Zur Rolle Hans Reichenbachs in den Debatten um die Relativitätstheorie (mit der vollständigen Korrespondenz Reichenbach - Friedrich Adler im Anhang)

Klaus Hentschel (Göttingen)

> Man sieht aus diesen Bemerkungen, daß eine Kritik der Relativitätstheorie nur möglich ist, wenn man sie genau kennt, und wenn man das gesamte Erfahrungsmaterial der Physik beherrscht. Es wäre doch ratsam, nicht, wie es jetzt so häufig geschieht, mit den primitiven Mitteln des Laien eine Kritik der Relativitätstheorie zu versuchen. Man muß sich Einstein nicht gerade als einen Mann vorstellen, der vor lauter Spintisiererei einen ganz elementaren Schnitzer nicht bemerkt hat. Sondern man versuche einmal ganz bescheiden, seine eigenen Vorstellungen von Raum und Zeit zu kritisieren; und wenn man dann gemerkt hat, auf wie hohlen Füßen diese anspruchsvoll auftretenden Begriffe eigentlich stehen, dann gehe man zu Einstein, und lerne von diesem tiefen Denker den Weg, aus dem schwankenden Boden der Vorstellungen dennoch zu objektiven Erkenntnissen zu kommen. (Reichenbach 1920d, S. 592)

In diesem Beitrag für die Hamburger Reichenbach-Konferenz 1991 wird versucht, eine Übersicht zur Rolle Reichenbachs in den vehementen Debatten um die Relativitätstheorie (im folgenden abgekürzt: RT) in den zwanziger Jahren zu geben. Anstatt das komplexe Thema durch viele nebeneinandergestellte, aber schon durch die vorgegebene Begrenzung des Beitrages alle nur unzureichend ausgeführten Schlaglichter zu beleuchten, will ich die folgenden Thesen zur Rolle Reichenbachs an nur *einem,* allerdings besonders gut dokumentierbaren Beispiel belegen: der Auseinandersetzung Reichenbachs mit Friedrich Adler (1879-1960), dem Sohn des Gründers der österreichischen Sozialdemokratischen Partei und Mitbegründers der österreichischen Republik Victor Adler.[1] Adler war Austromarxist und wurde spätestens durch seinen Mord am österreichischen Ministerpräsidenten Graf Stürgkh (den Adler für einen der Hauptverantwortlichen für den 1. Weltkrieg hielt) allgemein bekannt.[2] Wichtig zum Verständnis der Thesen Adlers zur RT ist der Umstand, daß Adler ein überzeugter Anhänger Ernst Machs war, dessen Auffassungen z.B. 1909 gegen die scharfen Angriffe

1 Zu Friedrich Adler und der Beziehung zu seinem Vater siehe insb. Ardelt (1984).
2 Vgl. dazu z.B. Siegert (1981).

Max Plancks verteidigte und 1918 versuchte, Machs Werk als die „Überwindung des mechanischen Materialismus" zu deuten und gegen die Lesart Lenins in *Materialismus und Empiriokritizismus* in Schutz zu nehmen.[3] Machs Thesen zum Relativitätsprinzip, dargelegt z.B. in seiner *Mechanik, historisch-kritisch dargestellt* (1883) vertrat Adler ab 1903 auch in Diskussionen mit Einstein, für den das Werk Machs in jungen Jahren ebenfalls von hoher Bedeutung gewesen war.[4] Mit Einstein war Adler seit seiner Studienzeit an der naturwissenschaftlich-mathematischen Fakultät der *Universität Zürich* bekannt - Adler schloß sein Studium im Nov. 1901 mit einem Diplom für das höhere Lehramt, im Febr. 1902 mit einer Promotion über die spezifische Wärme des Chroms ab. Von WS 1900 an war er Assistent am physikalischen Institut der *Universität Zürich*, wurde dann zum Militär einberufen. Vom Juni 1905 bis Oktober 1906 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter der physikalischen Abteilung des *Deutschen Museums* in München, was seinen durch Mach erweckten wissenschaftshistorischen Interessen sehr entgegenkam. Auf Betreiben des Erziehungsrates des Kantons Zürich erhielt Adler im SS 1907 die *venia legendi* für „experimentelle und theoretische Physik, sowie deren Geschichte und erkenntnistheoretische Grundlagen" an der *Eidgenössisch-Technischen Hochschule Zürich* (ETH).[5] Als Einstein 1909 vom Patentamt als Professor an die *Universität Zürich* berufen wurde,[6] wohnten sie sogar im gleichen Haus (Moussonstr. 12) und hatten dort regelmäßige Diskussionen im Mansardenzimmer.[7] In dem späteren Prozeß gegen Adler wegen des politisch motivierten Mordes versuchte Einstein dann als Zeuge zur Person zugelassen zu werden - zwar ohne Erfolg, doch bemühte sich Einstein dann auf andere Weise, für Adler aktiv zu werden,[8] obwohl er sich in vertraulichen Briefen an Dritte auch kritisch über Adler geäußert hat.[9] Adler wurde zunächst zum Tode verurteilt, später zu lebenslanger Festungshaft begnadigt und kam nach zweijähriger Haft durch eine Generalamnestie wieder frei, wurde

3 Siehe Adler (1909), (1918); vgl. einige Briefe aus der Korrespondenz Mach-Adler in: Blackmore u. Hentschel (Hrsg.) (1985).

4 Siehe den 2. Absatz seines Briefes an Reichenbach vom 6. Mai 1921 (Anhang).

5 Die vorigen biographischen Informationen basieren teilweise auf einem eigenhändigen Lebenslauf Adlers, von dem eine Kopie in den *Collected Papers of Albert Einstein* (im folgenden abgekürzt: CPAE), Sign. 80-051, liegt.

6 Vgl. hierzu das Brieffragment Adlers an seinen Vater, zit. in: Blackmore/Hentschel (Hrsg.) (1985), S. 51, Joel (1917) und Seelig (1954) S. 115, die übereinstimmend behaupten, daß Adler auf die Stelle, für die er selbst nominiert war, zu Gunsten Einsteins verzichtete. Demgegenüber weist mich Herr Dr. A. Fölsing darauf hin, daß Adler lediglich auf besondere Protektion verzichtete.

7 Zur Beziehung Adlers und Einsteins siehe Kann (1977). Das eigenartige Milieu Zürichs um 1900, das eine ganze Generation späterer Revolutionäre hervorbrachte, wird beschrieben in Feuer (1974); dazu kritisch Hentschel (1990a), S. 103.

8 So erschien z.B. in der *Vossischen Zeitung* vom 23. Mai 1917 ein Interview von Kurt Joel mit Einstein über 'Friedrich Adler als Physiker'.

9 Siehe insb. den Brief Einsteins an Besso, 29. April 1917, abgedruckt in: Speziali (Hrsg.) (1972), wo sich Einstein über den „ziemlich sterilen Rabbinerkopf" Adler beschwert, der „den Mach'schen Klepper bis zur Erschöpfung" reitet.

bereits 1919 Führer der Arbeiterräte und 1923 Sekretär der *Internationalen der Sozialistischen Arbeiterpartei*.

Während seiner zweijährigen Festungshaft verfaßte Adler ein umfangreiches Manuskript über *Ortszeit, Systemzeit, Zonenzeit und das ausgezeichnete Bezugssystem der Elektrodynamik* - schon in dessen Entwurfsphase hatte Adler eine ausführliche Korrespondenz mit Einstein hierzu.[10] Es kam zu keiner Einigung zwischen Einstein und Adler über dessen Thesen, die (sträflich vereinfachend) darauf hinausliefen, durch die Angabe eines speziellen Synchronisationsverfahrens (Uhrentransport anstelle des Einsteinschen Lichtsignalaustausches) zusammen mit dem Postulat der Unabhängigkeit der von Uhren angezeigten Zeit von deren Bewegungszustand (anstelle der Einsteinschen Zeitdilatation) ein Bezugssystem auszeichnen zu können. Damit verbunden waren veränderte Transformationsformeln (keine relativistische Zeitdilatation und keine Längenkontraktion in Bewegungsrichtung, sondern senkrecht dazu) sowie das Konzept der Zonenzeit (anstelle der Voigt-Lorentzschen Ortszeit und der Einsteinschen Systemzeit) als durch den Uhrentransport innerhalb eines Bezugssystemes laut Adler definierbar. Nur wenig modifiziert erschien Adlers Manuskript 1920 dann als eigenständige Publikation der Wiener Volksbuchhandlungen.

Reichenbach sollte das Buch Adlers für das Referateorgan *Physikalische Berichte* besprechen und wandte sich nach Kenntnisnahme des Manuskriptes an den Autor, um etwaige Mißverständnisse auszuräumen. Die bislang unveröffentlichte Korrespondenz Reichenbachs mit Adler im Jahr 1921 wird im Haupttext dieses Aufsatzes zitiert; der Text der bislang nicht beachteten Rezension wird im Anhang vollständig wiedergegeben. Für die freundliche Genehmigung zum Abdruck der Korrespondenz danke ich Herrn Kurator W. Heverly vom *Archive for Scientific Philosophy* der *University of Pittsburgh*, das sich alle Rechte vorbehält. Zahlreiche weitere Belege zu den nun folgenden Thesen und viele Details auch über die Interpretationen der RT durch andere Philosophen entnehme man aus meiner 1990 erschienenen Dissertation.[11]

Thesen:

1. Hans Reichenbach war zwischen 1920 und 1929 ein bedeutender **Popularisator** der (speziellen und allgemeinen) Relativitätstheorie (SRT und ART) Einsteins, und zwar mit deutlichem Übergewicht auf der SRT, deren philosophische Implikationen allerdings überhaupt häufiger diskutiert wurden als die der ART.
2. Darüber hinaus war er (im deutschen Sprachraum) zugleich der emsigste und ausdauerndste **Verteidiger** von Einsteins SRT (und ART) gegen die un-

10 Die hochinteressante Korrespondenz (Schwerpunkt um das Jahr 1918) wird in einem der kommenden Bände der *Collected Papers of Albert Einstein* vollständig wiedergegeben werden - für Auszüge vgl. Hentschel (1990a), S. 423.

11 Siehe Hentschel (1990a), spez. die Abschn. 3.4.3, 4.1.4., 4.6.5., 4.7.-4.8, 5.1.

terschiedlichsten Formen von Angriffen, vorgetragen von Fachleuten ebenso wie von blutigen Laien.

3. Seine Repliken erschienen zumeist in den Publikationsorganen, die die Kritiker Einsteins für ihre Angriffe gewählt hatten, d.h. sowohl in den *Astronomischen Nachrichten* wie in der *Zeitschrift für Physik*, aber auch in der *Vossischen Zeitung* und in der *Neuen Zürcher Zeitung*. Durch diese **breite Streuung seiner Arbeiten** in den verschiedensten Periodika und Zeitungen erreichte Reichenbach einen großen Leserkreis.
4. Reichenbach war sich dieser **'Verteidiger-Rolle'**, die er in bezug auf die RT einnahm, durchaus **bewußt** - einige seiner Publikationen, speziell die, in denen er sich mit den Interpretationsversuchen anderer der RT wohlwollend gesonnener Interpreten auseinandersetzt, sind zu verstehen als Beiträge um die Behauptung der Spitzenposition innerhalb der 'Gilde von Verteidigern' (neben ihm noch Metz, Schlick, Petzoldt, Frank, v. Laue), besonders, seit Einstein sich ab 1920 selbst zunehmend aus diesen Debatten zurückzog.
5. Reichenbach selbst **provozierte viele Debatten** durch aggressive Passagen schon in seinen ersten popularisierenden Artikeln über Einsteins Auffassungen über Raum, Zeit und Gravitation. Bei teilweisen Übereinstimmungen der Disputanden tendierte Reichenbach zur Betonung der verbleibenden Differenzen - faule Kompromisse wurden ebenso zurückgewiesen wie strategisch angelegte Friedensangebote.
6. Er unterschied in seinen Repliken auf Äußerungen zur RT, mit denen er nicht übereinstimmte, dem Ton und der Schärfe nach sehr wohl zwischen verschiedenen Gruppen von Opponenten. Dem Scharlatan oder Spinner gegenüber brachte er beißenden Spott und vernichtende Schärfe entgegen, die nicht immer nur auf die Sache beschränkt blieben, dem in die Irre geleiteten aber ernsthaft bemühten Forscher versuchte er des öfteren in Form von Korrespondenz seine Irrtümer klarzumachen, *bevor* er seine Repliken veröffentlichte.
7. Durch die stete Auseinandersetzung mit anderen Interpretationsversuchen gewann Reichenbachs eigene Deutung der RT, entwickelt in 3 Büchern und ca. 10 Zeitschriftenaufsätzen seit 1920, erheblich an Materialfülle und Präzision.
8. Viele Passagen seiner eigenen Schriften zur RT sind nur zu verstehen als Resultate dieser kritischen Auseinandersetzung mit anderen Interpretationen.
9. Zu vielen der Personen, mit denen Reichenbach über die Deutung der RT diskutiert hat, muß noch historische Forschung betrieben werden - speziell die große Gruppe der Anti-Relativisten ist bislang wissenschaftshistorisch nur stiefmütterlich behandelt worden. Bislang wissen wir nicht viel über so unbekannt gebliebene Kritiker der RT wie z.B. Stjepan Mohorovičić (1890-?), Johannes Riem (1868-1945) oder Aloys Müller (1879-1952) - darum ist *eine* Absicht dieses Artikels schlicht die, zu weiteren Forschungen über den bislang nicht beachteten Teil der Akteure aufzufordern.

