuch die Newton'sche Mechanik zu modifizieren, und auch keinen Hinweis auf irgendeine Absicht dieser Art. Aber in Anbetracht der späteren Ereignisse, war der schwerwiegendste Aspekt des Vergleiches zwischen der Lorentz'schen

⁴ Es ist wichtig zu bemerken, daß es mit der Lorentz'schen Hypothese noch möglich sein würde, Bewegung durch den Äther bei so hohen Geschwindigkeiten zu erkennen, daß Terme höherer Ordnung als zweiten Grades berücksichtigt werden müßten. Doch das war und ist praktisch unmöglich, es erfordert eine theoretische Unterscheidung zwischen den Voraussetzungen der Theorien von Lorentz und Einstein, die beide die Lorentz-Transformation beinhalten.

und der Einstein'schen Theorie die Tatsache, daß beide Relativitätstheorien genannt wurden, was, wie wir sehen werden, zu einer Konfusion geführt hat, die es der Einstein'schen Theorie ermöglicht hat, trotz ihrer manifesten Unmöglichkeit, so lange zu überleben. Genau gesagt, sollte der Name ‚Relativitätstheorie‘ nur auf eine Theorie angewandt werden, die Bewegung als ein rein relatives Phänomen ansieht – eine Theorie die, wie Einsteins, keinen Äther zuläßt. Lorentz's Theorie beruht auf dem Äther. Er, und die große Mehrheit seiner Zeitgenossen, hat die physikalische Existenz des Äthers niemals angezweifelt, als etwas, daß sowohl physikalische Eigenschaften besaß, als auch als ruhendes Bezugssystem diente, demgegenüber ‚absolute‘ Geschwindigkeiten eine bestimmte Bedeutung hatten.

Die besondere Wirkung der Lorentz'schen Theorie jedoch, beruhte auf ihrer Akzeptanz. Sie erfuhr die besondere Unterstützung von Poincaré, dessen Einfluß auf diesem Gebiet damals sehr stark war; und für diejenigen, die sich ernsthaft mit diesem Problem beschäftigten, und die meist mehr mathematisch als physikalisch orientiert waren, bedeutete die physikalische Eigenmächtigkeit der Theorie weniger, als ihre mathematische Vollständigkeit, mit der sie den Maxwell-Lorentz'schen Gleichungen, trotz ihrer Bedrohung durch das Experiment, Gültigkeit verliehen. Wie ich schon ausführte, die Maxwell'sche Theorie war in der Meinung der Physiker schon weitgehend auf ihre Gleichungen reduziert worden, so daß die Rettung ihrer Gleichungen einer Rettung der gesamten Theorie gleichkam. Man sollte aber nicht vergessen, daß nur wenige auf diesem Gebiet überhaupt tätig waren, und sogar Einstein konstatierte, daß er die Arbeit von Lorentz nicht gekannt habe, als er seine Theorie entwickelte. Das ist vielleicht gar nicht so verwunderlich, wie es scheint, obwohl die Arbeit von Lorentz im Jahr vor Einsteins berühmter Veröffentlichung erschien, denn Einstein hat sicher mehr als ein Jahr an seinen absolut neuen Ideen gearbeitet, um sie zur Reife zu bringen, und sie dann 1905 zu publizieren. Und, obwohl beide Theorien völlig unterschiedlich waren, mündeten sie dennoch in die gleichen mathematischen Beziehungen – der Lorentz-Transformation – und dieser Umstand zusammen mit dem gemeinsamen Namen ‚Relativität‘ führten zu der folgenschweren Konfusion zwischen den beiden.

Wir können aber die ganze Situation von damals kaum verstehen, wenn wir nicht im nachhinein zur Kenntnis nehmen, daß von 1904 bis zum Jahr der Sonnenfinsternis-Beobachtungen durch Eddington von 1919, die Einsteins *Allgemeiner Relativitätstheorie* einen hohen Bekanntheitsgrad bescherte, unter ‚Relativitätstheorie‘ für alle, die sich damit beschäftigten, die von Lorentz verstanden wurde. Einsteins Veröffentlichung wurde, wenn sie überhaupt bekannt war, lediglich als eine etwas unverständliche Form einer Theorie betrachtet, die der von Lorentz zuzuordnen war. Der Name, „Lorentz-Transformation“, der immer noch gebräuchlich ist, um den mathematischen Teil von Einsteins Theorie zu bezeichnen, stellt ein Relikt aus dieser historischen Entwicklung dar. Beide, Lorentz und Einstein kannten natürlich den Unterschied zwischen beiden Theorien, aber nur ganz wenige sonst kannten ihn oder kennen ihn heute. Der Unterschied zwischen damals und heute besteht darin, daß die älteren Kenner der Materie, die ihrer Ansicht nach einzige ‚Relativitätstheorie‘, ausschließlich Lorentz zuordneten, wir heute aber nur Einstein. Whittaker, restaurierte die Verdienste von Lorentz teilweise in seiner *History (Geschichte)*⁵, aber selbst er machte den Fehler, indem er nicht beide Theorien als ganz verschieden voneinander kennzeichnete. Als reiner Mathematiker war er natürlich geneigt, eine Theorie mehr nach ihrem mathematischen als nach ihrem physikalischen Inhalt zu bewerten, und da der erstere für beide Theorien gleich war, schrieb er sie dem Autor zu, der sie zuerst veröffentlicht hatte. Er hatte außerdem eine genaue Kenntnis der Entstehungsumstände der diesbezüglichen Arbeiten aus erster Hand. Und sogar Lorentz selbst, gestand später, im Jahr 1928 ein, daß ‚die Theorie der Relativität

⁵ E.T. Whittaker, *History of Theories of Aether and Electricity*, (Vol.2,1953, Chap. 2).

ausschließlich Einsteins Arbeit⁶ ist, und er sagte das natürlich zu einer Zeit, als der Begriff ‚die Theorie der Relativität‘ für jeden eine Theorie von Einstein bedeutete – und die, wie Whittaker richtig wiedergibt, von Lorentz nie akzeptiert wurde.

Die gegenwärtige Unkenntnis über die physikalische Gedankenwelt, die vor dem Erscheinen von Einsteins *Allgemeiner* Relativitätstheorie existierte, ist so allgemein verbreitet und von solch grundsätzlicher Bedeutung, um das heute bestehende Durcheinander zu verstehen, daß man einige der vielen Fakten hier nennen sollte, die jeder, der daran interessiert ist, sich aus der damaligen Literatur selbst einer Bestätigung zuführen kann.

Ritz, der einzige, der die Möglichkeit (1), wie von mir so bezeichnet (Seite 1, Abs.3), für die Erklärung des Michelson-Morley Experiments heranzog und darüber eine Arbeit von 100 Seiten im Jahr 1908⁷ veröffentlichte, und in dieser die existierende Elektromagnetische Theorie erheblich kritisierte, erwähnt Einstein kaum; er beschäftigt sich ausschließlich mit der Rechtfertigung der Theorie durch Lorentz und niemand, der das liest, würde auch nur im leisesten vermuten, daß Einstein irgend etwas mit der Sache zu tun hat. Lodge, in seinem Buch, das schon erwähnt wurde,² sagt ebenfalls kein Wort über Einstein; er betrachtet Lorentz allein als den Autor des gesamten Systems, in das auch die Ideen von FitzGerald hineinpassen. Poincaré sagt in einem Bericht, der 1912 nach seinem Tode veröffentlicht wurde, und in dem eine Arbeit von Einstein über die Wirkung des Lichtes auf Moleküle diskutiert wird: „nous n'avons qu'à appliquer le principe de relativité de Lorentz“.⁸ Es ist undenkbar, daß er so etwas gesagt hätte, wenn er Einstein als den Urheber von ‚le principe de relativité‘ betrachtet hätte.

