

III

Wir wollen uns jetzt Einsteins eigener Darstellung der speziellen Relativitätstheorie zuwenden, zunächst aber nur die methodologischen Ansätze untersuchen, die darin zum Ausdruck kommen. Es geht wieder um den Widerstreit des axiomatischen Ansatzes und des heuristischen Ansatzes in Einsteins Denken.

(I) Zunächst einige kurze Zitate.²⁰² Einstein beginnt seine Abhandlung mit der Aussage, eine Theorie, die vom Begriff der ‚absoluten Ruhe‘ ausgehe, führe in der Anwendung auf bewegte Körper zu Asymmetrien. Diese Aussage begründet er knapp und, wie ich meine überzeugend mit empirischen Beispielen. Sodann äußert er die ‚Vermutung‘,

„daß dem Begriffe der absoluten Ruhe nicht nur in der Mechanik sondern auch in der Elektrodynamik keine Eigenschaften der Erscheinungen entsprechen, sondern daß vielmehr für alle Koordinatensysteme, für welche die mechanischen Gleichungen gelten, auch die gleichen elektrodynamischen und optischen Gesetze gelten.“

Diese Vermutung, die er als ‚Prinzip der Relativität‘ bezeichnet, erhebt Einstein sodann zur ‚Voraussetzung‘ und führt unmittelbar anschließend die weitere ‚Voraussetzung‘ ein,

²⁰¹ Vgl. Max Planck, *Vorlesungen über die Theorie der Wärmestrahlung* (1906), S. 163f.

²⁰² Einstein, *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*, *Annalen der Physik* Bd. 17 [1905], S. 891ff. Die Abhandlung ist hier im Anhang vollständig wiedergegeben.

„daß sich das Licht im leeren Raume stets mit einer bestimmten, vom Bewegungszustand des emittierenden Körpers unabhängigen Geschwindigkeit V fortpflanze.“

An sie schließt sich die schon mehrfach zitierte Verheißung an:

„Die Einführung eines ‚Lichtäthers‘ wird sich insofern als überflüssig erweisen, als nach der zu entwickelnden Auffassung weder ein mit besonderen Eigenschaften ausgestatteter ‚absolut ruhender Raum‘ eingeführt, noch einem Punkte des leeren Raumes, in welchem elektromagnetische Prozesse stattfinden, ein Geschwindigkeitsvektor zugeordnet wird.“

(2) Diese Zitate sollen fürs erste genügen. Der *heuristische* Ansatz in Einsteins Denken kommt darin zum Ausdruck, daß er gleich zu Beginn seiner Abhandlung zwei Annahmen kurzerhand und ausdrücklich zu ‚Voraussetzungen‘ erhebt, ohne sie inhaltlich zu rechtfertigen. Die eine liegt in seinem ‚Prinzip der Relativität‘, also in der Annahme, daß „für alle Koordinatensysteme, für welche die mechanischen Gleichungen gelten, auch die gleichen elektrodynamischen und optischen Gesetze gelten.“ Sinngemäß besagt sie, daß die Naturgesetze, die hier auf unserer Erde gelten, im ganzen Universum Gültigkeit beanspruchen. Und die andere ist die Annahme, „daß sich das Licht im leeren Raume stets mit einer bestimmten, vom Bewegungszustand des emittierenden Körpers unabhängigen Geschwindigkeit V fortpflanze.“ Einstein bezeichnet sie wenig später als das *Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit*.²⁰³

Im gegebenen Zusammenhang und aus Einsteins Sicht sind beide ‚Voraussetzungen‘ wohl als empirische Annahmen zu verstehen, denn den Ausdruck ‚Koordinatensysteme‘ verwendete Einstein auch für Räume, in denen sich physikalische Körper, beispielsweise also Planeten befinden können. Und das Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit enthält eine Behauptung über das tatsächliche Verhalten des Lichts. Beide ‚Voraussetzungen‘ werden in seiner Abhandlung mit keinem Wort begründet oder aus anderen Erkenntnissen abgeleitet. Sie sollen, so muß man ihn wohl verstehen, durch die Ergebnisse, die sich aus ihnen ableiten lassen, von selbst überzeugen. Im Sinne der Popperschen Theorie könnte man diese ‚Voraussetzungen‘ also als Hypothesen bezeichnen, deren Überprüfung durch gezielte Experimente nunmehr anzustreben wäre.