Ein erster Beleg für die Breitenwirkung Reichenbachs als Popularisator und Verteidiger der Relativitätstheorie (Thesen 1-3) wird durch die beeindruckende

Liste der Arbeiten Reichenbachs zur RT erbracht (vgl. Literaturverzeichnis), darunter insb. die 3 Bücher, die von Maria Reichenbach auch ins Englische übersetzt wurden und erhebliche Wirkung auf die Diskussionen über Raum und Zeit bes. im angelsächsischen Raum hatten.[12] Ergänzend muß zur 3. These (Verbreitung) noch vermerkt werden, daß Reichenbach seit 1920 auch als Referent für die *Physikalischen Berichte* tätig war und in diesem Referateorgan im Sachabschnitt Grundlagen der Physik insbesondere über Artikel zur RT Bericht erstattete.[13] Diese Tätigkeit Reichenbachs wurde bislang in der Literatur soweit ich sehe noch überhaupt nicht berücksichtigt, obwohl Reichenbach gerade hier weite Kreise der Physiker erreicht haben wird. Ferner tritt Reichenbach auch hier als Verteidiger der RT auf und beschränkt sich keineswegs auf bloße Inhaltswiedergaben; ein Beispiel hierfür ist auch seine Besprechung des Adlerschen Buches, in der sich Reichenbach nicht scheut, unverhohlen von 'Irrtümern' Adlers zu sprechen. Nach der Angabe der bibliographischen Daten zu Adlers Buch schreibt Reichenbach:

> Eine ausführliche Kritik der speziellen Relativitätstheorie. Ausgehend von den bekannten Erfahrungstatsachen will Adler aber andere Konsequenzen darauf aufbauen. Er glaubt eine absolute Gleichzeitigkeit durch Transport von Uhren definieren zu können und hält die Einsteinsche Annahme, daß der Uhrgang von der Geschwindigkeit abhängt, für unmöglich. Das Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit zerfällt in zwei Teile: die Konstanz innerhalb des Systems und die Konstanz für alle Systeme. Letztere will Adler ausschließen, da sie ein Naturwunder sein müßte. Dagegen nimmt er ein ausgezeichnetes Bezugssystem an, in dem Einsteinsche Zeit und Transportzeit zusammenfallen. Er wirft sodann Einstein (allerdings irrtümlich) Fehler in der Ableitung der Lorentztransformationen vor. Ein von ihm vorgeschlagener absoluter Längenvergleich beruht ebenfalls auf einem Irrtum.[14]

Speziell zur These 2 (Verteidiger-Rolle) ist zu vermerken, daß die Stellungnahmen Reichenbachs gelegentlich durch Anfragen Dritter erbeten worden sind (so z.B. durch Bernhard Bavink, der sich 1935 über einen Artikel von Vogtherr (1935) zur Gleichzeitigkeit geärgert hatte oder durch Arnold Berliner, dem Herausgeber von *Die Naturwissenschaften*, der in einem Brief 1920 Reichenbach gegenüber äußerte, daß man einmal die Unzuständigkeit und Unzulänglichkeit der Mehrzahl der Popularisatoren der RT („Pflüger, Schmidt, Moszkowski, Miszkowski, u. leider s.w.") bringen müßte, um ihnen „das Handwerk zu legen".[15] Doch Reichenbach meldete sich auch oft auf eigene Initiative hin zu Wort, da es ihm offenbar geradezu unerträglich war, in einem veröffentlichten Text unrichtige Behauptungen oder irreführende interpretative Bemerkungen zur

12 Siehe etwa Bridgman (1962), van Fraassen (1970), Grünbaum (1963/73), (1969).

13 Und zwar in den Jahren 1920-1923, 1926 und 1929, teils mit Dutzenden von Referaten.

14 Reichenbach (1922g), S. 395. Auch bei der Besprechung der Aufsätze Mores und Kraus' von 1921 spricht Adler von „Irrtümern" bzw. „Mißverständnissen" (ibid.).

15 Vgl. Hentschel (1990a), S. 55 f. für ein auszugsweises Zitat.

RT vorzufinden - man vergleiche hier z.B. sein Anschreiben an das *Berliner Tageblatt* vom 13. Dez. 1926 über den obskuren Text von einem Dr. Th. Wolff über die Vierdimensionalität der Einsteinschen Raum-Zeit.[16] Auch die im Anhang wiedergegebene Rezension Reichenbachs von Adler (1920) ist ein Glied dieser Kette seiner Reaktionen auf Äußerungen anderer über die RT; weiterhin rezensierte Reichenbach ferner noch mindestens folgende weitere Werke zur RT: Schmidt (1920), Freundlich (1916), Müller (1922), Israel, Ruckhaber u. Weinmann (Hrsg.) (1931) und er replizierte auf folgende Aufsätze: Stahl (1920), Dingler (1920/21), Wulf (1921) und Anderson (1921), Kraus (1921), Brühlmann (1924), Mellin (1926). Becker (1930) in Veröffentlichungen sowie auf weitere Aufsätze wie z.B. Tomaschek (1924) oder Wolff (1926) nur in privater Korrespondenz.[17]

These 4 (Selbstverständnis) wird plausibel, wenn man die Korrespondenz Reichenbachs mit Einstein im Jahr 1929 kennt - dem Jahr, in dem sich die beiden wegen eines von Einstein nicht abgesegneten Artikels über dessen neuen Ansatz zu einer vereinheitlichten Feldtheorie überwarfen. Einstein hatte kein Verständnis dafür aufgebracht, daß Reichenbach am 25. Januar 1929 ohne ausdrückliche Genehmigung Einsteins einen populären Artikel über „Einsteins neue Theorie", einen neuen Ansatz Einsteins für die von ihm seit 1917 gesuchte vereinheitlichte Feldtheorie, veröffentlicht hatte. Daraufhin hatte Reichenbach betont, wie lange er bereits in der Öffentlichkeit für die RT und die Anerkennung der persönlichen Leistung Einsteins gewirkt habe.

> Und wirklich: wenn einer berechtigt war, zu einer Angelegenheit der Relativitätstheorie Stellung zu nehmen, die inzwischen bereits eine öffentliche Angelegenheit geworden ar, so war ich es, denn es gibt kaum einen, der sich so um das Verständnis weitester öffentlicher Kreise für die Relativitätstheorie bemüht hat wie ich. [...]. Ich habe Jahre der Arbeit in die begriffliche Klärung der Relativitätstheorie hineingesteckt, ich habe bei allem, was ich an Resultaten fand, stets die Bedeutung Ihrer ganz persönlichen Leistung in den Vordergrund gestellt, und ich habe Ihre Person verteidigt, wo immer ich sie angegriffen fand. Ich habe mir durch mein Eintreten für die Relativitätstheorie meine akademische Laufbahn unter den Philosophen nahezu abgeschnitten, und ich habe Ihnen nie den leisesten Vorwurf gemacht, wenn ich trotz allem bei Ihnen nicht die Anerkennung und die Hilfe für meine Arbeiten fand, auf die ich gehofft hatte.[18]

Bei den in These 4 erwähnten Beiträgen, die als Behauptung der Spitzenposition Reichenbachs in dem Konkurrenzkampf um die Verteidigerrolle aufgefaßt wer-

16 Wolff (1926), wiederum ausschnittweise zitiert in Hentschel (1990a), S. 191 f.

17 Typisch ist hierfür der Brief Reichenbachs an Tomaschek vom 17.II.1927 (Durchschrift im Reichenbach-Nachlaß, Archive for Scientific Philosophy, Pittsburgh, HR-015-20-08) über eine vermeintliche Paradoxie im Aberrationsproblem, die Anlaß zu Tomaschek (1924) gegeben hatte.

18 Reichenbach an Einstein, 27. Jan. 1929, zit. nach Hentschel (1990a), S. 194, wo ein längerer Ausschnitt des Briefes zitiert wird.

den können, meine ich vor allem seinen Übersichtsartikel von 1921 über den Stand der Diskussion um die RT für *Logos*, in dem die Interpretationsansätze fast aller anderen bis 1921 in Erscheinung getretenen Interpreten kritisch behandelt werden. Für die These 5 (Kompromißlose Schärfe Reichenbachs) muß ich auf Belegmaterial in Hentschel (1990) sowie auf das Motto dieses Beitrages als ein Beispiel für viele verweisen - ein extremer Fall ist z.B. Reichenbachs Artikel zu Einsteins 'Bewegungslehre', wo Reichenbach mit den Schriften der zahlreichen „Afterphilosophen" ins Gericht geht, „die in den Tagen von Einsteins Berühmtheit wie Pilze aus dem Boden schossen und haarscharf bewiesen, daß Einsteins Theorie erstens ganz falsch, zweitens der größte Unsinn wäre und drittens von jedem Tertianer widerlegt werden könnte".[19] Die getroffenen Hunde bellten - der Brentano-Schüler Oskar Kraus (1872-1942), ordentlicher Prof. der Philosophie an der Deutschen Universität Prag, glaubte seine eigene Argumentationsführung gegen Einstein wiederzuerkennen und hielt Reichenbach entgegen, daß er, „ein besonderes Licht jener Sorte, die Herr Reichenbach als 'Afterphilosophen' dem Gelächter der Mit- und Nachwelt preisgibt, [...] in unbelehrbarer Verblendung hiermit so kühn [sei], auch gegen ihn meine Behauptung zu vertreten, daß die Einsteinsche Bewegungslehre auf Trugschlüssen beruht, physikalisch wertlos und philosophisch absurd ist."[20]

Wenn Reichenbach derart deutlich wurde, war seine Absicht beim Schreiben der Replik natürlich weniger, den *Kontrahenten* als vielmehr die zwischen den Fronten stehende *Leserschaft* des jeweiligen Publikationsorganes von der Irrigkeit der vorgebrachten Thesen zu überzeugen. Daß solche polemisch geführten Auseinandersetzungen nicht in sachlicher Klärung der umstrittenen Fragen enden konnten, war ihm durchaus klar - vgl. z.B. den Brief Reichenbachs an Philipp Frank vom 26. Okt. 1927, in dem er davon spricht, daß ja bei solchen Streitereien nicht viel herauszukommen pflegt, aber daß man halt dennoch antworten müsse, sobald man in eine Kontroverse verwickelt werde.[21]

These 6 (Differenzierung der Opponenten) ist die erste, die hier am Beispiel der Korrespondenz Reichenbach-Adler näher belegt werden soll, denn die kompromißlose Schärfe, mit der Reichenbach selbst dann zur Sache ging, wenn er sein Gegenüber persönlich schätzte, wird gerade da sehr deutlich, wo Reichenbach noch bemüht ist, persönlichen Respekt von sachlicher Kritik abzusetzen. Gleich zu Anfang seines Briefes vom 8. März 1921 lesen wir, daß Reichenbach mit den Resultaten Adlers „ganz und gar nicht übereinstimmen" kann. Über diese Differenzen wolle er sich mit Adler verständigen, bevor sein Referat erscheine, denn

> ich möchte kein ungerechtes Urteil über Ihr Buch abgeben. Das ist mir um so wichtiger, als ich vor Ihrem politischen Verhalten im Kriege eine grosse Hochachtung habe, und nicht mit denen verwechselt werden möchte,

19 Reichenbach (1921e), S. 504.

20 Kraus (1921b), vgl. Hentschel (1990a), S. 179 f. zur Fortspinnung der Reichenbach-Kraus Kontroverse und zu den umstrittenen Sachpunkten.

21 Ausschnittweise zitiert in Hentschel (1990a) S. 190.

> die sich aus politischen Gründen befleissigen werden, Ihnen Fehler nachzuweisen.[22]

Die Hochachtung Reichenbachs erklärt sich daraus, daß auch er in seiner Studienzeit aktiv im sozialistischen Studentenbund tätig war, wodurch eine gewisse Sympathie für den Überzeugungstäter Adler, der für seine Tat immerhin 1916-18 in Festungshaft saß, erklärt. Im letzten Absatz des Briefes wird dies als eine versöhnliche Abschlußnote nochmals betont:

> Ich bitte Sie nochmals, in meinem freimütigen Ton keine persönliche Geringschätzung, keine Feindseligkeit zu sehen. Es liegt mir aber daran, Ihnen gegenüber nicht die Gedanken zu verbergen, die ich beim Lesen Ihres Buches schliesslich nicht mehr abweisen konnte.[23]

Ähnliche Passagen, die sachliche Kritik durch die Beteuerung persönlichen Respekts abmildern, finden wir z.B. auch in der Korrespondenz Reichenbachs mit Petzoldt;[24] weitere Beispiele für Kritiker der RT, mit denen Reichenbach *vor* Veröffentlichung seiner Repliken korrespondiert hat, sind etwa Robert Hjalmar Mellin (1854-1933), der Vitalist Hans Driesch (1867-1941) oder Hermann Friedmann aus Helsingfors; mit dem Jesuit Theo Wulf kam es noch *nach* einer in den *Astronomischen Nachrichten* ausgetragenen Kontroverse zu einem Briefwechsel.[25]

Auch die thematische Erweiterung der Schriften Reichenbachs zur RT durch seine Auseinandersetzungen mit Anderen an so vielen Fronten (These 7) läßt sich an der Korrespondenz mit Adler gut belegen; die beiden eben zitierten persönlichen Passagen seines Briefes sind nämlich nur die Umrahmung für eine um 5 Kernthesen des Adlerschen Buches zentrierte kritische Diskussion der Ausführungen Adlers von 1920 über:

- den angeblichen „absoluten Längenvergleich" via galvanometrische Methode,
- die angebliche „absolute Bestimmbarkeit der Gleichzeitigkeit",
- die angebliche Verschiedenartigkeit der Lichtgeschwindigkeit, gemessen in verschiedenen, zueinander bewegten Bezugssystemen,
- den angeblichen „absoluten Synchronismus" durch Uhrentransport,
- die Kritik an Einsteins Ableitung der Lorentztransformationen.