Max Born hörte zuerst von der Theorie beim Besuch der Vorlesungen von Minkowski, in denen „wir Arbeiten von Hertz, FitzGerald, Larmor, Lorentz, Poincaré und anderen studierten, aber auch eine dunkle Ahnung von Minkowski's eigenen Ideen bekamen.“ Später, „ich ging 1907 nach Cambridge“, wo er nichts von Einstein hörte, und danach (wie viel später, sagte er nicht) kehrte er nach Breslau zurück, „und da hörte ich zuerst von Einstein und las seine Arbeiten ... und obwohl ich mit der Idee der Relativität vertraut war und die Lorentz-Transformation kannte, waren für mich die Gedankengänge von Einstein eine Offenbarung.“⁹

Dies sind alles Wissenschaftler, die sich speziell mit diesem Problem beschäftigten. Als ein Beispiel für die Ansichten eines mehr allgemeinen Physikers (aber eines, der sich besonders um Veröffentlichungen kümmerte, die sich der Newton'schen Mechanik widmeten) genügt die Erwähnung eines Artikels von Professor Louis T. More von der Universität Cincinnati, Ohio. In diesem Artikel im *The Hibbert Journal* vom Juli 1910 über ‚Die Metaphysischen Tendenzen der Modernen Physik‘ (die er untersuchte) schrieb er:

Aus der großen Zahl von Physikern, die über Theoretische Physik schreiben, ragen drei Namen von Autoren, die über moderne Konzeptionen von Elektrizität und Materie schreiben, besonders hervor. Professor H. A. Lorentz, Sir Joseph Larmor, und Sir Joseph Thomson sind sicher die Männer, die ganz besonders an dieser Entwicklung beteiligt sind;

⁶ H.A.Lorentz, *Astrophys. Journal.*, **68**, 350 (1928)

⁷ W. Ritz, *Ann. Chim. Phys.*, **13**, 145 (1908)

⁸ H.Poincaré, *Dernières Pensées.*, **13**, 145 (1908)

⁹ Max Born, *Physics and Relativity*, Included in *Jubilee of Relativity Theory*, Berne, 11-16 July 1955. Edited by A. Mercier and M. Kervaire (Birkhäuser Verlag Basel, 1956; pp.244-60)

andere haben Beiträge geleistet, aber hauptsächlich in Erweiterungen oder Abwandlungen ihrer Ideen.¹⁰

In diesem Artikel wird weder Einstein noch Minkowski erwähnt (dessen Arbeit gleich einer näheren Betrachtung unterzogen wird). Konnte er sie möglicherweise in so einem Artikel übergangen haben, es sei denn, er hätte sie nicht gekannt, (was nicht wahrscheinlich ist) oder hatte er ihre Arbeiten lediglich als Erweiterungen oder Abwandlungen der Lorentz'schen Ideen betrachtet?

Ich glaube, diese Zitate zeigen deutlich, daß man Einstein kaum mit der Theorie der Relativität in Verbindung brachte, bis sein Name durch seine *Allgemeine* Relativitätstheorie bekannt geworden war. Max Born in Deutschland, Ritz in der Schweiz, Poincaré in Frankreich, die Cambridge Physiker in England, More in Amerika - alles Physiker, die mit diesem oder sehr verwandten Themen beschäftigt waren – haben Einsteins Namen, noch viele Jahre nachdem seine Arbeit 1905 erschienen war, nicht erwähnt. Nur ein Mann - Minkowski, ein Mathematiker, kein Physiker, dessen Beiträge in Anbetracht seines späteren maßgeblichen Einflusses hier genannt werden müssen - hatte sicher von Einstein und von Lorentz gehört, aber als reiner Mathematiker hatte er die grundsätzlichen Unterschiede beider Theorien nicht durchschaut, und Born, der seine Vorlesungen über dieses Thema besuchte, berichtete, daß er Einsteins Namen nie erwähnt hatte. Minkowski, als einer der wenigen, der beide Arbeiten kannte, befand aber als das wesentliche Unterscheidungsmerkmal, daß Einsteins Darstellung der Theorie zu bevorzugen sei, und das nur, weil er ein Mathematiker und kein Physiker war. Er gab auch dem allgemeinen Gedankengebäude, das später als Spezielle Relativitätstheorie bekannt wurde, eine andere Form, was hier besonders hervorzuheben ist, nicht nur weil diese Ideen Einstein die mathematischen Mechanismen lieferte, mit denen er später seine Allgemeine Relativitätstheorie aufbaute, sondern hauptsächlich, weil sie mehr als alles andere die Mathematik in ihrer Rolle als Diener nun zum Herrn der Physik machten, und mehr falsche Ideen in die Sache brachten - vor allem die völlig irrelevante Idee des Zeitbegriffes (Ewigkeit) - als irgend etwas anderes. Es ist Minkowski zuzuschreiben, daß wir heute die Idee der ‚Raum-Zeit‘ als eine objektive Realität ansehen - was vielleicht als der wesentliche Katalysator für die Transformation eines solchen Gedankengebäudes von den Grundfesten verständlicher Physik in den Himmel (oder die Hölle) der Metaphysik zu betrachten ist, wo es kein Objekt intelligenter Hinterfragung mehr sondern ein Objekt blinder Verehrung ist.

Minkowski's Gedanken in dieser Sache wurden in einem sehr technischen Artikel im Jahr 1907 zuerst veröffentlicht, im Jahr darauf aber erschien ein relativ allgemeinverständlicher Aufsatz, der ins Englische übersetzt wurde, und hierdurch heute bestens bekannt ist: Ich benutze diese Übersetzung als Grundlage für meine Kommentierung.¹¹

Auf das Wesentliche reduziert, ist Minkowski's Arbeit ein Stück reine Mathematik – als solche elegant und bewunderungswürdig, aber insoweit sie vorgibt Beiträge zur Physik zu leisten, was sie auch tut, bringt sie nur Unheil. Er nimmt (ganz willkürlich, wenn wir seinen Artikel als *sui generis* ansehen, was er selbst von sich behauptet) einen ganz bestimmten mathematischen Ausdruck,

$$c^2t^2 - x^2 - y^2 - z^2 = I$$

(den ich der Einfachheit halber auf $c^2t^2 - x^2 = I$ reduziere, da y und z in der inhaltlichen Aussage seiner Arbeit keine Rolle spielen und nur den Anspruch unterstreichen sollen, daß

¹⁰ L.T.More, *The Metaphysical Tendencies of Modern Physics* (*Hibbert Journal*, July 1910, p. 805)

¹¹ H. Minkowsky, *Space and Time*. (Included in *The principle of Relativity*, A. Einstein, Ann.d.Physik,17,(1905)

die Mathematik von physikalischer Relevanz sei) und beweist, daß er gegenüber der Koordinaten-Transformation invariant ist, die bereits als Lorentz-Transformation bekannt war. Er bringt darin auch eine sehr treffende geometrische Darstellung der Algebra, die bei der Aufgabe, die Arbeit in einer geeigneten Form zu präsentieren, sehr hilfreich war.

Wenn wir nun die Lorentz'sche oder sogar die Einstein'sche Theorie als gesetzmäßige Physik ansehen, kann man absolut nichts gegen die Methode von Minkowski haben, in der er ihre mathematischen Strukturen darlegt; im Gegenteil, es verdient respektvolle Bewunderung. Aber Minkowski ging wesentlich weiter. „Ich sollte aufzeigen“, sagte er, „wie es möglich wäre, ausgehend von der akzeptierten Lehre der Mechanik heutiger Tage, mit Hilfe eines rein mathematischen Gedankenganges, auf veränderte Vorstellungen von Raum und Zeit zu gelangen.“ Er macht, in der Tat, den Mathematikern den Vorwurf, den Physikern nicht bei der Entwicklung der Lorentz-Transformation, als einer physikalischen Transformation, zuvorgekommen zu sein.