Reichenbach unternimmt in seinem Brief den Versuch, Adler klar zu machen, daß er in allen 5 Punkten irrt: „Ich halte nun Ihre Meinung in allen diesen Punkten für falsch, und möchte Ihnen das begründen." Dabei ist es nun für meine These wichtig, daß die Beweisführung zu allen fünf aufgeführten Punkten nicht nur Gegenstand dieses privaten Briefes Reichenbachs an Adler ist, sondern dann auch in viele seiner späteren Schriften zur RT Eingang gefunden hat. Der vermeintliche absolute Längenvergleich ebenso wie die vermeintliche Methode

22 Reichenbach an Adler, 8.3.1921, 1. Absatz.
23 Ibid., letzter Absatz.
24 Vgl. dazu Hentschel (1990b.)
25 Gemeint sind Wulf (1921), Reichenbach (1921d), (1922c), Anderson (1921); siehe dazu Auszüge seiner Korrespondenz in Hentschel (1990a), Abschn. 3.4.3.

zur absoluten Bestimmbarkeit der Gleichzeitigkeit werden auch behandelt in der *Philosophie der Raum-Zeit-Lehre* (1928) § 20 (zusammen mit einer kritischen Diskussion der Vorschläge einiger anderer Kritiker der RT), Adlers Bemerkungen zur Lichtgeschwindigkeitskonstanz berührten ohnehin eine Frage, an der Reichenbach sehr interessiert war und auf die er immer wieder zurückkam, nämlich inwieweit bestimmte Setzungen der RT durch die bekannten Erfahrungstatsachen bereits *erzwungen* sind oder inwieweit noch *andere* Theorienkonstruktionen mit ihnen *vereinbar* sind.[26] Der interessante Vorschlag Adlers zur Herstellung einer absoluten Gleichzeitigkeit durch beliebig langsamen Uhrentransport schließlich wurde gar Gegenstand eines eigenen Artikels Reichenbachs über „absolute Transportzeit", der dann im Laufe der Zeit eine recht ansehnliche Kette weiterer Veröffentlichungen speziell zum Thema 'Uhrensynchronisation durch Uhrentransport' nach sich zog.[27]

Der Brief Reichenbachs an Adler ist gewissermaßen nur der Probelauf, der erste Entwurf für eine verbesserte Version des Argumentes, das dann in Reichenbachs eigene Texte zur RT integriert wird. Dahinter steht unzweifelhaft die Überzeugung, daß zu einem angemessenen Verständnis einer Theorie nicht nur (positiv) ihre adäquate Deutung gehört,[28] sondern auch (negativ) der Nachweis dessen, was an anderen vorgebrachten Deutungen nicht adäquat (in diesem Sinne: falsch) ist. Reichenbachs eigene Interpretation der RT wird geschätzt durch eine sich ständig erweiternde Kette indirekter Argumente, nämlich von Argumenten gegen die Schlüssigkeit von Interpretationen anderen Hintergrunds.[29] Dabei liegt keineswegs immer sofort auf der Hand, *wo* der andere Interpret jeweils einen Denkfehler begangen haben könnte - speziell die sehr detaillierte Diskussion der galvanometrischen Längenmessung in seinem Brief an Adler (S. 2-4 des Briefes vom 8.3.1921 im Anhang) zeigt dies deutlich. Denn es ist hier keineswegs ein aus dem Ärmel geschütteltes 'philosophisches' Argument, das Reichenbach gegen Adler anführt, sondern eine präzise Analyse des physikalischen Prozesses der Stromleitung, auf dem Adlers Gedankenexperiment basiert.[30]

Adler führte (1920) in Ergänzung zu den beiden von Einstein selbst angegebenen Methoden der Längenmessung eine dritte Methode zur Längenmessung ein, die seiner Auffassung nach ohne die Benutzung von Uhren zur Synchronisation und ohne den Rekurs auf die Lichtgeschwindigkeit funktionierte.

26 Auf die Klärung genau dieser Frage zielte Reichenbachs „konstruktive Axiomatik" - vgl. meine Bemerkungen zur 8. These und Mühlhölzers Koreferat.

27 Gemeint ist Reichenbach (1922b) bzw. Ellis u. Bowman (1967), Ellis (1971), van Fraassen (1969), sowie Grünbaum (1963/73), (1969), Salmon (1969).

28 Vgl. zu Kriterien dieser Adäquanz Hentschel (1990a), Kap. 6.

29 Vgl. Hentschel (1990a) für einen Versuch, den Zusammenhang von philosophischen Interpretationen physikalischer Theorien mit dem allgemeineren Interpretationsrahmen, bestehend aus philosophischen Grundüberzeugungen des jeweiligen Interpreten, zu erfassen.

30 Vgl. zum folgenden Adler (1920) § 14, S. 81 ff. sowie § 23, S. 123 ff. Wie Adler an einer Stelle selbst vermerkt, war er nicht der erste, der mit Gedankenexperimenten diesen Typs operierte, aber sein Vorläufer, F. Grünbaum, hatte Galvanometer und Stromquelle beide in einem System postiert: siehe F. Grünbaum (1911).

Eine Längenabgleichung zweier zueinander bewegter Stäbe sei dadurch möglich, daß man an ihren Enden (T) isoliert Kontakte - metallische Schneiden (s) - anbringt, die durch einen Metallfaden verbunden sind. In den Stromkreis des einen wird ferner eine Stromquelle E, in den des anderen Stabes ein Galvanometer G eingebaut (vgl. Abb. 1).

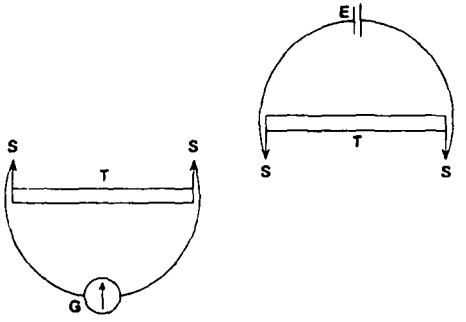

Abbildung 1: Skizze zur galvanometrischen Längenmessung, aus Adler (1920), S. 81.

Die Stäbe sollen nun so aneinander vorbeibewegt werden, daß die Kontaktenden s alle auf einer Geraden (der x-Achse) liegen. Dann und nur dann, wenn sich im Galvanometer G beim Aneinander Vorbeigleiten der beiden Stäbe ein Ausschlag zeigt, sollen die beiden Stäbe 'gleich lang' genannt werden - scheinbar eine elegante Methode, die Einführung von zwei Beobachtern und je zwei Uhren an beiden Stabenden zu umgehen, die für Einsteins Längenmessungsverfahren stets nötig waren. War hiermit eine absolute Methode gegeben, Längenvergleich durchzuführen? Ließen sich hiermit die paradoxen Konsequenzen der SRT umgehen, die unter den Stichworten Längenkontraktion und Zeitdilatation die Zeitgenossen beschäftigten? Wenn man voraussetzte, daß beide Stäbe gleich große Ruhelängen hatten, so ergab Einsteins Analyse, je nachdem in welchem System man das aneinandervorbeigleiten der Stäbe betrachtete, stets eine Kontraktion des einen von beiden (Fig. 3 und 4 der nachfolgenden Abbildung 2), doch laut Adler war dies eben irreführend, denn von dem sog. 'Symmetralsystem' aus betrachtet, in dem die Stäbe jeweils mit der Hälfte ihrer Relativgeschwindigkeit aufeinander zu bewegt werden, ergibt sich eine Koinzidenz der Endpunkte und somit Stromfluß und die Aussage, daß beide Stäbe gleichlang sind. Diese Betrachtung des Bewegungsvorganges aus dem 'Symmetralsystem' war für Adler ein Hinweis darauf, daß auch bei der Analyse komplizierterer elektrodynamischer Vorgänge solch ein ausgezeichnetes Bezugssystem existiere. Einsteins Längen- und Zeitdeformationen waren für Adler Ausdruck einer unangemessenen Koordinatenwahl durch Einstein.[31] Soweit zum Gedankenexperiment Adlers in dessen eigener Auswertung.

31 Adler (1920), S. 132: „Für die gleichwertigen Systeme S_n und S'_n sind die primären Kon-

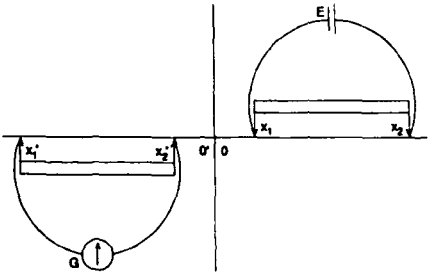

Fig. 2: Die Systeme vor Bewegungsbeginn

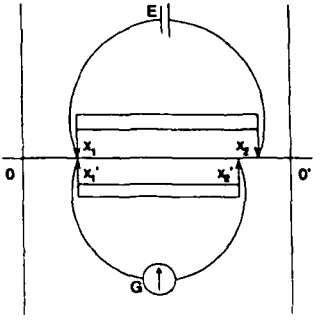

Fig. 3: Die Koinzidenz von x_1 und x_1' gesehen im System S_n zur Systemzeit t_1.

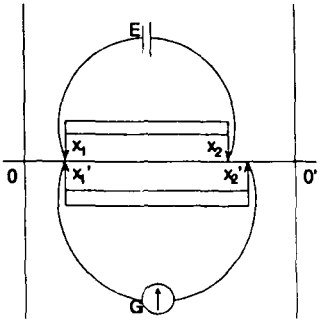

Fig. 4: Die Koinzidenz von x_1 und x_1' gesehen im System S_n' zur Systemzeit t_1'

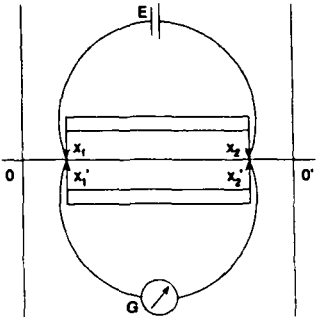

Fig. 5: Die Koinzidenz von x_1 und x_1' gesehen zur Zeit τ_1 des Symmetralsystems

Abbildung 2: Zeichnung aus Adler (1920), S. 128 f.

Reichenbachs Gegenargument besteht darin, Adlers Voraussetzungen zu kritisieren, die er hier in Form einer „allzu primitiven Theorie des elektrischen Stromes" gemacht hatte. Denn nur für stationäre Zustände sei es richtig, daß Strom nur bei geschlossenem Stromkreis fließe. Während Adler also voraussetzt hatte, daß Stromfluß nur bei 'gleichzeitigem' Kontakt an beiden Enden (d.h. bei geschlossenem Stromkreis) stattfindet, zeigt Reichenbach auf, daß die Vorgänge an beiden Enden in dem Zeitintervall *dt* der Berührung tatsächlich völlig unabhängig voneinander ablaufen, da die SRT ja ein Nahewirkungsprinzip behauptet, vermöge dem sich Wirkungen maximal nur mit Lichtgeschwindigkeit *c* ausbreiten können. Das Schließen auch nur eines der beiden Kontakte wird

traktionen gleich groß, also kann sich galvanometrisch kein Längenunterschied ergeben. 'Kontraktionen' treten bei ihnen nur auf, wenn wir Systemzeit verwenden, sie sind sekundär und reziprok".

also aufgrund der Kapazität des Kontaktes bereits zu einem Verschiebungsstrom führen. Unter Verweis auf die quantitativen Untersuchungen zur Geschwindigkeit des Stromtransportes[32] zeigt Reichenbach explizit, daß ein Widerspruch mit den Lorentztransformationen ausgeschlossen werden kann, da *dt* immer kleiner sei als die Zeitspanne, die nötig ist, um eine Ladung vom einen zum anderen Ende des Drahtes zu transportieren.[33] Hinter dem technischen Argument, das Reichenbach auf den Seiten 2-4 seines Briefes an Adler akribisch genau entwickelt, steht die einfach wiederzugebende Einsicht, daß Adlers Gedankenexperiment im Kern beabsichtigt, Gleichzeitigkeit an räumlich getrennten Orten durch eine Wirkung (Stromfluß) bestimmen zu wollen. Doch genau dies verbietet ja das Nahewirkungsprinzip der SRT, demzufolge Gleichzeitigkeit nur dann behauptet werden darf, wenn gegenseitige Beeinflussung ausgeschlossen ist.

Übrigens ist in Reichenbachs *Philosophie der Raum-Zeit-Lehre* dann eine etwas transparentere Form seines Argumentes veröffentlicht worden, die weniger mit Formeln und Symbolen operiert. Das Resümee dort lautet:

> Der genannte Mechanismus kann also durchaus keinen Entscheid über die Gleichzeitigkeit liefern. Er läßt für die Gleichzeitigkeit gerade so viel Willkür wie eine Bestimmung mit Lichtsignalen, denn er benutzt als Signal eine elektromagnetische Störung, welche sich ebenfalls nur mit Lichtgeschwindigkeit ausbreitet. Die ganze Anordnung ist überhaupt nur eine undurchsichtige Einkleidung eines Signalverfahrens.[34]

Für ein angemessenes Verständnis von Reichenbachs eigenen Beiträgen zur RT-Diskussion (vgl. These 8) würde ich gern kurz eingehen auf die Bemerkungen, die Reichenbach in seinem Brief an Adler über dessen Ausführungen zur (tatsächlich *gegen*) die Lichtgeschwindigkeitskonstanz sowie über die Ableitung der Lorentztransformationen macht (Punkte 3 und 5 des Briefes Reichenbachs an Adler im Anhang, S. 5 ff.). Anders als in den anderen Punkten, die Reichenbach alle mehr oder weniger scharf zurückweist, kommt er Adler hier nämlich insoweit entgegen, als er ihm die *logische* Zulässigkeit der Hypothese, daß die Lichtgeschwindigkeit c nicht konstant für alle Inertialsysteme ist, bzw. die logische Zulässigkeit anderer Transformationsformeln zugesteht und sich nur auf *empirische Argumente* gegen Adlers Annahme anstelle von Einsteins Axiom zurückzieht. Einstein war in seiner Arbeit zur Elektrodynamik bewegter Körper von 1905 zu folgenden, nach Hendrik Antoon Lorentz benannten Transformationsformeln für die Koordinatensysteme (x,y,z,t) bzw. (x',y',z',t') gekommen, die zueinander entlang ihrer parallel orientierten x-Achsen die Relativgeschwindigkeit $v < c$ haben mögen:

$$x' = \gamma(x - vt),\ y' = y,\ z' = z,\ t' = \gamma\left(t - \frac{v \cdot x}{c^2}\right),\ \text{mit}\ \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \qquad (1).$$

32 Referiert in dem Artikel über 'Elektrizitätslehre und Schulbücher' von Emde (1917).

33 „Die Potentialdifferenz $(x_1\ x_1')$ und ebenso $(x_2\ x_2')$ treibt jede eine gewisse Elektrizitätsmenge auf den Draht; beides ist unabhängig von einander und auch das Element E hat darauf keinen Einfluss. Denn ich kann *dt* immer so klein wählen, dass in dieser Zeit eine Ladung von E nach x_1 bezw. x_2 garnicht hingekommen ist."

Adler hingegen vertrat die Auffassung, daß die Transformationsformeln, wie sie schon Voigt (1887) benutzt hatte, zur physikalischen Erfassung des Wechsels der Bezugssysteme angemessener seien:[35]

$$x' = (x - vt),\ y' = y/\gamma,\ z' = z/\gamma,\ t' = (t - \frac{v \cdot x}{c2}) \qquad (2).$$

Dem korrespondierte eine klassische Raum-Zeit-Transformation in den x- und t-Variablen, jedoch eine Stauchung senkrecht zur Richtung der Relativbewegung zwischen den beiden Systemen. Reichenbach war sich sehr wohl darüber im klaren, daß das 1920 vorliegende Beobachtungsmaterial noch nicht ausreichend war, um zwischen beiden theoretisch zulässigen Möglichkeiten eine Entscheidung zu fällen. Insbesondere wies er immer wieder darauf hin, wie wichtig es sei, die Zeittransformation, d.h. den transversalen Dopplereffekt der SRT, direkt zu testen, da Experimente wie insbesondere das berühmte Interferometer-Experiment Michelsons und Morleys (1881 bzw. 1887) und das Mitführungsexperiment von Fizeau mit beiden Transformationsgleichungen vereinbar war.[36] Was so zunächst durch Auseinandersetzung mit den Thesen Adlers entwickelt worden war, wird von Reichenbach schon bald auch in einem eigenständigen Aufsatz über „Relativitätstheorie und absolute Transportzeit" vertieft behandelt, in dem Adler nur noch ganz am Ende in einer Fußnote erwähnt wird, die folgendermaßen lautet:

> Herr Fr. Adler [...] vertritt sonderbarerweise diese Ansicht [daß die relativistische Zeit falsch ist]. [...]. Es ist ein Verdienst Herrn Adlers, darauf hingewiesen zu haben, daß die Annahme $c = c'$ nicht notwendig ist, insbesondere nicht aus dem Michelsonschen Versuch folgt. Allerdings ist das eine naheliegende Erkenntnis. Herr Adler begeht aber den Irrtum, daß er die Annahme $c = c'$ für unmöglich hält; sie ist, wie hier gezeigt wurde, nicht einmal im Widerspruch zur absoluten Transportzeit. Es ist aber eine empirische Frage, ob die Annahme gilt; ihre logische Möglichkeit ist durch die gegebene axiomatische Darstellung nachgewiesen.[37]

In seiner 'konstruktiven Axiomatik' hat Reichenbach im einzelnen gezeigt, daß die absolute Transportzeit einerseits mit jedem einzelnen seiner Axiome verträglich ist (auch mit dem Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit), anderseits aber unmöglich aufrechterhalten werden kann, wenn dieses „Lichtprinzip" (X) und das Relativitätsprinzip (VIII) *beide* vorausgesetzt werden.

> Man erkennt, wie diese beiden Prinzipien ineinander arbeiten: Axiom X besagt nur etwas über den Zusammenhang der Uhreinheit mit der Maß-

34 Reichenbach (1928), S. 155 f.

35 Vgl. hierzu Adler (1920), 1. Kapitel sowie Anhang, und Hentschel (1990a), S. 9 f.

36 Siehe z.B. Reichenbach (1922b), S. 116 (s.u.). Übrigens zeigt die Korrespondenz Einsteins mit Adler im Jahr 1918, daß Einstein (irrtümlich) glaubte, daß schon der damalige Stand der Experimente nur die Lorentztransformationen der SRT zuließe: siehe Einstein an Adler, 29.9.1918 sowie Adler an Einstein, 20.9. und 12.10.1918 (alle CPAE).

37 Reichenbach (1922b), S. 117.

> stabseinheit innerhalb desselben Systems, und Axiom VIII legt das Verhältnis zueinander bewegter Maßstabseinheiten fest. Erst beide Axiome zusammen bestimmen die Transformation der Einheiten, und sie bestimmen sie so, daß die absolute Transportzeit ausgeschlossen ist.
> Axiom VIII und X sind aber beide noch nicht direkt bestätigt worden; es sprechen nur Analogieschlüsse für diese Axiome. Es wäre deshalb wichtig, wenn die Einsteinsche Uhrenverzögerung direkt nachgewiesen würde. (Transversaler Dopplereffekt). Erst dann wäre die Transportzeit empirisch widerlegt.[38]

Diese hier deutlich werdende Strategie Reichenbachs, zunächst theoretische Optionen klar zu entfalten und dann dem Experiment die Entscheidungsrolle zuzuschreiben, steht in engem Zusammenhang mit der von Reichenbach seit 1921 entwickelten „konstruktiven Axiomatik" der (speziellen) RT, in der er versuchte, eine möglichst klare Zuordnung einzelner möglichst begrenzter Teile der Theorie zu einzelnen Beobachtungstatsachen herzustellen. Dies lief darauf hinaus, die Theorie *nicht* von einer minimalen Zahl möglichst allgemeinen Axiomen aus aufzubauen wie Einstein u.a. Theoretiker dies getan hatten, sondern genau umgekehrt, sie in eine Vielzahl voneinander *logisch* unabhängiger Teilaxiome aufzuspalten.[39] Die dahinter stehende Absicht Reichenbachs war letztlich die, die SRT leichter einer veränderten Beobachtungslage anpassen zu können - denn wenn logisch nichts dagegen sprach, daß z.B. die Lichtgeschwindigkeit in verschiedenen Inertialsystemen verschieden groß sein könnte, mußte die Option erhalten bleiben, den Kern der SRT auch dann zu retten, wenn neue Experimente plötzlich auf diese Variabilität der Lichtgeschwindigkeit hindeuteten. Daß dies keineswegs eine rein theoretische Überlegung war, zeigt die schon bald nach 1920 aufflammende Diskussion um die Wiederholung der Michelson-Morleyschen Experimente mit positivem Ausgang durch D.C. Miller.[40] Reichenbachs Reaktion hierauf ist denn auch charakteristisch verschieden von der Einsteins! Während ersterer sofort einen Vorschlag zur etwaigen Modifikation der SRT machte, der darauf hinauslief, die Lichtgeometrie zu erhalten und nur die Materialaxiome den neuen Beobachtungen Millers anzupassen, beharrte Einstein darauf, daß seine SRT mit dem negativen Ergebnis des Michelson-Morleyschen Experimentes stehe und falle und sie aufgegeben werden müßte, wenn sich Millers Resultate bewahrheiten sollten.[41] Es muß hier eine editorische Bemerkung angeschlossen werden. Entgegen dem in Bd. 3 der *Gesammelten Werke*, S. 183 behaupteten ist genau die Passage des Aufsatzes, in dem Reichenbach auf Millers Experimente eingeht, eben *nicht* Teil des § 31 der Raum-Zeit-Lehre von 1928. Die entscheidenden Sätze, die nunmehr in den *Gesammelten Werken* nicht stehen, weil Reichenbachs Aufsatz von 1925 leider nur teilweise in Bd. 3 übernommen wurde, sind:

38 Reichenbach (1922b), S. 116. Leider ist dieser Text Reichenbachs nicht in die *Gesammelten Werke* aufgenommen worden.

40 Vgl. dazu auch Hentschel (1990a), Abschn. 4.6.5 f.

41 Vgl. hierzu die Übersicht in Miller (1933).

> Jetzt können wir auch die Frage beantworten, was sich in der Relativitätstheorie ändern würde, wenn die Versuche Millers als Beweis angesehen werden müßten, daß der bisherige negative Ausfall des Michelsonversuchs nicht prinzipiell festgehalten werden darf. *Nicht* ändern würde sich die Einsteinsche *Zeitlehre* [...]. *Nicht* ändern würde sich auch die *Lichtgeometrie* [...]. *Ändern* aber würde sich unser Wissen über die Einstellung der materiellen Gebilde auf die Lichtgeometrie [...]. Das würde aber die relativistische Physik nicht so sehr erschüttern.[42]

Reichenbachs „konstruktive Axiomatik" ist also zu verstehen als ein Beitrag zur möglichen Aufrechterhaltung der RT (oder sollte man sagen: zur 'Immunisierung' der RT?) angesichts eines sich möglicherweise verändernden Diskussionsstandes um experimentelle Tests. Die Klärung des Spielraums, der einem angesichts der jeweils vorliegenden Experimente noch bleibt, um einzelne Komponenten der Theorie auszutauschen, war ferner sehr nützlich für eine Bewertung alternativer Theoriekonzeptionen wie eben z.B. der Adlers, in der die Lichtgeschwindigkeitskonstanz und die Zeitdilatation ersetzt werden durch Lichtgeschwindigkeitsabhängigkeit vom Bezugssystem und einen absoluten Synchronismus. Reichenbach wie Adler erwarteten hier von der Empirie Aufschluß über das, was theoretisch gesetzt werden muß.

> Wenn Sie sagen, dass die Einsteinsche Hypothese „durch ein riesiges Gerüst von Erfahrungen bestätigt" ist und die von mir formulierte Hypothese „mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit falsch ist", so liegen diese Urteile vollkommen im Bereiche Ihrer subjektiven Wertung, denn die Erfahrung hat weder über die eine noch über die andere Hypothese irgend etwas entschieden. Sie lassen sich da durch Ihre Leidenschaft für die Einsteinsche Theorie dazu hinreissen, zu vergessen, dass mit den Erfahrungstatsachen auch andere Theorien vollkommen vereinbar sein können.[43]

Ein ebenso leidenschaftlicher wie sachkundiger Einsatz für die Klarstellung des sachlichen Gehaltes und der philosophischen Implikationen der RT, das ist es in der Tat, was Hans Reichenbachs Rolle in den Diskussionen um die RT in den zwanziger Jahren ausmacht. Die Empirie, auf die Reichenbach ebenso wie Adler z.B. in der Diskussion um den 4. Punkt setzten,[44] hat innerhalb des von der SRT inaugurierten Anwendungsfeldes (verschwindende bzw. vernachlässig-

42 Siehe Reichenbach (1922b), S. 116 f. sowie insb. Reichenbach (1925b), S. 47 ff. Zur Unterscheidung von Licht- und Materialaxiomen vgl. Reichenbach (1921c), (1924c) sowie Hentschel (1990a) Abschn. 4.6.5 f. Zu Einsteins Einstellung gegenüber Experimenten wie denen Millers siehe Hentschel (1992b).

42 Reichenbach (1925b), S. 47.

43 Adler an Reichenbach, 6.5.1921, S. 7.

44 So etwa, wenn Reichenbach anläßlich der Diskussion der Beiträge Adlers in seinem Übersichtsartikel von 1921 schreibt: „Es hat keinen Sinn, hier der Natur Vorschriften zu machen, die aus dem menschlichen Denkvermögen stammen. Möglich ist die eine wie die andere Annahme; welche von beiden der Wirklichkeit entspricht, kann allein die Erfahrung lehren."

bar kleine Gravitationsfelder bzw. Beschleunigungen) bis heute für die Gültigkeit der *un*modifizierten SRT entschieden.[45]

Literatur

Adler, Friedrich (1909): 'Die Einheit des physikalischen Weltbildes', in: *Naturwissenschaftliche Wochenschrift* 24 (= N.F. 8), S. 817-822.

-, (1918): *Ernst Machs Überwindung des mechanistischen Materialismus*, Wien.

-, (1920): *Ortszeit, Systemzeit, Zonenzeit und das ausgezeichnete Bezugssystem der Elektrodynamik*, Wien, Wiener Volksbuchhandlung.

Anderson, W. (1921): 'Zur Kontroverse zwischen den Herren Th. Wulf und H. Reichenbach', in: *Astronomische Nachrichten* 214, Nr. 5114, Sp. 35-38 (vgl. Wulf (1921) u. Reichenbach (1921d), (1922c).

Ardelt, Rudolf G. (1984): *Friedrich Adler*, Wien, Österreichischer Bundesverlag.

Becker, Oskar (1930): 'Die apriorische Struktur des Anschauungsraumes', in: *Philosophischer Anzeiger* 4, S. 129-162 (s.a. Reichenbach (1931a)).