Es scheint [sagt er], als wenn der Gedanke einige Mathematiker kalt erwischt hat, daß, nach allem, natürliche Phänomene tatsächlich keine Invarianz mit der Gruppe G : [der Galilei'schen Transformation] besitzen, jedoch mit der Gruppe G_c [der Lorentz-Transformation], wobei c endlich und bestimmt ist, aber in normalen Maßeinheiten *extrem groß*. Eine solche Vorahnung wäre ein außerordentlicher Triumph der reinen Mathematik gewesen. Nun gut, die Mathematik, obgleich jetzt nur in der Position eines bestätigenden Zeugens, hat immerhin die Genugtuung der nachträglichen Erkenntnis.

Damit ist gesagt, daß der Prozeß, der es zuläßt, daß die Mathematik die Physik steuert, und der mit Maxwell seinen Anfang nahm – wenn auch mit entschuldigenden Hinweisen und mit der Anerkennung einer gewissen Notwendigkeit für eine physikalische Rechtfertigung – nun einen Punkt erreicht hatte, bei dem als selbstverständlich angesehen wurde, daß die Mathematik der Physik einen mathematischen Weg weist, und die Mathematik getadelt wird, wenn sie ihre Pflichten vernachlässigt, und die Physik ihre eigenen Wege gehen läßt. Die Rückkehr zu mittelalterlicher Scholastik, gegen die man eigentlich unter dem Protest von Bacon und anderen Pionieren der modernen Wissenschaft schon erfolgreich zu sein glaubte, war nun vollzogen. Mit Minkowski's Arbeiten machte sich die Physik vom Experiment frei und wurde eine Gefangene der Mathematik.

Wie konnte das nur geschehen? Ich glaube hauptsächlich deswegen, weil, wie wir gesehen haben, der Boden dafür schon teilweise bereitet war, und auch weil Minkowski's Arbeiten kaum bekannt und von den Physikern wenig beachtet wurden; ihr Einfluß wurde erst viel später spürbar und, wie wir sehen werden, ihre Bedeutung erst aus der mathematischen Form von Einstein's *Allgemeiner* Theorie ganz erheblich anwuchs. Aber betrachten wir doch nur, was Minkowski's Arbeiten wirklich beinhalteten. Erinnerung wir uns, daß er entsprechend seiner eigenen Behauptung, als Mathematiker schrieb, und das tat, was eigentlich die Mathematiker schon vor den physikalischen Betrachtungen von Lorentz und Einstein getan haben sollten. Er nahm – ganz willkürlich, natürlich, unter diesen Umständen – eine von unendlich vielen mathematischen Ausdrücken (er konnte auch, sagen wir, $x - ty^2/z$ genommen haben oder irgend eine andere) und hat dann die Transformation von Symbolen herausgefunden, zu denen sie invariant sind. Mathematisch gesehen sind diese Symbole nichts als Symbole, nicht anderes. Er geht dann weiter und sagt, wieder ganz willkürlich, „ x , y , und z seien rechtwinklige Koordinaten des Raumes und t die Zeit... Mit der Vielfalt aller denkbaren x,y,z,t , Systemwerte werden wir die Welt heilen.“ Warum? Warum sollte nicht ein Mathematiker, ganz nüchtern, gleichermaßen konstatieren, „ X sei der Druck, Y das Volumen, z die spezifische Wärme und t die Temperatur“, dann irgendeine Kombination dieser Größen

auswählen und das Gesetz der Thermodynamik bekannt geben, und damit den Physikern die Mühe ersparen, Experimente durchzuführen? Natürlich war Minkowski, wie jeder leicht erkennen kann, in seinem Ausgangspunkt, von dem was in der Physik bekannt war oder geglaubt wurde, völlig abhängig, aber er behauptet, das seine Arbeit im voraus, a priori, ohne jegliche Physik, hätte getan werden sollen. Es ist nicht verwunderlich, daß Einstein's Überlegungen für Max Born eine Offenbarung darstellten, der, wie er sagte, durch den Besuch der Minkowski'schen Vorlesungen zuerst die relativistischen Ideen und die Lorentz-Transformation kennen lernte. Verglichen mit Minkowski's Ansatz, war Einstein's, wenn auch weniger physikalisch als der von Lorentz, extrem empirisch.

Aber es gibt noch eine andere, wesentlich schädlichere Konsequenz aus Minkowski's Beiträgen, die wir zur Kenntnis nehmen sollten. Im Kapitel 6 I meines Buches werden vier Fehlkonzepte beschrieben, die für die moderne Einschätzung der Relativitätstheorie charakteristisch sind. Die ersten beiden sind die Subordination der Physik unter die Mathematik und die Konfusion des Zeitbegriffes. Minkowski brachte das erste Fehlkonzept zur Vollendung, er war aber für das zweite fast ganz allein verantwortlich. Wenn er schrieb, „ x, y, z , seien die rechtwinkligen Koordinaten des Raumes, und t die Zeit“, brachte er etwas ganz Neues und etwas ganz Metaphysisches in die Sache. Niemals zuvor in der Physik – noch nicht einmal in den Theorien von Lorentz und Einstein – waren x, y, z als Raum oder t als Zeit (Ewigkeit) definiert worden; sie bedeuteten immer einen Punkt des Raumes, einen Ort, und Zeit als Zeitpunkt, (Augenblick). In keiner Anwendung einer physikalischen Formel in der Physik und in keiner Koordinatendarstellung hat eine Koordinate je die Bedeutung eines unendlich ausgedehnten Kontinuums gehabt, aus dem einfachen Grund, weil alle Formeln und Diagramme Beziehungen von objektiv Beobachtetem darstellen, und Raum und Zeit im Sinne von ‚unendlicher Ausdehnung‘ und ‚Ewigkeit‘ kann man nicht beobachten. Wenn wir Volumen als Funktion von Druck in einem thermodynamischen Diagramm darstellen, träumt niemand davon, die Y-Achse repräsentiere den Raum; es ist ganz einfach die Richtung in der wir ein meßbares Volumen markieren, das von dem Material, das wir untersuchen, eingenommen wird; und dieselbe Einschränkung gilt für den Druck. Minkowski tat also etwas, was mit Physik gar nichts zu tun hatte, er machte x, y, z , zum Raum und t , die Zeit, zur Ewigkeit, und seine berühmte Schlußfolgerung „Der Raum als solcher und die Zeit als solche sind also dazu verurteilt in reine Schatten einer Art Vereinigung der beiden zu entschwinden und eine unabhängige Realität anzunehmen,“ hat keinerlei Rechtfertigung: es ist eine Schlußfolgerung über Dinge, die in der Physik nichts zu tun haben, und stellt eine unbegründete Interpretation einer willkürlich angenommenen mathematischen Formel dar. Es ist genauso richtig oder falsch oder bedeutungslos wie die Behauptung, daß Druck und Volumen in Wirklichkeit nur Schatten einer Art Vereinigung der beiden seien. Die Tatsache, – wenn es eine Tatsache ist – daß die Lorentz-Transformation einen physikalischen Inhalt hat, bedeutet einfach, daß die Werte x, y, z, t , wenn auf Meßwerte in verschiedenen Koordinatensystemen bezogen, miteinander in Beziehung stehen und nicht, daß t immer von den anderen getrennt bleibt. Das bedeutet nicht anderes, als daß Raum und Zeit (in jeglicher Hinsicht) gleichberechtigte Teile eines einzigen Ganzen sind, aber nicht, daß die Tatsache einer nicht voneinander unabhängigen Änderung von Druck und Volumen als Funktion der Temperatur bedeutet, daß Druck und Volumen in Schatten entschwinden, und nur eine Vereinigung der beiden eine objektive Existenz annimmt. Es ist fast unmöglich, glaube ich, sich vorzustellen, welchen Schaden diese Fehlinterpretation angerichtet hat, und sie stellt die Bedeutung von Minkowski's mathematischen Formalismen für die Entwicklung der mathematischen Grundlagen von Einstein's Allgemeiner Relativitätstheorie weit in den Schatten.