Blackmore, John und Hentschel, K. (Hrsg.) (1985): *Ernst Mach als Außenseiter*, Wien, Braumüller.

Bridgman, Percy W. (1962): *A Sophicate's Primer of the Special Theory of Relativity*, Middletown, Wesleyan Univ. Press.

Brühlmann, Otto (1924): 'Das Licht als Grundlage der Relativitätstheorie', in: *Annalen der Philosophie und philosophischen Kritik* 4, S. 188-194 (s.a. Reichenbach (1924) u. Brühlmann (1925)).

-, (1925): 'Bemerkungen zu Hans Reichenbachs Entgegnung auf meine Abhandlung 'Das Licht als Grundlage der Relativitätstheorie', ibid., 5, S. 150-152.

Dingler, Hugo (1920/21): 'Kritische Bemerkungen zu den Grundlagen der Physik', a) *Physikalische Zeitschrift* 21, S. 668-674; ausgeweitet als Separatum, Leipzig, Hirzel (s.a. Reichenbach (1921b) S. 379-384).

Einstein, Albert (1905): 'Zur Elektrodynamik bewegter Körper', in: *Annalen der Physik* (4) 17, S. 891-921 (sowie in zahlreichen Wiederabdrucken).

-, (1917): *Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie*, Braunschweig, Vieweg, 1. Aufl. 1917; zit. nach der 21. Aufl. 1969.

Ellis, Brian (1971): 'On conventionality and simultaneity - a reply', in: *Australasian Journal of Philosophy* 49, S. 177-203.

-, u. Bowman, P. (1967): 'Conventionality in distant simultaneity', in: *Philosophy of Science* 34, S. 116-136 (s.a. van Fraassen (1969), Grünbaum (1969)).

Emde, Fritz (1917): 'Elektrizitätslehre und Schulbücher', in: *Zeitschrift für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht* 48, S. 410-420.

Feuer, Lewis S. (1974): *Einstein and the Generation of Science* New York, Basic Books.

van Fraassen, Bas C. (1969): 'Conventionality in the axiomatic foundations of the special theory of relativity', in: *Philosophy of Science* 36, S. 64-73.

-, (1970): *An Introduction to the Philosophy of Time and Space*, New York, Random House (später auch als Paperback).

Freundlich, Erwin F. (1916): *Die Grundlage der Einsteinschen Relativitätstheorie*, Berlin, Springer, 1916 (s.a. Rez. v. Reichenbach (1922a)).

Grebe, Leonhard u. Bachem, Albert (1920): 'Die Einsteinsche Gravitationsverschiebung im Sonnenspektrum der Stickstoffbande λ = 3883AE', in: *Zeitschrift für Physik* 2, S. 415-422.

Grünbaum, F. (1911): 'Über einige ideelle Versuche zum Relativitätsprinzip', in: *Physikalische Zeitschrift* 12, S. 500-509.

45 Siehe etwa Will (1989) für eine allgemeinverständliche Übersicht zum heutigen Stand der Hochpräzisionstests zur RT.

Grünbaum, Adolf (1963/73): *Philosophical Problems of Space and Time*, a) 1. Aufl. New York, Knopf; b) 2. erw. Aufl. Dordrecht, Reidel, 1973.
-, (1969): 'Simultaneity by slow clock transport in the special theory of relativity', in: *Philosophy of Science* 36, S. 5-43 (s.a. Ellis u. Bowman (1967), van Fraassen (1969), Ellis (1971)).
Hentschel, Klaus (1990a): *Interpretationen und Fehlinterpretationen der speziellen und der allgemeinen Relativitätstheorie durch Zeitgenossen Albert Einsteins*, Basel, Birkhäuser (= Science Networks, Bd. 6).
-, (1990b): *Die Korrespondenz Reichenbach-Petzoldt - zur Entwicklung der wissenschaftlichen Philosophie in Berlin*, Berlin, Sigma (= BBGNT, 12).
-, (1992a): 'Grebe/Bachems photometrische Analyse der Linienprofile und die Gravitations-Rotverschiebung', in: *Annals of Science* 49, S. 21-46.
-, (1992b): 'Einstein's attitude towards experiments - testing relativity theory 1907-1927', in: *Studies in History and Philosophy of Science* 23, S. 593-624.
Holton, Gerald (1969): 'Einstein, Michelson and the crucial experiment', in: *ISIS* 60, S. 133-197 (auch in anderen Ausgaben).
Joël, Kurt (1917): 'Friedrich Adler als Physiker', in: *Vossische Zeitung*, 25. Mai, Nr. 259, Morgenausgabe, S. 2.
Kann, Robert (1977): 'Dokumente einer seltsamen Freundschaft', in: *Die Presse* Sa/So. 2/3 Juli 1977, S. 17.
Kraus, Oskar (1921a): 'Fiktion und Hypothese in der Einsteinschen Relativitätstheorie - erkenntnistheoretische Betrachtungen', in: *Annalen der Philosophie* 2, S. 334-396.
-, (1921b): 'Die Unmöglichkeit der Einsteinschen Bewegungslehre. (Eine Erwiderung an Herrn Hans Reichenbach)', in: *Umschau* 25, S. 681-684 (= Replik auf Reichenbach (1921e)).
Mach, Ernst (1883): *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt*, 1. Aufl. 1883 sowie viele Neuauflagen.
Mellin, Robert Hjalmar (1926): 'Kritik der Einsteinschen Theorie an der Hand von Reichenbachs *Axiomatik der relativistischen Raum-Zeit-Lehre*', in: *Annales Academiae Scientiarum Fennicae* (A) 26, S. 1-43 (s.a. Reichenbach (1924) u. (1927a)).
Miller, Dayton C. (1933): 'The ether-drift experiment and the determination of the absolute motion of the earth', in: *Reviews of Modern Physics* 5, S 203-242.
Minkowski, Hermann (1908): 'Raum und Zeit', in: *Verhandlungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte* 80, S. 4-9.
Müller, Aloys (1922): *Die philosophischen Probleme der Einsteinschen Relativitätstheorie*, Braunschweig, Vieweg (s.a. Rez. v. Reichenbach (1923)).
Reichenbach, Hans (1920a): *Relativitätstheorie und Erkenntnis a priori*, Berlin, Springer (Reprint in Bd. 3 v. Reichenbach (1977ff.), S. 191-302).
-, (1920b): Rez. v. H. Schmidt (1920b), in: *Naturwissenschaften* 8, S. 925.
-, (1920c): 'Die Einsteinsche Raumlehre', in: *Umschau* 24, S. 402-405.
-, (1920d): Zum Aufsatz von Stahl (1920), in: *NW* 35 (= N.F. 19), S. 592.
-, (1921a): Selbstanzeige von Reichenbach (1920a), in: *Annalen der Philosophie* 2, S. 493.
-, (1921b): 'Erwiderung auf H Dinglers Kritik an der Relativitätstheorie', in: *Physikalische Zeitschrift* 22, S. 379-384.
-, (1921c): 'Bericht über eine Axiomatik der Einsteinschen Raum-Zeit-Lehre', ibid., S. 683-687
-, (1921d): 'Erwiderung auf Herrn Th. Wulfs Einwände gegen die allgemeine Relativitätstheorie', in: *Astronomische Nachrichten* 213, Sp. 307-310.
-, (1921e): 'Die Einsteinsche Bewegungslehre', in: *Umschau* 25, S. 501-505 (s.a. Kraus (1921b))
-, (1921f): 'Entgegnung', ibid., S. 684-685 (= Replik auf Kraus (1921b)).
-, (1921g): 'Geschwindigkeiten im Weltall im Lichte der Relativitätstheorie', in. *Kosmos* 18, S. 292-295.
-, (1921/79): 'Der gegenwärtige Stand der Relativitätsdiskussion', a) *Logos* 10, S. 316-378; b) in: Reichenbach (1977ff.), Bd. 3, S. 342-405.
-, (1922a): Rez. v. Freundlich (1916), in: Deutsche Literaturzeitung, 28. Jan., Sp. 69-70
-, (1922b): 'Relativitätstheorie und absolute Transportzeit', in: *Zeitschrift für Physik* 9, S. 111-117.

-, (1922c): 'Erwiderung auf Herrn Andersons Einwände gegen die allgemeine Relativitätstheorie', in: *Astronomische Nachrichten* 215, Sp. 373-376 (= Replik auf Anderson (1921); s.a. Wulf (1921a)).
-, (1922d): 'Die Relativitätstheorie in der Streichholzschachtel', in: *Neue Zürcher Zeitung* 143, 29. April, Morgenblatt, S. 1-2.
-, (1922e): 'Der Nobelpreis für Einstein', ibid., 22. Nov., Morgenblatt, S. 1-2.
-, (1922f): 'La signification philosophique de la théorie de la relativité', in: *Revue Philosophique de la France et de l'Etranger* 94, S. 5-61.
-, (1922g): Diverse Besprechungen von Texten über „Allgemeine Grundlagen der Physik" (darunter F. Adler (1920)), in: *Physikalische Berichte* 3, S. 394-400 (insb. S. 395 zu Adler).
-, (1923): Rez. v. A. Müller (1922), in: *Naturwissenschaften* 11, S. 30-31.
-, (1924a): 'Die Bewegungslehre bei Newton, Leibniz und Huygens', in: *Kantstudien* 29, S. 416-438 (Reprint in Reichenbach (1977ff.), Bd. 3, S. 406-428).
-, (1924b): 'Entgegnung', in: *Annalen der Philosophie* 4, S. 195-198 (= Replik auf Brühlmann (1924); s.a. Brühlmann (1925/26)).
-, (1924c): *Axiomatik der relativistischen Raum-Zeit-Lehre*, Braunschweig, Vieweg (= Die Wissenschaft, Bd. 72; Reprint in Reichenbach (1977ff.), Bd. 3, S. 3-171).
-, (1924d): 'Die relativistische Zeitlehre', in: *Scientia* 36, S. 361-374 (Reprint in Reichenbach (1977ff.), Bd. 3, S. 303-317).
-, (1925a): 'Planetenuhr und Einsteinsche Gleichzeitigkeit', in: *Zeitschrift für Physik* 33, S. 628-634 (Reprint in Reichenbach (1977ff.), Bd. 3, S. 184-190).
-, (1925b): 'Über die physikalischen Konsequenzen der relativistischen Axiomatik', ibid., 34, S. 32-48 (nur teilw. Reprint in Reichenbach (1977ff.), Bd. 3, S. 172-183).
-, (1926a): 'Erwiderung auf eine Veröffentlichung von Herrn Hj. Mellin', ibid., 39, S. 106-112 (= Replik auf Mellin (1926)).
-, (1926b): 'Ist die Relativitätstheorie widerlegt?', in: *Umschau* 30, S. 325-328.
-, (1926c): 'Die Auswirkung der Einsteinschen Lehre', in: *Kunstwart* 40, 1. Hälfte, S. 35-39 (= Replik auf Lichtenecker (1926) u. Dingler (1925/26)).
-, (1926d): 'Die Probleme der modernen Physik', in: *Naturwissenschaftliche Rundschau* 37, Aprilheft, S. 414-425.
-, (1927)a: 'Lichtgeschwindigkeit und Gleichzeitigkeit', in: *Annalen der Philosophie* 6, S. 128-144 (= Replik auf Mellin (1926)).
-, (1927)b: *Von Kopernikus bis Einstein*, Berlin, Ullstein.
-, (1928): *Philosophie der Raum-Zeit-Lehre*, Leipzig u. Berlin, de Gruyter (Reprint als Reichenbach (1977ff.), Bd. 2).
-, (1929a): 'Zur Einordnung des neuen Einsteinschen Ansatzes über Gravitation und Elektrizität', in: *Zeitschrift für Physik* 59, S. 683-689.
-, (1929b): 'Die neue Theorie Einsteins über die Verschmelzung von Gravitation und Elektrizität', in: *Zeitschrift für angewandte Chemie* 42, S. 121-123.
-, (1929c): 'Einsteins neue Theorie', in: *Vossische Zeitung*, 25. Jan., Unterhaltungsblatt (zu AE (1929e)).
-, (1931a): 'Zum Anschaulichkeitsproblem der Geometrie. Erwiderung auf Oskar Becker', in. *Erkenntnis* 2, S. 61-72 (= Replik auf Becker (1930)).
-, (1931b): 'Hundert gegen Einstein', in: *Vossische Zeitung*, Postausg., Nr. 47, Di. 24. Febr. (= Rez. v. Israel, Ruckhaber u. Weinmann (Hrsg.) (1931)).
-, (1932): 'Der endliche Weltenraum', in: *Die Woche* 34, S. 1131-1132.
-, (1933): 'Vom Bau der Welt', in: *Naturwissenschaftliche Rundschau* 44, Teil II, Heft Nr. 7, S. 39-60, 235-250.
-, (1949/79): 'Die philosophische Bedeutung der Relativitätstheorie', in: Schilpp (Hrsg.), *Albert Einstein als Physiker und Philosoph*, a) Stuttgart, 1949; b) Reprint Braunschweig, Vieweg 1979, darin S. 188-207 (Orig. engl.; Reprint der dt. Version auch in Reichenbach (1977ff.), Bd. 3, S. 318-341).
-, (1977ff.): *Gesammelte Werke*, Braunschweig, Vieweg, (9 Bände, teils i.V.).
Schmidt, Harry (1920): *Das Weltbild der Relativitätstheorie*, Hamburg, Hartung (s.a. Rez. v Reichenbach (1920b)).

Seelig, Carl (1954): *Albert Einstein*, Zürich, Europa Verlag.
Siegert, Michael (1981): 'Der Mord an k.k. Ministerpräsidenten Stürgkh', in: L. Spira (Hrsg.), *Attentate, die Österreich erschütterten*, Wien, Löcker, S. 65-78.
Speziali, Pierre (Hrsg.) (1972): *Albert Einstein - Michele Besso correspondence 1903-1953*, Paris, Hermann.
Stahl, Alfred (1920): 'Die Grundlagen der Relativitätstheorie', in: *Naturwissenschaftliche Wochenschrift* 35, S. 390-391 (s.a. Replik v. Reichenbach (1920d)).
Tomaschek, Rudolf (1924): 'Über Aberration und Absolutbewegung', in: *Annalen der Physik* (4) 74, S. 136-145.
Vogtherr, Karl (1935): 'Gleichzeitigkeit und Relativitätstheorie', in: *Zeitschrift für Physik* 94, S. 261-276, 95, S. 227-242.
Will, Clifford M. (1989): *Und Einstein hatte doch Recht*, Berlin et al., Springer.
Wolff, Th. (1926): 'Gibt es eine vierte Dimension? Wo bleiben die Gespenster? Die Welt als Raum, Zeit, und Stoff', in: *Berliner Tageblatt*, 11. Dez., Nr. 584.
Wulf, P.Theodor (1921): 'Tatsachen zur allgemeinen Relativitätstheorie', in: *Astronomische Nachrichten* 212, Sp. 379-382 (s.a. Reichenbach (1921d), (1922c) u. Anderson (1921)).

Anhang

A.) Reichenbach an Adler, 8. März 1921, hier vollständig wiedergegeben nach dem Durchschlag im *Archive for Scientific Philosophy*, Pittsburgh, Reichenbach-Nachlaß, Sign. HR-015-48-03. Offensichtliche Tippfehler Reichenbachs wurden hier stillschweigend korrigiert (z.B. 'eine' statt 'eiene' und 'definieren' statt 'definier n'), orthographische Eigenheiten ('ss' statt 'ß', 'Ue' statt 'Ü') hingegen beibehalten. Copyright für diesen Anhang: Archive for Scientific Philosophy, University of Pittsburgh, 1991.

Die originalen Seitenumbrüche sind mit || angezeigt. Die editorischen Fußnoten sind auf ein Minimum beschränkt - man vergleiche auch die Erläuterungen im Haupttext dieses Aufsatzes.

Dr. Hans Reichenbach
Privatdozent der
Physik an der
Technischen Hochschule

Stuttgart, d. 8. 3. 21.,
Knospstr. 5.

Herrn Dr. Friedrich Adler
Wien

Sehr geehrter Herr Dr. Adler,

ich las Ihr gegen die Einsteinsche Relativitätstheorie gerichtetes Buch, kann aber mit Ihren Resultaten ganz und gar nicht übereinstimmen. Da ich das Buch für die Fortschritte der Physik besprechen soll,[46] so möchte ich mich vorher mit Ihnen persönlich über die Differenzen auseinandersetzen, denn ich möchte kein ungerechtes Urteil über Ihr Buch abgeben. Das ist mir um so wichtiger,

46 Reichenbachs Referat erschien 1922 im Nachfolgeorgan der *Fortschritte der Physik*, den *Physikalischen Berichten* 3, S. 395.

als ich vor Ihrem politischen Verhalten im Kriege[47] eine grosse Hochachtung habe, und nicht mit denen verwechselt werden möchte, die sich aus politischen Gründen befleissigen werden, Ihnen Fehler nachzuweisen.

Ihre Einwände lassen sich, glaube ich, in 5 Punkte zusammenfassen.

1. Sie glauben, einen absoluten Längenvergleich ideell definieren zu können (galvanometrische Methode)[.]
2. Sie glauben, eine absolute Bestimmung der Gleichzeitigkeit geben zu können (Anfangszeitpunkt ist die Lostrennung der beiden Systeme)[.]
3. Sie glauben, dass die Lichtgeschwindigkeit mit unveränderten Uhren gemessen, in verschiedenen Systemen verschieden ausfallen würde.
4. Sie glauben, durch den Transport von Uhren einen absoluten Synchronismus herstellen zu können.
5. Sie glauben, dass die Einsteinsche Ableitung der Lorentz-||transformationen falsch ist.

Ich halte nun Ihre Meinung in allen diesen Punkten für falsch, und möchte Ihnen das begründen.

1) Sie umgehen den in der Längenmessung enthaltenen Begriff der gleichzeitigen Lagen der Endpunkte dadurch, dass Sie einen Mechanismus angeben, bei dem nach Ihrer Meinung an die Gleichzeitigkeit eine spezielle Wirkung, der Stromfluss, gebunden ist, sodass [sic] an der Wirkung die Gleichzeitigkeit absolut erkannt werden kann. Jedoch verläuft der Vorgang wesentlich komplizierter, als Sie annehmen. Ich denke mir die Berührung im Zeitstück dt erfolgend (für $dt = 0$ geht auch der Strom nach 0, es muss also ein sehr kleines Zeitstück dt angenommen werden). Vor der Berührung ist (S. 128 Ihres Buches) das Potential E bzw. -E an den Stellen x_1 und x_2 vorhanden, die Drähte haben statische Ladung. In dem Zeitstück dt der Berührung sind die in x_1 und x_2 erfolgenden Vorgänge vollständig unabhängig von einander. Auch wenn der Stab schief steht, also nur an einer Stelle Berührung erfolgt, tritt ein Strom auf, das mit [dem Galvanometer] G verbundene Drahtstück nimmt statische Ladung auf. Dieser Strom wäre nur halb so gross, wie wenn an beiden Seiten Berührung erfolgte. In ersterem Fall erfolgt in x_1 und x_2 genau dasselbe, was in ersterem Fall an einer Seite allein erfolgen würde. Die Potentialdifferenz (x_1 x_1') und ebenso (x_2 x_2') treibt jede eine gewissen Elektrizitätsmenge auf den Draht; beides ist unabhängig von einander, und auch das Element E hat darauf keinen Einfluss. Denn ich kann dt immer so klein wählen, dass in dieser Zeit eine Ladung von E nach x_1 bezw. x_2 garnicht [sic] hingekommen ist. Dieser Ladungstransport im Draht erfolgt ja bekanntlich sehr langsam, z.B. berechnet Emde (Zeitschr. f. math. u. naturwiss. Unt. 48, S. 417)[48] 0,1mm per sec. dafür. Das erste Einsetzen des Stromes in x_1' und x_2' wird immer aus dem Elektrizitätsvorrat an der Stelle x_1 und x_2 bestritten. Aber || auch das Vordringen des Feldes an dieser Stelle erfolgt nur mit Lichtgeschwindigkeit. Also: würde man absichtlich nach-

47 Hier spielt Reichenbach wohl auch auf das Attentat auf Stürgkh an - vgl. Haupttext.
48 Gemeint ist Emde (1917) im Literaturverzeichnis.

einander erst bei x_1 und dann bei x_2 berühren, so macht G denselben Ausschlag wie bei gleichzeitiger Berührung, wenn diese beiden Ereignisse nur so rasch aufeinanderfolgen, dass die Schwingungsdauer des Galvanometers dagegen gross ist.

Die Relativitätstheorie lehrt, dass von einem System die beiden Koinzidenzen gleichzeitig, von den anderen Systemen in verschiedenen Zeitpunkten erfolgen. Das ist kein Widersinn. Denn ist allen 3 Fällen muss die Wirkung - der Ausschlag von G - immer dieselbe sein.

Ein Widerspruch würde erst auf folgende Weise zustande kommen. Die bei x_1' eintretende Ladung breitet sich bis x_2' aus. Würde sie nun x_2' erreichen, ehe die Koinzidenz x_2 x_2' erfolgt, so würde x_2' dadurch ein anderes Potential erhalten, und die während der Koinzidenz übertretende Ladung hätte eine andere Grösse, da sie allein durch die Potentialdifferenz x_2 x_2' bestimmt ist. Dann würde der Ausschlag in G eine andere Grösse erhalten. Aber dieser Fall ist nach der Relativitätstheorie ausgeschlossen. Denn aus der Lorentztransformation folgt leicht, dass jede Zeitfolge AB, die sich auf Gleichzeitigkeit transformieren lässt, so rasch ist, dass ein mit Ueberlichtgeschwindigkeit bewegtes Signal erforderlich wäre, um die Punktereignisse AB zu verbinden. Also kann auch die von x_1' nach x_2' fortschreitende Ladung (bezw. der Wellenkopf) noch nicht in x_2' sein, wenn dort Berührung erfolgt. Also ist die Ladungsaufnahme in x_1' und x_2' unabhängig voneinander, beide sind gleich gross, und der Strom in G gleich ihrer Summe. Von welchem System man auch den Stromschluss betrachtet, es ergibt sich in aller Strenge derselbe Wert.

Es ist Ihr Irrtum, zu glauben, dass eine bestimmte Wirkung || an Gleichzeitigkeit geknüpft sein könnte. Vielmehr bedeutet die Gleichzeitigkeit gerade den Ausschluss der gegenseitigen Abhängigkeit zweier Vorgänge, weil jede Beeinflussung mit endlicher Geschwindigkeit erfolgen muss, also gleichzeitige Punktereignisse nicht verbinden kann. Alle Punktereignisse, die in irgend einem System gleichzeitig sind, haben keine Wirkung auf einander.

Darum ist auch Ihre Längenmessung garnicht [sic] eindeutig. Wenn Sie von dem einen Stab ein kleines Stück abschneiden (dies ist ganz real zu verstehen), und dann die Stäbe an einander vorbeigleiten lassen, ist der beobachtete Ausschlag G ebenso gross.

2) Sie wollen die absolute Gleichzeitigkeit mit Hilfe starrer Stäbe bestimmen, indem Sie „den Zeitpunkt" als Null setzen, wo die Systeme sich trennen (S. 94 ff). Der Moment der Trennung bedeutet aber nach Einstein, je nachdem von welchem System er definiert ist, einen verschiedenen Zustand. Sie sagen: „der" Anfangspunkt der Zeit hat in S und S' auf allen Systemen verschiedene Zahlwerte. Einstein sagt: es gibt nicht den Anfangspunkt, in jedem System lässt sich derjenige Zustand, in dem die Trennung erfolgt, als der Zustand definieren, in dem alle Uhren des Systems dieselbe Zahl zeigen. Dagegen wenden Sie ein: Man kann „den" Anfangspunkt mit starren Stäben, an denen Uhren befestigt sind, ermitteln. Sie wollen also die absolute Gleichzeitigkeit mit starren Stäben bestimmen. Im Prinzip ist Ihr Gedanke nichts anderes als folgender: dreht man

einen starren Hebel, so ist der Zeitpunkt, wo man an dem einen Arm angreift, absolut gleichzeitig mit dem, wo das andere Ende des Hebels sich bewegt. Damit könnte man auch Uhren stellen.

Diese Vorstellung widerspricht nun dem Grundsatz, dass die Lichtgeschwindigkeit obere Grenze ist. Denn auch längs starrer Stäbe kann sich eine Wirkung nicht schneller als c fortpflanzen. Das lässt sich nicht umgehen. Wie soll die starre x-Achse des Systems || in Bewegung versetzt werden? Wird sie an einem Punkt angepackt, so verstreicht eine gewisse Zeit, bis diese Wirkung überall eintrifft. Oder: Sie denken sich die Stange aus Eisen, und etwa einen Magneten in einiger Entfernung aufgestellt, dessen Kraft an jedem Punkt der Stange angreift. Aber dann vergeht wieder verschiedene Zeit, bis die Kraft vom Magneten an den verschiedenen Punkten der Stange eintrifft.

Sie berufen sich darauf, dass auch Einstein die starren Stäbe benutzt. Aber starr heißt bei Einstein eben nicht mehr absolut starr, sondern „in einem solchen Zustand, dass er die Deformationen der Massverhältnisse mitmacht".[49] Dies leisten eben nur die festen Körper, die man früher absolut starr nannte. Auch scheinen Sie nicht beachtet zu haben, dass der Uebergang vom ruhenden in ein bewegtes System nicht möglich ist, ohne dass Beschleunigungen durchlaufen werden, dass also Ihre Definition sogar noch eine Theorie der beschleunigten Systeme voraussetzt.

Ihre ersten beiden Einwände beruhen also auf einem Widerspruch zu dem Grundsatz, dass die Lichtgeschwindigkeit die obere Grenze der Wirkungsausbreitung sei, und dieser Grundsatz ist experimentell sehr gut bestätigt.

3) Warum schliessen Sie auf S. 203 unter c) die Hypothese aus: Die Lichtgeschwindigkeit ist für verschiedene Systeme gleich? Ich gebe Ihnen zu, dass diese Hypothese aus dem Michelsonschen Versuch nicht folgt; ich habe dies in einer gerade jetzt vollendeten Arbeit, die ich noch vor der Lektüre Ihres Buches in diesem Teil abschloss, selbst betont.[50] Aber Sie müssen mir ebenso zugeben, dass auch diese Hypothese keinen logischen Widerspruch zu den Sätzen a und b bedeutet, dass sie also physikalisch keineswegs ausgeschlossen ist. Es ist sonderbar, dass Sie glauben, Einstein hätte den Unterschied || zwischen der Hypothese, dass c eine Systemkonstante sei, oder eine Konstante für alle Systeme, nicht bemerkt. Ich habe diese Ansicht schon immer aus seiner ersten Arbeit[51] herausgelesen. Er hat auch nie behauptet, dass der Michelson-Versuch ein Beweis für die weitergehende Hypothese sei.[52] Vielmehr wird diese Hypothese erst durch alle empirischen Nachprüfungen bestätigt, die die Theorie als Ganzes erfährt. Sie können die Hypothese nicht widerlegen, im Gegenteil spricht alles dafür, z.B. die Transformation der Maxwellschen Gleichungen auf bewegte Systeme, überhaupt alles, was in der 4-dimensionalen Minkowski-Welt formulierbar ist.[53] Denn elektrodynamisch ist die Grösse c durch das Verhältnis der elek-

49 Siehe z.B. Einstein (1917), § 28, S. 78.
50 Siehe Reichenbach (1922b).
51 Einstein (1905).
52 Vgl. dazu Holton (1969).
53 Siehe Minkowski (1908).

tromagnetischen und elektrostatischen Masseinheiten bestimmt und mit bewöhnlichen Uhren gemessen, die nach der Erdrotation gestellt sind; die Erde ruht aber auf ihrer Bahn in verschiedenen Inertialsystemen. Eine eindeutige empirische Entscheidung wird vorläufig nur durch die Messungsfehler unmöglich gemacht.