Die unmittelbare Wirkung von Minkowski's Veröffentlichung, bestand im wesentlichen aus Mystifizierung; sogar Einstein selbst, so wurde berichtet, soll nachdem er sie gelesen hatte, gesagt haben, er hätte das Gefühl seine eigene Theorie nicht mehr zu verstehen – und das ist nicht weiter verwunderlich, denn Minkowski's ‚Zeit‘ war ‚Ewigkeit‘ und Einstein's nur Augenblick, Zeitpunkt oder Zeitdauer. Einstein tut es oft weh, darauf bestehen zu müssen, daß ‚Zeit‘ den Zeitpunkt eines Ereignisses kennzeichnet und die Bestimmung einer Uhrzeit erfordert: welche Uhr kann die ‚Ewigkeit‘ anzeigen? Philipp Frank, in seinem Buch *Life of Einstein*,¹² berichtet, daß Einstein in seinen jungen Jahren sich von Minkowski's Vorlesungen abgestoßen fühlte, und Max Born, der unter Minkowski studierte, fand, wie wir gesehen haben, Einstein's Ausführungen eine ‚Offenbarung‘, er konnte sich also nie dem Einfluß seiner frühen Ausbildung entziehen, wie, glaube ich, seine Antwort auf meine Kritik (Kap.2, S. 42-3) zeigt: er interpretierte automatisch ‚Zeit‘ als ‚Ewigkeit‘, und nahm an, daß ich, der Einstein zitierte, genau dasselbe darunter verstand. „Die einfache Tatsache“, so schrieb er, „daß alle Beziehungen zwischen den Raumkoordinaten und der Zeit, die in der Lorentz-Transformation zum Ausdruck kommen auch geometrisch durch die Minkowski'schen Diagramme darstellbar sind, sollte ausreichen, einen logischen Widerspruch in der Theorie auszuschließen.“¹³ Dies ist aber nur ein Beispiel für das endlose Durcheinander, daß durch zwei völlig unterschiedliche Bedeutungen des Begriffes ‚Zeit‘ in den Arbeiten von Einstein und Minkowski in die Spezielle Relativitätstheorie hingetragen worden ist.

Es ist hinreichend bekannt, daß Einstein später die mathematischen Formalismen der speziellen Relativitätstheorie von Minkowski als Grundlage für seine Allgemeine Relativitätstheorie übernahm,¹⁴ und ohne genau hinzuschauen, mag dies als eine Anerkennung durch Einstein gewertet werden, daß Minkowski's Idee der ‚Raum-Zeit‘ eine physikalische Realität sei. Dieser Eindruck ist aber nur sehr oberflächlich. In Einstein's allgemeiner Theorie, soweit sie auf Beobachtungen angewendet und von diesen untermauert wird, beziehen sich die Symbole x , y , z , t immer auf Orte und Zeiten von Ereignissen, und die Spekulationen, – manche davon sind wirklich wild – die sich hinsichtlich der Natur der ‚Raum-Zeit‘, des ‚Universums‘ und anderem gebildet haben, sind absolut bedeutungslos, es sei denn sie können in Begriffe umgewandelt werden, in denen ‚Raum‘ tatsächlich einen ‚Ort‘ und ‚Zeit‘ einen ‚Augenblick‘ darstellt. Wenn das möglich ist, dann bedarf ein solcher Begriff wie ‚Raum-Zeit‘ eines angemessenen Ausdrucks für seine Bedeutung, so wie wenn man von einer ‚angemessenen Zeitdauer‘ spricht, ohne dabei stillschweigend vorauszusetzen, daß eine Zeitdauer mit einem Zollstock gemessen wird. Aber in unserer modernen Kosmologie verstehen diejenigen, die von ‚Raum-Zeit‘ reden, - in kindlicher Naivität - als handle es sich dabei dem Worte nach um etwas real Existierendes, und reden sich dabei selbst und anderen ein Denken ein, in dem die ganze Welt um uns herum von esoterischer Natur und nur von speziell Begabten zu begreifen sei.

Die geschichtliche Entwicklung zusammenfassend, ergibt sich das wichtige Faktum, daß von 1904 an bis zum ersten Weltkrieg die sogenannte Relativitätstheorie - die eine Sache von wenigen hochtheoretischen Physikern war - ausschließlich Lorentz zugeschrieben wurde. Die Arbeiten von Einstein und Minkowski waren wenig bekannt, und diejenigen, die sie kannten, betrachteten sie einfach als etwas obskure Formen der allgemein verständlichen und akzeptierten Theorie von Lorentz, wenn auch, das muß zugegeben werden, diese noch einer experimentellen Bestätigung bedurfte. Tolman, erzählte mit viele Jahre später, seine spontane Reaktion nach der Lektüre von Minkowski's Arbeiten gipfelte in dem Ausspruch: „Das ist

¹² P. Frank, *Einstein, His Life and Time*.(Jonathan Cape, 1948, p.31.)

¹³ M.Born, *Nature*, **197**,1287 (1963)

¹⁴ A.Einstein, *Ann.d.Physik*,**17**, (1905)

doch alles Humbug“ und sie ohne weitere Kenntnisnahme zur Seite legte. Er schob diesen Gemütsausbruch auf an Mangel an tieferer Einsicht in die Materie, ich bin aber geneigt, die entgegengesetzte Interpretation zu vertreten, zumindest was den physikalischen Aspekt angeht, in klarer Unterscheidung von der Mathematik. Aber Einstein, der nach Vollendung seiner speziellen Theorie hauptsächlich mit der Verallgemeinerung des Relativitätspostulats beschäftigt war, um auch beschleunigte Bewegungen mit einzuschließen, und damit eine Theorie der Gravitation zu entwickeln, besaß eine Einsicht andere Art. Verständlicherweise bemerkte er nicht den physikalischen Aspekt seiner eigenen speziellen Theorie in Minowski's Arbeiten, er erkannte aber die Möglichkeiten von Minkowski's Mathematik, die, mit der neuen Tensor-Rechnung von Ricci und Levi-Civita kombiniert, ihn seiner ersehnten Verallgemeinerung Stufe für Stufe näher brachten, und er gelangte schließlich zu seiner vollständigen Allgemeinen Theorie, die er 1916 veröffentlichte. In dieser war eine Theorie der Gravitation enthalten, die das Relativitätspostulat befriedigte (d.h. es werden alle Bewegungen, gleich welcher Art, als reine Relativbewegungen angesehen, so daß bei zwei Körpern, die sich relativ zueinander in Bewegung befanden, die Bewegung zwischen ihnen völlig willkürlich aufgeteilt werden konnte).

Bevor wir mit unserem Hauptthema fortfahren - eine Erklärung dafür zu finden, warum Einsteins Relativitätstheorie trotz ihrer offensichtlichen Unmöglichkeit allgemeine Akzeptanz fand - sollten einige Worte zu einer Gegenüberstellung beider Theorien gesagt werden. (Ich muß mich für diese Abschweifungen entschuldigen, aber die Sache ist komplex und läßt keine geradlinige Vorgehensweise zu, ohne an Klarheit einzubüßen). Die spezielle Theorie ruht auf zwei Postulaten – dem Postulat der Relativität bei geradlinig gleichförmiger Bewegung und dem Postulat der Unabhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von der Geschwindigkeit der Lichtquelle. Der Grund für ihre Entstehung war, die Theorien der Bewegungslehre und des Elektromagnetismus miteinander zu versöhnen – die in ihrer existierenden Form zum einen relativistische und zum anderen nicht-relativistische Theorien waren – und sie gab vor, dieses durch eine Modifikation der ersteren zu bewerkstelligen, die damit befähigt wurde ihren relativistischen Charakter durchzusetzen, den diese Modifikation dann aber bei der letzteren nicht beseitigen durfte. Eine derartige Zielsetzung verlangte natürlich nach einer Verallgemeinerung. Die Bewegungslehre war nur der Teil der allgemeinen Mechanik, der gleichförmige Bewegungen umfaßte: der nächste Schritt würde natürlich darin bestehen, die beiden Abteilungen der Physik für alle Bewegungen miteinander in Einklang zu bringen. Der direkte Weg dahin würde zuerst die Ableitung der Transformationsgleichungen für relativ zueinander beschleunigte Koordinatensysteme erfordern – entsprechend der Gleichungen der Lorentztransformation für relativ zueinander in geradliniger, gleichförmiger Bewegung befindliche Koordinatensysteme – und dann die Gleichungen des Elektromagnetismus in einer Form auszudrücken, die gegenüber diesen neuen Transformationsgleichungen invariant sind. Dies hat Einstein niemals versucht, – er hat zumindest nichts in dieser Richtung publiziert, noch irgendein anderer – was er aber in seiner sogenannten ‚Allgemeinen Relativitätstheorie‘ unternahm, war allein die Verallgemeinerung des Relativitätspostulats, und dann ein Bewegungsgesetz aufzustellen, das die Bewegung von Objekten unter dem Einfluß ihrer gegenseitigen Massenanziehung umfaßte und für alle Koordinatensysteme Gültigkeit hatte, sowohl für beschleunigte als auch solche in gleichförmiger Bewegung.