4) Sie stellen dafür eine neue Hypothese auf, S. 137.[54] Woher wissen Sie, dass dieser Lehrsatz richtig ist? Dass die Bewegung keinen Einfluss auf die Uhren hat, ist genau so gut eine Hypothese, wie die Einsteinsche. Aber die Einsteinsche ist durch ein riesiges Gerüst von Erfahrungen bestätigt, und die Ihre in der notwendigen Genauigkeit durch keine einzige. Ich habe, in der oben erwähnten (noch unveröffentlichten) Arbeit Ihre Transportzeit ebenfalls als eine möglich absolute Zeit hingestellt, aber darauf hingewiesen, dass sie dieses Axiom enthält, das in prinzipiellen Gegensatz zur Relativitätstheorie tritt, und mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit falsch ist.[55] Vor allem schon deshalb, weil eine bewegte Uhr stets Beschleunigungen durchmacht, und für Gravitationsfelder ist der Einfluss schon so gut wie direkt nachgewiesen. (Vgl. Grebe und Bachem, || Ztschr. f. Physik 1920, S. 415)[56] In Ihrer Formulierung wäre das Axiom sogar nicht einmal hinreichend für die Transportzeit, weil Sie es auf gleichförmige Bewegung beschränken wollen.

5) Ihre Einwände gegen Einsteins Ableitung der Lorentztransformation habe ich wiederholt gelesen (S. 219), aber ich muss sagen, dass ich mich vergeblich bemüht habe, den Fehler bei Einstein zu finden, von dem Sie sprechen. Wo hätte denn Einstein jemals behauptet, dass die Grösse ξ' (in Ihrer Terminologie) die Koordinate in S bedeutete?[57] Das wäre allerdings ein grober Fehler; aber glauben Sie wirklich, dass der Schöpfer der Relativitätstheorie ihn machen könnte? Und was soll es heißen, dass ξ' von w abhängt? Ist die Koordinate des reflektierenden Spiegels in S durch einen Stab markiert, so hängt ξ' allerdings von w ab. Man kann das auch umkehren: ist ξ' in K definiert durch $\xi' = \xi - w\tau$, so hängt das zugehörige x von w ab. Aber was hat denn das mit der Ableitung der Lorentztransformation zu tun? ξ' ist als reine Rechengrösse definiert durch $\xi' = \xi - w\tau$. Man kann, wenn man auf jede anschauliche Bedeutung dieser Grösse verzichtet, die Einsteinsche Deduktion durchführen. Was soll denn da für ein Fehler sein?

Noch seltsamer aber erscheint mir Ihre Behauptung, dass die von Ihnen gegebene Ableitung auf die Voigtsche Zeit führt. Ihr Resultat (126) ist nämlich vollkommen identisch mit den Einsteinschen (113).[58] Denn die Grösse a ist

54 Adler (1920), S. 137: „Lehrsatz über die Transportabilität der Uhren: Die Angaben der verwendeten Uhren sind unabhängig vom Bewegungszustand des Bezugssystems, wenigstens falls letzterer ein beschleunigungsfreier ist".

55 Reichenbach (1922b), insb. S 116.

56 Siehe Grebe und Bachem (1920) sowie Hentschel (1992a).

57 In Einstein (1905), S. 898 wird die Größe $\xi' = \xi - vt$ zur übersichtlicheren Gestaltung einer Zwischenrechnung eingeführt - vgl. das Zitat in Adler (1920), S. 217 f.

58 Adlers Formel (126) besagt: $t = a(\tau - \frac{w}{c^2}\xi)$ im Unterschied zu Einsteins

keine Konstante, sondern eine Funktion von w und c (Einstein sagt a = φ(υ));[59] der Nenner von (113) gibt, in a einbezogen, das a von (126). Sie hätten in (126) richtiger a' setzen sollen, dann ist $a' = \frac{a}{1 - w^2/c^2}$. Die Differentialgleichung (125) und (110) lässt eben die Lösung bis auf eine ganz beliebige Funktion φ (w,c) unbestimmt. Würde Sie Ihre Lösung (126) nach dem Ein-||steinschen Verfahren weiter verfolgen, so finden Sie eben nicht $a' = 1$, sondern $a' = \frac{1}{1 - w^2/c^2}$, und erhalten die Einsteinschen Gleichungen. Sie beweisen also nur, dass man auch durch Ausschaltung der Grösse ξ' die Lorentztransformation ableiten kann, aber darum ist die andere Ableitung doch nicht inkorrekt.

Erlauben Sie mir zum Schluss eine prinzipielle Bemerkung. Ich habe mich gewundert, dass Sie soviel Scharfsinn auf den vergeblichen Plan verwant haben, die Relativitätstheorie zu widerlegen. Warum haben Sie nicht den gleichen Scharfsinn lieber verwandt, sie unbefangen zu prüfen? Sie sprechen im Vorwort die Hoffnung aus, zu einer Verständigung mit der Einsteinschen Schule zu gelangen. Warum haben Sie diese Verständigung nicht vor Veröffentlichung Ihres Buches gesucht? Ich bitte Sie, mir diese offene Sprache zu verzeihen, ich würde Sie niemand gegenüber anwenden, vor dessen Charakter ich nicht eine so unbedingte Hochachtung hätte. Ich weiss, dass Sie Einstein nicht aus „antirevolutionärem Instinkt" und nicht aus persönlichen Gründen bekämpfen. Warum glauben Sie, dass dieser grosse Denker, der als erster die Probleme von Raum und Zeit wirklich zu lösen vermochte, über die Grundlagen seiner Theorie sich unklar wäre? Ich glaube, dass ein Briefwechsel mit ihm, ein Gespräch genügt hätte, um Ihre Einwände zu entkräften. Der Vorwurf (S. 216), eine Fülle von Arbeit auf ein vergebliches Bemühen verwandt zu haben, fällt auf sie zurück. Ich will auch für Ihr Buch gern das am Schluss Ihres Vorwortes zitierte Machsche Wort gelten lassen,[60] denn Ihre scharfsinnige Kritik trägt zweifellos zur Klärung der gedanklichen Grundlagen der neuen Physik bei. Aber war es nicht möglich - verzeihen Sie mir - diese Kritik in weniger oppositioneller Absicht vorzunehmen? Warum || sagen Sie, dass die Relativitätstheorie falsch sei: Sie konnten höchstens sagen: sie enthält die und die Voraussetzungen, und jene scheinen mir problematisch. Aber was haben Sie dem wundervollen Gedankenbau Einsteins an positiven Erkenntnissen entgegenzusetzen, das auch nur annähernd so fest empirisch und im System der Wissenschaft fundiert wäre, wie sein Werk?

$$t = a \cdot \frac{(\tau - \frac{w^2}{c^2}\xi)}{1 - \frac{w^2}{c^2}}.$$

Adlers und Einsteins Raum-Zeit Transformationsformeln unterscheiden sich mithin durch einen Vorfaktor $\gamma = 1/\sqrt{1 - w^2/c^2}$.

59 Siehe Einstein (1905), S. 899.

60 Adler (1920), S. XV f.: „Aber selbst die Irrtümer mancher Menschen sind in ihren Folgen oft fruchtbarer als die Entdeckungen anderer."

Wo ist denn ein ausgezeichnetes System der Elektrodynamik schon einmal aufgezeigt? Und wo wurde Ihr Axiom über den Transport von Uhren bestätigt?

Ich bitte Sie nochmals, in meinem freimütigen Ton keine persönliche Geringschätzung, keine Feindseligkeit zu sehen. Es liegt mir aber daran, Ihnen gegenüber nicht die Gedanken zu verbergen, die ich beim Lesen Ihres Buches schliesslich nicht mehr abweisen konnte.

Ich bin Ihr sehr ergebener
H.R.

B.) Adler an Reichenbach, 6. Mai 1921, hier vollständig wiedergegeben nach dem Original im *Archive for Scientific Philosophy*, Pittsburgh, Reichenbach-Nachlaß, Sign. HR-015-48-02. Zur Orthographie und zu den Seitenumbrüchen im Original siehe die editorischen Bemerkungen vor dem ersten Brief.

Friedrich Adler
Wien VI, Blümelgasse 1
Telephon 8864
Postsparkassenscheck-Konto Nr. 147.606

Wien, am 6. Mai 1921.

Herrn

Dr. Hans Reichenbach,
Privatdozent der Physik,

Stuttgart,
Knospgasse 5.

Sehr geehrter Herr Doktor!

Ich war in der letzten Zeit durch die politischen Ereignisse so stark in Anspruch genommen, dass ich erst heute dazu komme, Ihr ausführliches Schreiben, das mich sehr interessiert hat, zu beantworten.

Zunächst eine persönliche Bemerkung. Ich bin mit Einstein seit über zwanzig Jahren bekannt und befreundet. Wir haben gleichzeitig in Zürich studiert, haben gleichzeitig an der Züricher Universität gelesen und uns auch später noch oft gesehen. meine Arbeit habe ich ihm seinerzeit im Manuskript zugesendet und mit ihm darüber einen ausführlichen Briefwechsel gehabt.[61] Ich konnte aber seinen Argumenten in den wesentlichen Punkten nicht beipflichten. Auch seither haben wir einmal ausführlich gesprochen, ohne dass wir uns über das, worauf es mir ankommt, einigen hätten können. Ein persönlicher Grund für meine Kritik liegt also, wie Sie ja selbst betonen, nicht vor. Aber auch sachlich stand das Problem ursprünglich für mich anders. Ich stand auf dem Machschen Standpunkt der Relativität[62] seit ungefähr 1903 und habe ihn in meinen Vor-

61 Erhalten im Archiv der Arbeiterbewegung, Wien, Friedrich Adler Papiere bzw. in den *Collected Papers of Albert Einstein*, Boston bzw Jerusalem.

62 Dargelegt insb. in Mach (1883).

lesungen in Zürich vertreten und kam sogar in die Lage, ihn gegen Einstein in privaten Diskussionen vertreten zu müssen. Das war ungefähr 1907 oder 1908, wo er die Anwendung der Relativität auf Rotation noch für unmöglich hielt. Ich erzähle das, um klarzustellen, dass es sich bei mir nicht um eine Gegnerschaft gegen das Relativitätsprinzip von vorn-||herein handelt, sondern der Weg ein umgekehrter war. Gelegentlich der neuen Beschäftigung mit der Machschen Relativität, zu der ich in meiner Haft 1916 bis 1918 Zeit fand,[63] kam ich zunächst zu einer kritischen Auseinandersetzung mit Mach, die noch nicht veröffentlicht ist. Die Arbeit über die spezielle Relativitätstheorie Einsteins ist eine Teiluntersuchung für das allgemeinere Problem gewesen. Ich habe also, wie Sie sehen, meine Arbeit durchaus nicht, wie Sie vermuten, „in oppositioneller Absicht" unternommen, sondern im Gegenteil wurde ich nach einer intensiven Beschäftigung, die zwei Jahre voll ausfüllte, zu oppositionellen Ergebnissen geführt. Dass ich das, worauf es mir ankommt, dann pointiert herauszuarbeiten versucht habe, halte ich im Interesse der Klarstellung der Grundlagen der Theorie nur für nützlich.

Wenn Sie sagen, dass ein grosser Denker wie Einstein sich über die Grundlagen seiner Theorie nicht unklar sein könne, so halte ich eine solche Auffassung durch grosse und wichtige Beispiele aus der Geschichte der Naturwissenschaft für widerlegt. Vor allem das für mich naheliegendste Beispiel: Newton. Nach meiner Ueberzeugung enthielt die Formulierung der Newtonschen Prinzipien ausserordentlich viel Metaphysik. Das hat ihn und alle seine Nachfolger nicht gehindert, die unendliche Fülle von Konsequenzen zu ziehen, die die Mechanik darstellt. Und durch Jahrhunderte beschäftigte sich die Welt immer nur mit den Konsequenzen der Newtonschen Auffassungen und nicht mit seinen Prämissen. Erst durch Mach werden zum erstenmal die Axiome über die Masse und über Raum und Zeit ernstlich untersucht und von der Metaphysik befreit.[64] Und auch da wieder vergehen Jahrzehnte, bis die Machschen Auffassung verstanden wird. Und leider ist sie es heute bezüglich des Massenbegriffes noch immer nicht vollständig, ja man kann sogar im letzten Jahrzehnt eine Rückwärtsbewegung der Einsicht des Durchschnitts der Physiker wahrnehmen. Es ist also durchaus kein Vorwurf, wenn man konstatiert, dass sich Einstein und vor allem seine Schule zunächst mit der ganz ausserordentlichen Fülle von Konsequenzen befasste und die kritische Untersuchung || der Prinzipien in den Hintergrund gerückt wurde.