Es war eine großartige Errungenschaft, aber sie hatte den schwerwiegenden Nachteil, daß mit ihr die Möglichkeit für die Aufrechterhaltung einer einheitlichen Theorie mit dem Elektromagnetismus zerstört wurde, die von der speziellen Theorie für gleichförmige Bewegungen in Anspruch genommen worden war. Die Verallgemeinerung des Relativitäts-Postulats hatte zur Folge, daß das andere Postulat - das der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, wie es allgemein bezeichnet wird - nicht länger aufrecht erhalten werden

konnte. ‚Es ist also offenbar,‘ so schrieb Einstein am Anfang seiner Arbeit von 1916, ‚daß das Prinzip von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit *in vacuo* modifiziert werden muß‘. Einsteins Hauptziel während seines weiteren Lebens war die Entwicklung einer einheitlichen Feldtheorie, einer Theorie, in der seine *allgemeine* Relativitätstheorie der Mechanik mit der des Elektromagnetismus verschmolzen werden konnte, aber er hatte damit keinen Erfolg. Was üblicherweise als die ‚Allgemeine Theorie der Relativität‘ genannt wird, ist damit nicht in vollem Umfang eine Verallgemeinerung der ‚Speziellen Theorie der Relativität‘. Wenn die hier dargelegte Kritik an der speziellen Theorie – die, davon bin ich überzeugt, nicht entkräftet werden kann und gewiß bisher nicht entkräftet wurde – zutrifft, ist eine mögliche Erklärung von Einsteins Fehler, daß er etwas Unmögliches versuchte, was aber nicht bedeuten muß, daß deswegen die ‚allgemeine‘ Theorie falsch ist. Der Fehler der speziellen Theorie mag darin liegen, daß das Postulat von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit falsch ist und nicht das Postulat der Relativität. In diesem Fall kann eine Theorie, die auf einer Verallgemeinerung des letzteren Postulats allein beruht, durchaus richtig sein. Diese Frage ist jedoch für unseren gegenwärtigen Ausführungen nicht wichtig, es sei denn sie bestärkt uns in der Ansicht - ohne jeglichen Beweis natürlich -, daß der Fehler in der speziellen Theorie im Postulat der konstanten Lichtgeschwindigkeit zu suchen ist, denn Einsteins Theorie der Gravitation wird – ebenfalls ohne einen schlüssigen Beweis – durch gewisse Beobachtungen gestützt, und es ist bisher nichts bekannt geworden, das ihr völlig widersprechen würde.

Lassen Sie uns nun in das Jahr 1919 zurückkehren, als die Beobachtungen bei der Sonnenfinsternis die Allgemeine Relativitätstheorie zu bestätigen schienen. Dies löste eine noch nie dagewesene Sensation aus, nicht nur in der Welt der Physik, sondern ganz allgemein, denn, was seit 200 Jahren als die unerschütterliche Grundfeste der gesamten Physik gegolten hatte – die Newton’sche Mechanik – war widerlegt worden. Zum ersten mal, stand nun, für die meisten damit befaßten Physiker, die ‚Theorie der Relativität‘ an der vordersten Front der Physik, und da sie durch die Arbeiten von Einstein dorthin gebracht worden war, über die Verallgemeinerung seiner Theorie von 1905, wurde der Name dieser Theorie wie durch Geisterhand geändert, von der ‚Theorie der Relativität von Lorentz‘ (wenigen Spezialisten vertraut) in ‚Einsteins Spezielle Relativitätstheorie‘ (dem Namen nach, aber nur wenig dem Inhalt nach, fast jedem bekannt). Aber die Umstände ihrer Einführung umgaben sie fast unvermeidlich mit einem undurchdringlichen Nebel des Geheimnisvollen, die ihrem eigentlichen Wesen völlig fremd ist. Einsteins allgemeine Theorie, die ihre Einführung erst ermöglichte, war für die, die ihr zuerst begegneten, zweifellos äußerst schwer zu verstehen. Sie war in doppelter Hinsicht schwer verständlich: sie baute zum einen auf einem Zweig der Mathematik auf - der Tensor-Rechnung, die zwar jetzt den Studenten in einem recht frühen Stadium gelehrt wird, die aber damals praktisch unbekannt war und von kaum einem Physiker gemeistert werden konnte. Zum anderen war die Sprache befremdend, sowohl verbal als auch symbolisch, in der die Theorie ihren Ausdruck fand, von Minkowski eingeführt, und die Physiker fanden sich auf einmal mit der Metaphysik des Zeitbegriffes (Ewigkeit) und des Raumes konfrontiert, die zu einer Einheit verschmolzen, noch obskurer als die Ideen der traditionellen Philosophen. Das war die Art und Weise, wie die verhältnismäßig einfache spezielle Theorie den Repräsentanten der Physik zuerst näher gebracht wurde.

Aber das war noch nicht alles, zusätzliche Komplikationen ergaben sich aus dem Namen der Theorie. Die Relativitätstheorie wurde Lorentz, Einstein und Minkowski zugeschrieben, so als wenn sie alle zu den gleichen Ideen beigetragen hätten. Die Tatsache, daß die Lorentz’sche Theorie auf dem Äther beruhte, die Einsteins den Äther verbannte, daß Lorentz und Einstein nie den Zeitbegriff anders als in der Bedeutung des Augenblicks oder der Zeitdauer auffaßten während ihn Minkowski als Ewigkeit verstand, daß die grundlegende Idee von Minkowski die ‚Raum-Ewigkeit‘ war, die in den ursprünglichen Arbeiten von Lorentz und Einstein keinerlei