Das, worauf es mir vor allem ankam, war, zu zeigen, dass viel mehr Möglichkeiten mit den Erfahrungstatsachen vereinbar sind, als es die Einsteinsche Theorie in den üblichen Darstellungen gelten lassen will. Ueber die Frage, ob γ von 1 abweicht (γ in meiner terminologie),[65] ist durch die Erfahrung noch

63 Siehe den Niederschlag in Adler (1918).

64 Siehe insb. Mach (1883).

65 Siehe Adler (1920), S. 34 zur Definition der 'Hilfsgröße' γ bei Zusammensetzung zweier Geschwindigkeiten w und w': $\gamma := \sqrt{\frac{1 - w^2/c^2}{1 - w'^2/c^2}}$.

in keiner Weise entschieden. Und solange dies nicht entschieden ist, ist es notwendig, alle Möglichkeiten gleichermassen zur Diskussion zu stellen und vor allem den Schein zu vermeiden, als ob sich für die anderen Möglichkeiten nicht auch ein logisch geordnetes System darstellen liesse. Dass eine derartige breitere Darstellung bisher unterblieb, hatte seinen Grund, wie ich gezeigt zu haben glaube, nicht allein in der Befangenheit der Schüler Einsteins, sondern auch in der mangelhaften theoretischen Klärung der anderen Möglichkeiten, insbesondere in dem Fehlen jener Interpretation von l, die ich gegeben.[66]

An meiner kritischen Untersuchung scheint mir das Wesentliche, dass sie das Relativitätsprinzip als solches gar nicht in Frage stellt, sondern nur untersucht, ob die Einsteinschen Aufstellungen tatsächlich den Bedingungen dieses Prinzips genügen. Ich untersuche also gar nicht an dieser Stelle, ob das Relativitätsprinzip erfüllt ist, sondern ich suche nur zu zeigen, dass es durch die Einsteinsche spezielle Relativitätstheorie nicht erfüllt wird.

Es werden die ausgezeichneten Eigenschaften in die unabhängigen Variablen verlegt. Ich leugne nicht, dass es sehr vieler Geduld bedarf, um diese ausgezeichneten Eigenschaften vollkommen zu durchschauen. Die Einsteinsche Theorie ist das kunstvollste Vexierspiel, das denkbar ist. Immer wieder gleitet die Kritik ab, und die Theorie scheint sich immer wieder zu behaupten. Wirklich physikalisch gesehen, besteht aber der Doppelcharakter, den aufzuzeigen ist mich bemüht habe.

Methodologisch scheint mir das wichtigste Hilfsmittel, um || zur wirklichen Einsicht zu gelangen, die Ausdehnung der Betrachtung von zwei Systemen auf drei Systeme. Solange man sich auf zwei Systeme beschränkt, wird man immer wieder in die Irre geführt.

Das entscheidende Problem ist: Handelt es sich um Eigenschaften des Synchronismus (das heißt Eigenschaften, die durch die durch menschliche Hand hergestellte Uhrzeigerstellung hervorgerufen werden) oder handelt es sich zum Eigenschaften der Uhren, die von System zu System variieren und eine Naturerscheinung darstellen? Handelt es sich also, kurz gesagt, wie ich es darstellte, um ein Problem des Zeitpunktes oder ein Problem der Zeiteinheit?

Wären die Längen- und Zeitkontraktionen durch den Synchronismus allein aufklärbar, so wäre damit dem Relativitätspostulat vollkommen genügt. Dies ist jedoch nicht der Fall, da Einstein ja selbst explicite darlegt, dass Zeitkontraktionen stattfinden, die nicht sekundär sind,[67] und eine genauere Ueberlegung lehrt, dass auch Längenkontraktionen vorausgesetzt sind, die nicht sekundär sind. Eine relativistische Erfassung von Kontraktionen, die nicht sekundär sind, ist für mich eine unüberwindliche Denkschwierigkeit. Und ich habe aus der ganzen Literatur die Ueberzeugung gewonnen, dass diese Denkschwierigkeit nur für

66 Die Größe l ist der in der Wahl der Raum-Zeit Transformationsformeln zunächst noch unbestimmte Vorfaktor, der für Einstein 1, für Adler aber $1/\gamma$ beträgt.

67 Siehe Adler (1920), S. 10 zum Unterschied von 'primären' und 'sekundären' Längenkontraktionen in seiner Terminologie, erstere betreffen die Raumkoordinate als solche und kommen in realen Veränderungen der Maßstäbe zum Ausdruck, letztere sind vollständig auf die Definition der Zeitkoordinate zurückzuführen

jene nicht besteht, die das Problem umgehen, die die Auseinandersetzung in den Einzelheiten, die notwendig auf den physikalischen Doppelcharakter führt, den ich aufzuzeigen mich bemüht habe, vermeiden. (Dieser entscheidende Punkt ist im § 33 meiner Abhandlung deutlich hervorgehoben.)

Was nun Ihre Einwände im einzelnen betrifft, so kann ich nur einen als berechtigt anerkennen. Die galvanometrische Methode der Längenmessung ist zur Entscheidung über Lorentz-Kontraktionen wegen deren Grössenordnung unverwendbar. Sie sind stets so klein $\left(\frac{x_1 x_2}{c} \cdot \frac{v^2}{c^2}\right)$, dass das Zeitintervall zwischen den beiden Kontakten $\left(\frac{x_1 x_2}{c} \cdot \frac{c}{2c}\right)$ immer kleiner ist als die Zeit, die die elektrische Störung entlang der Stab-||länge erfordert $\left(\frac{x_1 x_2}{c}\right)$. Durch die Unanwendbarkeit der galvanometrischen Methode in diesem Falle wird die drastische Darstellung, wie ich sie S. 127 gegeben, unmöglich, worauf es mir aber prinzipiell ankam, wird dadurch nicht berührt. Es handelte sich um die Herausarbeitung des symmetrischen Falles, der mir als der physikalisch wesentliche erscheint. Die beiden Stäbe sind in der Ruhe verglichen gleich lang, sie sind von K aus gesehen, das heisst vom Symmetralsystem aus gesehen, gleich lang, und es scheint mir, dass sie für alle physikalischen Beziehungen im engeren Sinne als gleich lang zu werten sind. Dieses physikalisch Wesentliche tritt übrigens in einer anderen Analogie ganz plastisch hervor. Nehmen wir zwei Stäbe, die aneinander abgeglichen gleich lang sind. Legen wir sie dann parallel zueinander in einen gewissen Abstand. Dann wird der Beobachter, der sich auf der Mitte des einen Stabes postiert, infolge der Perspektive den anderen Stab verkürzt sehen. Ein Beobachter auf der Mitte der zweiten Stabes wird wieder den ersten Stab verkürzt sehen. Ein Beobachter in der Mitte zwischen beiden Stäben wird beide als gleich lang werten. Physikalisch ist nur die Beobachtung des letzteren Beobachters wesentlich. Was für die Raumperspektrive gilt, gilt ebenso für die durch die Einsteinsche Uhrzeigerstellung hervorgerufene „Zeitperspektive". Die Hervorhebung der Wichtigkeit des symmetrischen Falles, der in der Physik stets eine ganz ausserordentliche Rolle gespielt hat (siehe Mach), muss auch bei der Relativitätstheorie stattfinden.

Ad 2). Sie glauben, meine Darlegungen über die Abgangszeit durch einen Widerspruch gegen den Grundsatz, dass die Lichtgeschwindigkeit die obere Grenze ist, widerlegen zu können, indem Sie behaupten, dass die starre x-Achse des Systems nur in Bewegung versetzt werden kann, wenn „sie an einem Punkt angepackt" wird, und dass „eine gewisse Zeit verstreicht, bis die Wirkung überall eintrifft." || Wir haben aber diese Fernwirkung des In-Bewegung-Setzens gar nicht nötig, sondern können uns, um die bekannten Eisenbahnbeispiele zu verwenden, etwa vorstellen, dass wir auf zwei Geleisen [sic] nebeneinander zwei Serien von Lokomotiven aufgestellt haben und die Verfügung treffen, dass diese Lokomotiven, wenn an dem am Bahndamm aufgestellten Uhren $t = 0$ abgelesen wird, sich, und zwar in entgegengesetzter Richtung, in Bewegung setzen. Frage

ist, welche Zeit zeigen die auf den Lokomotiven befindlichen Uhren, respektive um wieviel muss der Uhrzeiger einer jeden Uhr verschoben werden, wenn sie, nachdem die Systeme in Bewegung sind, synchron gemacht werden. Da besteht doch kein Zweifel, dass man auf Grund der Einsteinschen Gleichungen nur zu den von mir berechneten Abgangszeiten kommen kann. Das für mich wesentliche Problem ist nicht die „absolute Bestimmung der Gleichzeitigkeit", sondern die Herausarbeitung der Bedeutung, die die Synchronisierung der Uhren nach Einsteinscher Methode hat.

Ad 3). In der Konstatierung, dass die Erfahrungstatsachen nicht die gleiche Lichtgeschwindigkeit für alle Systeme bedingen, sind Sie ja einer Meinung mit mir, [insofern] erübrigt sich also die Diskussion. Wenn Sie glauben, ich schliesse die Möglichkeit, dass *c* für alle Systeme bei unveränderten Uhren gleich sei, überhaupt aus, so ist das wohl ein Missverständnis meiner Darstellung. In meinem § 36 handelt es sich nur darum, die Möglichkeit innerhalb des Einsteinschen Gedankenkreises darzulegen. Da für Einstein bei kontrahierter Zeiteinheit für alle Systeme *c* gleich ist, müsste notwendig bei nichtkontrahierter Zeiteinheit *c* variieren.

Ad 4). Wenn Sie behaupten: „Dass die Bewegung keinen Einfluss auf die Uhren hat, ist genau so gut eine Hypothese wie die Einsteinsche", so ist das sicher richtig. Wenn Sie aber meine Hypothese als eine „neue" bezeichnen, so klingt das einigermassen komisch. Denn Sie werden wohl selbst zugeben, dass, wenn vor Einstein jemand über-||haupt eine Formulierung vorgenommen hätte, jeder Mensch nur meine Formulierung als den Ausdruck des absolut Selbstverständlichen angenommen und die Einsteinsche Formulierung als hellen Wahnsinn bezeichnet hätte. Nur in der Form der „unabweisbaren Konsequenz" aus seiner Theorie konnten sich schliesslich viele mit ihr befreunden. Wenn Sie sagen, dass die Einsteinsche Hypothese „durch ein riesiges Gerüst von Erfahrungen bestätigt" ist und die von mir formulierte Hypothese „mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit falsch ist", so liegen diese Urteile vollkommen im Bereite Ihrer subjektiven Wertung, denn die Erfahrung hat weder über die eine noch über die andere Hypothese irgend etwas entschieden. Sie lassen sich da durch Ihre Leidenschaft für die Einsteinsche Theorie dazu hinreissen, zu vergessen, dass mit den Erfahrungstatsachen auch andere Theorien vollkommen vereinbar sein können. Dass die Erfahrung also bisher weder über die Theorien als Ganzes und noch viel weniger über einzelne Hypothese in den Theorien entschieden hat [sic]. Methodologisch scheint es mir zur Klarstellung der Probleme von grösster Wichtigkeit, dass das Problem des verschiedenen Uhrenganges an die Stelle in der Theorie gerückt wird, worin es gehört, nämlich als Hypothese auftritt und nicht als „Konsequenz" wie in der Einsteinschen Darstellung. Dass eine derartig einschneidende Hypothese bloss als Nebenprodukt einer Theorie auftritt, ist ein auf die Dauer unhaltbarer Zustand. Insbesondere wenn gerade diese Hypothese es ist, die das intellektuelle Unbehagen in stärkstem Masse provoziert hat und, wie ich überzeugt bin, auch immer wieder provozieren wird müssen. Denn wie schon gesagt: relativistisch ist diese Hypothese nicht möglich.

Wenn Sie sich darüber beklagen, dass ich die Transportzeit auf gleichförmige Bewegung beschränkte, so ist dies ungerechtfertigt, da ich streng darauf gesehen haben, alle Entwicklungen auf die spezielle Relativitätstheorie zu beschränken und vor allem die Analogie zu den Einsteinschen Darlegungen hervortreten zu lassen.||

Ad 5). Wie ich besonders hervorhob (S. 17), ist die Frage der Ableitung der Einsteinschen Gleichungen in den Anhang verwiesen, da sie vollständig unabhängig von den anderen Entwicklungen ist. Wenn Sie behaupten, dass ξ' bei Einstein keine Koordinate, sondern eine „reine Rechnungsgrösse" ist, so möchte ich vor allem gerne wissen, wie man das macht, wenn man einen Lichtstrahl zu einer „reinen Rechnungsgrösse" hinsendet. Denn ich lese bei Einstein (bei mir zitiert S. 218): „vom Anfangspunkt des Systems aus werde ein Lichtstrahl zur Zeit t_1 längs der x-Achse nach ξ' gesandt und von dort zur Zeit t_2 nach dem Koordinatenursprung reflektiert." (In meiner Terminologie.) Da Sie selbst sagen, dass es „allerdings ein grober Fehler" wäre, wenn Einstein ξ' als Koordinate in S auffasste, so erübrigt sich wohl die weitere Diskussion über diesen Punkt.

Entschuldigen Sie die flüchtige Skizzierung der Gedanken, die Ihr Schreiben bei mir hervorrief! Leider bin ich mit Arbeit so belastet, dass ich momentan nicht gründlicher darauf eingehen konnte. Aber ich hoffe, das Wesentliche angedeutet zu haben.

Mit dem Ausdruck vorzüglichster Hochachtung

Ihr ergebener
F. Adler