Bedeutung hatte – alle diese Unterschiede wurden durch die unheilige Allianz unter dem Wort ‚Relativität‘ unter den Teppich gekehrt. Phrasen wie ‚time-dilation‘ (Zeitdehnung) die keiner verstand, wurden freizügig benutzt, um Einsteins spezielle Theorie zu beschreiben, und ‚Zeit‘ und ‚Raum‘ wurden als miteinander austauschbar befunden, (,was dem einen sein Raum ist dem anderen seine Zeit‘, wie es Jeans einmal genannt hat) so daß auch diejenigen, die es auf sich nahmen, Einsteins Arbeit von 1905 durchzugehen, nichts fanden was auf diese Begriffe Bezug nahm, und somit überzeugt waren, daß das, was sie normalerweise ohne Schwierigkeiten verstanden hätten, irgend einen mysteriösen Inhalt beherbergte, den sie nicht in der Lage waren zu begreifen. Das Endergebnis war, daß sie den Versuch aufgaben, die Sache zu verstehen, und sich der unkritischen Akzeptanz von Einsteins Spezieller Relativitätstheorie in Resignation unterwarfen. Dieser Zustand hat sich seitdem nicht geändert, in wachsender Verantwortungslosigkeit der ‚Mathematiker‘, die nun davon befreit waren, ihre Voraussagen zu rechtfertigen, andererseits überspannt und in zunehmender geistiger Trägheit, was den Anteil der Experimentalphysiker betrifft, bis wir den heutigen Zustand zu beklagen haben, wo man über die Tatsache nicht im mindesten beunruhigt ist, daß noch nicht einmal eine so simple Frage beantwortet wurde, die ich nun schon 13 Jahre lang gestellt habe. (*Anm. des Übersetzers:* Diese Frage ist in der Einführung zum Buch wie folgt gestellt: Wenn wir gemäß der Theorie, der Speziellen Relativitätstheorie von Einstein, zwei exakt gleiche Uhren A und B vor uns haben, und sich die eine relativ zu der anderen bewegt, ist ihr Takt voneinander verschieden, d.h. die eine geht langsamer als die andere. Nach der Theorie ist es aber andererseits auch unmöglich festzustellen, welche von den beiden Uhren sich in Bewegung befindet; es ist also sowohl richtig zu behaupten, daß A sich bewege und B ruht als auch, daß B sich bewege und A ruht. Es erhebt sich also die Frage: wie kann man in Übereinstimmung mit der Theorie bestimmen, welche Uhr nun langsamer geht?)

Daß dieser Geisteszustand, den ich zuvor beschrieben haben, unter den Physikern im Jahr 1919 und auch den darauffolgenden Jahren tatsächlich existierte, kann ich aus eigener Erfahrung berichten, kann aber auch aus vielen anderen Darstellungen entnommen werden. Ich war natürlich nur ein reiner Beobachter, aber ein besonders privilegierter, denn ich war zunächst ein Demonstrator und dann ein Hochschullehrer in Physik am Imperial College in diesem Zeitraum und mit zwei Männern in engem Kontakt – der eine ein Mathematiker und Philosoph und der andere ein führender Experimentalphysiker und Astronom – durch die ich, besser als jeder andere, das allgemeine intellektuelle Klima dieser Zeit beobachten und aufspüren konnte. Es waren die Professoren A. N. Whitehead und Professor A. Fowler. Der erstere hatte, wie allgemein bekannt, seine eigenen Ideen über die Relativität, während Fowler, in dessen Abteilung ich arbeitete, und für den ich so etwas wie ein inoffizieller Privatsekretär war, zu dieser Zeit Präsident der Königlichen Astronomischen Gesellschaft und Generalsekretär der neuerlich gegründeten Internationalen Astronomischen Vereinigung war, und nebenbei als eine anerkannte Koryphäe der Spektroskopie galt, die zu dieser Zeit an vorderster Front der Experimentalphysik stand. Ich hatte also außergewöhnlich gute Möglichkeiten sowohl in öffentlichen als auch privaten Zusammenkünften, die herausragenden Astronomen und Physiker dieser Zeit kennenzulernen und mit ihnen über die Relativität und andere Themen zu diskutieren. Ich hatte außerdem häufig Kontakt mit Sir Richard Gregory, dem Herausgeber von *Nature*, der ein Studienkollege von Fowler war, und er benutze mich für Arbeiten für das Journal, wie das Korrekturlesen etc., die mich in die Lage versetzten, die verschiedensten interessanten und wichtigen Arbeiten zu sehen, die von den besten hierfür geeigneten Autoren (und offensichtlich waren davon viele überhaupt nicht qualifiziert) über Relativität verfaßt worden waren. Es gab sicher kaum einen bessere Gelegenheit, die allgemeine Wirkung zu beobachten, die die Relativitätstheorie auf die Wissenschaftler ausübte.

Es war so, wie ich es dargestellt habe.

Es ist nicht weit davon entfernt zu sagen, [schrieb Whitehead] daß die Ankündigung, die Physiker hätten in Zukunft die Tensor-Theorie zu studieren, unter den Physikern eine ziemliche Panik auslöste, als die Bestätigung der Einstein'schen Theorie bekannt wurde.¹⁵

Um die veränderte Urheberschaft der Theorie zu beurteilen, wird es genügen auf zwei Bücher von E. Cunningham hinzuweisen, einen Mathematiker von Cambridge, der an der Relativität von Beginn an interessiert war. In seinem ersten Buch, *The Principle of Relativity* (1914), werden die Arbeiten von Lorentz, Einstein und Minkowski beschrieben, aber der Löwenanteil geht auf das Konto von Lorentz, der 13 Literaturhinweise für sich verbuchen kann und über das gesamte Buch hinweg zitiert wird. Im Index des zweiten Buches, *Relativity and the Electron Theory* (2. Ausgabe, 1921), in dem ‚Relativität‘ nur noch die ‚Spezielle Theorie‘ bedeutet, da die ‚Allgemeine Theorie‘ nichts mit der Elektronentheorie zu tun hat, erscheint der Name von Lorentz überhaupt nicht mehr. Zugegebenermaßen geben die Referenzen nicht den wirklichen Anteil der verschiedenen Autoren wieder, den ihre Arbeiten am Zustandekommen des Werkes hatten, aber sie zeigen die Veränderung im Ansehen der Autoren, die sich inzwischen vollzogen hatte. Im zweiten Buch lesen wir, daß „Lorentz's Argumentation das Prinzip der Relativität errahnt“, und den Hinweis auf „was im Jahr 1905 als das Prinzip der Relativität bekannt wurde“, so daß der Leser den Eindruck bekommt, der Name wurde auf Einsteins Theorie angewandt, über die Lorentz seine Gedanken zum Ausdruck brachte, obwohl, wie wir gesehen haben, die ‚Relativitätstheorie‘ viele Jahre nach 1905 Lorentz allein zugeschrieben worden war.

Aber was noch wichtiger ist als die Konfusion über die Urheberschaft oder den Namen der Theorie, ist, was sich um ihre Bedeutung herumrankte. Whitehead hatte sie sicherlich verstanden, und bewunderte sie, ohne sie zu akzeptieren. Fowler, der für seine Kritik an dem experimentellen Nachweis der von der allgemeinen Theorie vorausgesagten Spektral-Verschiebung bekannt war, erklärte, daß er nicht die leiseste Ahnung hätte, was es mit der Theorie auf sich habe, und daß die weniger Begabten und weniger Aufrichtigen durch ihre Kommentare erkennen ließen, daß sie sich über die Tatsache, daß die beiden Theorien von Einstein und Lorentz im Grundsatz verschieden sind, völlig im unklaren seien. Aber das konnte doch der Aufmerksamkeit der Physiker kaum entgangen sein, wenn sie nicht zu verblüfft waren, um zu erkennen, was da völlig klar und offen sich ihren Augen darbot. Eddington, zum Beispiel, schrieb in seinem Bericht der Physikalischen Gesellschaft über die Relativitätstheorie der Gravitation,¹⁶ der 1918 in Erwartung der Sonnenfinsternis-Beobachtungen des folgenden Jahres zur Bestätigung von Einsteins allgemeiner Theorie veröffentlicht wurde, über die von Einsteins spezieller Theorie geforderte Kontraktion eines sich bewegenden Stabes: „Wenn ein Stab aus dem Ruhezustand in eine gleichförmige Bewegung versetzt wird, passiert dem Stab überhaupt nichts.“ Lorentz andererseits schrieb in einer Ausgabe von *Nature* über die Spezielle Relativität im Februar 1921¹⁷ (er bezieht sich auf dasselbe Phänomen): „Ich möchte hier vermerken, daß eine wirkliche Längenänderung nicht in Frage gestellt werden kann ...nehmen wir an, es gäbe zwei Stäbe I. und II., die exakt gleich sind... II. wird kürzer als I. sein, so als wenn man ihn auf einer niedrigeren Temperatur gehalten hätte.“ Diese Schlußfolgerung ergibt sich natürlich aus seiner eigenen Theorie, die 1904 Einsteins Theorie vorausging, und die Längenkontraktion auf einen Äthereffekt zurückführt. Einsteins Erklärung seiner Theorie in derselben Ausgabe von *Nature* erwähnt den Äther mit keinem Wort, obwohl er Lorentz für seine Transformationsgleichungen, die er

¹⁵ A.N. Whitehead, *The Concept of Nature* (Camb. Univ. Press, 1920, p.182).

¹⁶ A.S.Eddington, *Report on the Relativity Theory of Gravitation* (Fleetway Press, 1918, p.8)

¹⁷ *Nature*, February 17, 1921.

nicht ohne den Äther hätte ableiten können, in vollem Umfang anerkennt. Darüber hinaus schrieb Jeans in derselben Ausgabe von *Nature*: „Anfang dieses Jahrhunderts schlugen Einstein und Lorentz eine versuchsweise Verallgemeinerung dieses Typs vor, die heute als die Hypothese der Relativität bekannt ist.“

Niemand bemerkte alle diese Widersprüche. Die allgemeine Konfusion war vollständig, und, wie ich schon ausführte, sie verfestigte die Bedeutung von Einsteins Theorie ungeachtet ihrer offensichtlichen Unhaltbarkeit, weil man nun je nach Bedarf zwischen den beiden Theorien von Einstein und Lorentz hin- und herschalten konnte. Eine ähnlich wirksame Maßnahme zur Umgehung von Schwierigkeiten, ist die Einführung des ‚Beobachters‘. Wenn die Theorie zu unverträglichen Ergebnissen zu führen schien, wurden sie einfach als verschiedene *Erscheinungen* abgeschrieben, aber, wenn ein aktuelles Phänomen zu erklären war, als Realitäten hingestellt. In derselben Ausgabe von *Nature* wird in Einsteins Erklärung seiner Theorie der Beobachter nie erwähnt; sie ist in jeder Hinsicht objektiv. Eddington’s Artikel andererseits, beschäftigt sich ständig mit dem Unterschied zwischen unseren Beobachtungen und denen eines Beobachters auf Arcturus. Ist es dann verwunderlich, wenn die Theorie den Ruf der Unverständlichkeit bekam, wenn die damit befaßten Autoritäten sich in solch widersprüchlichen Äußerungen über die Sache ausließen?

Es gibt eine Fülle von Beispielen dafür, daß diese Konfusion in den folgenden Jahren weiterhin bestehen blieb, ich beschränke mich hier nur auf eines. Sogar noch 1942 zitierte eine nicht geringere Kapazität als Professor P. S. Epstein aus Kalifornien, der schon zur Zeit der Entstehung der Theorie auf diesem Gebiet tätig war, um seine Behauptung zu erhärten, daß gemäß Einsteins Theorie die ‚Relativitäts-Kontraktion‘ eine ‚reale‘ Erscheinung sei, die Feststellung von Lorentz aus dem Jahr 1927: „Ich möchte die Tatsache unterstreichen, daß die durch translatorische Bewegungen verursachten Längenänderungen reale Phänomene sind, so wie zum Beispiel die durch Temperaturunterschiede hervorgerufenen Längenänderungen.“ Was er aber mit Eddington’s Feststellung: „überhaupt nichts passiert mit dem Stab“ machte, weiß ich nicht.

Epstein schrieb als mathematischer Physiker, und auch er übersah den wesentlichen Unterschied zwischen den Theorien von Lorentz und Einstein. Die mißliche Lage der Experimentalphysiker kann man sich vorstellen. Ich habe Whitehead zitiert, um die Panik zu verdeutlichen, die die Notwendigkeit des Studiums der Tensor-Mathematik hervorgerufen hatte. De facto studierten sie diese aber gar nicht, sondern überließen es den Mathematikern. Es war auch relativ unwichtig, weil die Tensor-Theorie, obwohl wichtig für die allgemeine Relativitätstheorie, dadurch vermieden werden konnte, indem man sich ausschließlich mit der speziellen Theorie befaßte, und es war die letztere, mit der sich die Physiker im allgemeinen auseinandersetzten. Sie konnten die Gravitation den Mathematikern überlassen, aber keinesfalls den Elektromagnetismus; das war wichtig, das war alltägliche Physik, das mußten sie lehren und ihre Forschungen den theoretischen Erfordernissen entsprechend durchführen. Von wenigen abgesehen, wie Rutherford, der die ganze Sache ignorierte und mit seinen Experimenten unbeeinflußt weitermachte, gingen sie den einzig möglichen Weg, der ihnen unter diesen Umständen blieb. Die allgemeine Konfusion, die ich beschrieben habe, machte daher für sie keinen Sinn, aber sie konnten die Formeln der Lorentz-Transformation benutzen und sie als ‚Relativitäts-Korrektur‘ (eine abgeseignete Redewendung) den Forderungen der Maxwell-Lorentz-Theorie entsprechend anwenden. Um dies vor ihren Studenten zu rechtfertigen, lernten sie geeignete Redewendungen von den ‚Experten‘ und wichen unangenehmen physikalischen Fragen aus, indem sie je nach den Erfordernissen des Augenblicks freizügig zwischen Einstein und Lorentz (beide waren schließlich ‚Relativität‘) hin- und hersprangen.

Die Gleichungen funktionierten, so daß die Experimentalphysiker schließlich davon überzeugt waren, daß die Theorie, was immer sie auch bedeutete, richtig sein mußte. Die großen Geister gaben zu, daß sie die Theorie nicht verstanden, aber die meisten konnten sich nicht zu dieser Größe aufrufen. Nichts ist stärker, um die Illusion zu erzeugen, daß der eine etwas versteht und der andere nicht, als die ständige Wiederholung von Worten die dieses ausdrücken, und die kleineren Geister glauben dann schließlich, daß Begriffe wie ‚Ausdehnung der Zeit‘ (time dilation) eine selbständige Bedeutung besitzen und diejenigen für dumm halten, die dafür eine Erklärung verlangen. Jeder, der sich die Mühe macht, die Literatur von 1920 bis heute zu studieren, wird, auch wenn er in der Entwicklung nicht persönlich involviert war, das ständige Anwachsen der dogmatischen Akzeptanz der Theorie und die Verdammung ihrer Kritiker feststellen, bis zu den extremen Formen heutiger Tage, durch die, die es von denen gelernt haben, die es von denen gelernt haben, die es versäumt haben die Theorie von Anfang an zu begreifen. Sie sind es nicht Wert zitiert zu werden; die offenen Eingeständnisse von den erfahrenen geistigen Anführern in diesem Thema habe ich in Teil 1 meines Buches zitiert, sie sind lebendiges Zeugnis über den heutigen Zustand.

Ich hoffe, daß dieses Nachvollziehen der Umstände unter denen die Theorie plötzlich die Aufmerksamkeit der Physiker erzwang, es glaubhaft macht, warum eine Theorie so lange überleben konnte, obwohl sie in ihrem Innersten falsch war. Sie konnte nicht verstanden werden; man konnte ihr aber auch nicht enttrinnen. Sie konnte nicht verstanden werden, weil unvereinbare Grundideen denselben Namen erhielten und als identisch betrachtet wurden; weil die zutiefst physikalischen Begriffe der Theorie gegen metaphysische Begriffe ausgetauscht wurden durch eine Transformation von ‚Zeitpunkten‘ (Augenblicken) in ‚Ewigkeit‘; und weil Subjektivität und Objektivität durch die Umwandlung von Koordinatensystemen in ‚Beobachter‘ hoffnungslos durcheinander gebracht wurden. Man konnte ihr nicht enttrinnen, weil die Bezeichnungen der Maxwell-Lorentz-Theorie, die allgemein anerkannt war (außer in den Fällen, wo die Quantentheorie ihr widersprach), der Korrektur nach der Lorentz-Transformation bedurften, um sie mit den experimentellen Ergebnissen in Einklang zu bringen, und die Maxwell-Lorentz Gleichungen, die in Übereinstimmung mit der Hertz'schen Vorstellung als Ersatz für eine Theorie anerkannt waren, mit Hilfe eines anderen Systems von Gleichungen säuberlich korrigiert wurden, ohne dabei zur Kenntnis zu nehmen, daß hinter ihnen überhaupt keine verständliche Idee steckte.

Es ist leichter nach einem Ereignis als davor klug zu sein. Die Unmöglichkeit der speziellen Relativität – so offensichtlich, wenn man meine einfachen Fragen betrachtet, die nicht zu beantworten sind – war damals durchaus nicht so klar: das mag wenig glaubhaft erscheinen, es war aber so. Ich selbst hatte ihre objektive Richtigkeit nicht in Frage gestellt, und war der Meinung, daß die Theorie ein Meilenstein in der geistigen Weiterentwicklung der Physik darstellte – und ich darf hinzufügen, daß Einstein selbst nicht bemerkte, daß seine Theorie nicht richtig sein konnte; ein ganz kleiner Gedankensprung hätte genügt, diesen Fehler festzustellen. Auch seine Genialität hatte Grenzen. Einsteins Theorie hatte die Geisteshaltung der Physiker gegenüber der Forschung verändert. Und diese Wandlung war verhängnisvoll für die Zukunft. Erinnern wir uns, die politische Situation in Europa war gekennzeichnet durch eine Abkehr von der Vernunft und einer Hinwendung zum Dogma. Dies äußerte sich zuerst in Bezug auf die Rasse einer Person und dann auf mathematische Phantasien. Das schien schon vor 40 Jahren offenbar zu sein, und ich konnte es nicht verstehen, warum die Physiker nicht mitbekamen, was da geschah. Von Sir Richard Gregory ermuntert, schrieb ich einen Artikel mit dem Titel ‚Die Physik und die öffentliche Meinung‘ ('Physics and the Public Mind'), den er in *Nature* am 2. Juni, 1932 veröffentlichte, und in dem ich versucht habe, den Tauschhandel der Physiker von gesundem Menschenverstand gegen die blinde Akzeptanz

absurder Interpretationen unverständlicher Mathematik offenzulegen. Der Gedanke, daß dieser unheilvolle Effekt von damals an sich ein großer Fortschritt des menschlichen Geistes sei, begann ich mit einem Zitat von Browning:

„For I say, this is death and the sole death,
When a man's loss comes to him from his gain,
Darkness from light, from knowledge ignorance“

(Anm. des Übersetzers: eine poetische Umschreibung, daß erst aus dem Dunkel das Licht erkannt werden kann, und daß Wissen aus Unwissenheit hervorgeht.)

und ich folgerte daraus:

Heute ist eine Frage für Spezialisten, aber in einigen Jahrzehnten ist es ein Gegenstand von allgemeiner Bedeutung; die abstrakten Gedanken einer Generation, die von der Mehrheit unbemerkt zu Wirkungen heranwachsen, geben den praktischen Handlungen der nächsten Generation die Richtung. Es ist nicht nur wissenschaftlich unhaltbar, es ist eine gesellschaftliche Tragik, wenn ein großer Fortschritt des menschlichen Geistes, den die Öffentlichkeit mit bisher nie dagewesener Neugierde aufgenommen hat, mit Hilfe einer unverständlichen Formel als eine Ablehnung dessen dargestellt wird, was sich in der Vergangenheit als richtig erwiesen hatte ... Diejenigen, die erkannt haben, wie der Lebensstandard der Menschen mit ihrem geistigen Entwicklung zusammenhängt, wird kaum eine unbeschwerte Zukunft voraussagen können.

Diese Zeilen erfuhren eine Menge Zustimmung von allen Seiten, außer von denen, die allein von der Sache betroffen waren – den Physikern selbst, die ihnen keinerlei Beachtung schenkten. Jetzt jedoch, nachdem ein paar Jahrzehnte vorbeigezogen sind, hoffe ich, daß die allgemeine Bedeutung des Problems erkannt wird, und daß die Physiker sich damit befassen, bevor diejenigen, deren Interessen jetzt so sehr von ihren Aktivitäten abhängen durch den Lauf der Dinge entschwinden sind, was ihre Aktivitäten gezwungenermaßen beschränkt. Die Wirkungslosigkeit dieser Anstrengung jedoch führte zu einem zweiten Artikel mit dem Titel: ‚Moderner Aristoteles-ionismus‘ (‘Modern Aristotelianism’) – wieder mit Zustimmung von Gregory, der ihn am 8. Mai 1937 in *Nature* veröffentlichte und auf den eine spezielle Ergänzung am 12. Juni 1937 mit Kommentaren von verschiedenen Autoren folgte. Ich schloß diese Ergänzung mit dem Folgenden ab:

Wenn diese Geisteshaltung die *Elite* der Wissenschaft befallen hatte, was wird denn dann aus der Geisteshaltung einer Öffentlichkeit, der man gelehrt hatte den Wert einer Idee nach dem Grad ihrer Unverständlichkeit zu bewerten, und die alte Wissenschaft wegen ihrer Verständlichkeit zu verachten? Die Zeiten sind nicht so verheißungsvoll, daß wir es uns erlauben könnten in einer mentalen Atmosphäre auszuruhen, in der die für das Überleben geeigneten Ideen nicht die gleichen sind, wie diejenigen, die am ehesten unserer Erfahrung entsprechen, also solcher, die sich am eindrucksvollsten in einem Gewand der Scheinweisheit darstellen. Es gibt genügend Beweise für die Wirkung von Indoktrination auf dem Kontinent, die ‚rational ohne Bezug zur Erfahrung‘ abgeleitet wurde. Es erscheint mir dringend notwendig, klare Luft zu schaffen. Ich wünschte die Sache wäre in anderer, besserer Hand.

Aber unglücklicherweise, waren keine Hände da, dies zu tun.

So viel zur Vergangenheit; lassen Sie uns nun zur Gegenwart zurückkehren. Die nächste Stufe muß darin bestehen, festzustellen, welches der beiden Postulate von Einstein falsch ist, denn wenn sie beide richtig sind, folgt seine Theorie in logischer Konsequenz. Dies ist eine Frage, die einer experimentellen Antwort bedarf, und vorausgehende Spekulationen vor dem Experiment sind wenig sinnvoll. Ich sollte es vorziehen sie nicht zu machen, aber da es bisher unmöglich war, jemanden von der Notwendigkeit eines solchen Experiments zu überzeugen (warum sollte man eine Theorie, von deren Gültigkeit man überzeugt ist, dem Experiment aussetzen?) wäre der Anlauf gerechtfertigt, die verschiedenen Möglichkeiten zu diskutieren. Und dies will ich in kurzen Worten tun. Zuvor jedoch, erfordert die Gelegenheit einige Kommentare zu den am meisten bekannten Problemen in der Kritik an der Speziellen Relativitätstheorie, die seit ihrer Entstehung ständig auftauchten – dem sogenannten Uhren- oder Zwillings-Paradox. Es war hierbei eine allgemein genutzte und sehr wirkungsvolle Maßnahme, einen Widerspruch zu vermeiden, indem man den Einwand ein ‚Paradox‘ nannte: er wird dann automatisch von denjenigen, die sich nicht als Experten der Theorie betrachten, als etwas betrachtet, auf das es natürlich eine Antwort gibt, wie das Paradoxon von Achilles und der Schildkröte, aber die es dann nicht als ihre Aufgabe betrachten, eine Lösung dafür zu finden, und dem sie keine weitere Beachtung zu schenken haben. Wenn auch die Wichtigkeit dieses Problems sich reduziert, wenn man der Speziellen Relativitätstheorie Unzulänglichkeiten zugesteht, verdient es aus historischen Gründen der besonderen Aufmerksamkeit, und ich werde dieser Aufmerksamkeit im folgenden Kapitel Raum geben.

Übersetzt von Jürgen Schulz im Dezember 1999 und Januar 2000.