Die wenigen Sätze, die ich zitiert habe, deuten aber auch an, daß Einstein mit solchen heuristischen Ansätzen seinen *axiomatischen* Ausgangspunkt keineswegs verlassen wollte. Im Gegenteil, die Tatsache, daß er Aussagen über den ‚Begriff der absoluten Ruhe‘ und über ‚Koordinatensysteme‘ an den Anfang seiner Abhandlung stellte, läßt bereits ahnen, daß er die Lösung seiner Probleme eher in Begriffen und Zahlen suchte, als in physikalischen Erscheinungen, und daß er

²⁰³ aaO.

auch zwischen der *Erklärung* solcher Erscheinungen und ihrer *Beschreibung* in mathematischen Formeln nicht scharf unterschied.²⁰⁴

(4) Diese Tendenz äußert sich im weiteren Verlauf des Aufsatzes besonders in dem, was Einstein *nicht* erörtert. Seine Auslassungen verdienen hier ausnahmsweise mindestens ebensoviel Aufmerksamkeit wie seine Darlegungen.

Die Abhandlung *Zur Elektrodynamik bewegter Körper* betraf Fragen, die in Einsteins Zeit mit der Theorie des Lichts aufs engste verknüpft waren. Diese wiederum ging, wie wir im 5. Kapitel gesehen haben, seit Huygens von der Ätherhypothese aus. Da Einsteins erklärtes Ziel darin bestand, „die Einführung eines ‚Lichtäthers‘ ... als überflüssig (zu) erweisen,“ hätte man also von einem gewissenhaften Forscher unter diesen Umständen eigentlich erwarten sollen, daß er den Phänomenen des Lichts in seinen Untersuchungen ganz besondere Aufmerksamkeit widmet, denn die Äthertheorie hatte ja gerade wegen dieser Phänomene, insbesondere wegen der Entdeckungen der Interferenzen und der Polarisation seit dem Beginn des 19. Jahrhundert neue Überzeugungskraft gewonnen.

Aber erstaunlicherweise geschah nichts dergleichen. Die physikalischen Erscheinungen, die aus der Sicht eines Empirikers am stärksten *für* die Ätherhypothese sprechen, werden in Einsteins Abhandlung nichteinmal erwähnt. Youngs Doppelschlitzexperiment, das als Entdeckung der Lichtinterferenz gilt, oder das Phänomen der Polarisation, das ebenfalls für die Wellentheorie des Lichts spricht und in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts so viele Physiker darin bestärkte, die Äthertheorie zu akzeptieren, kommen in der ganzen Abhandlung nicht vor, Huygens' und Faradays Erklärung der Phänomene des Lichts in Analogie zum Schall natürlich erst recht nicht. Alle wichtigen physikalischen Entdeckungen des 19. Jahrhunderts, die sich auf Licht und auf Strahlungen beziehen, bleiben in Einsteins Aufsatz unerwähnt. Noch weniger wird erörtert, wie man sie etwa ohne die Ätherhypothese erklären könnte. Wer dies nicht glauben will, mag den Aufsatz selbst nachlesen.²⁰⁵

Ein solches Vorgehen, bei dem die wichtigsten Gegenargumente in einer wissenschaftlichen Abhandlung kurzerhand ignoriert werden, wäre normalerweise wohl nicht nur in der Physik, sondern in jeder ernsthaften Wissenschaft nicht nur als bedenklich sondern geradezu als unseriös anzusehen. Wer Einstein gegen diesen Vorwurf in Schutz nehmen will, kann m. E. nur auf seinen bedingungslosen Glauben an die axiomatische Methode verweisen. Ich wüßte jedenfalls keine andere Entschuldigung für eine wissenschaftliche Darstellung, die wichtige und Gegenargumente einfach verschweigt. Aber auch diese Entschuldigung offenbart die Grenzen, die ihm gesetzt waren.

Wer bei Einstein nach *Erklärungen* für physikalische Erscheinungen sucht, insbesondere nach Erklärungen für Phänomene wie Interferenzen oder die Polarisation, oder auch für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, und wer dement-

²⁰⁴ Die methodologische Bedeutung der Unterscheidung habe ich zu Beginn des *Ersten Hauptteils, Abschn. I* (S. 20 Fußn. 20) dargelegt.

²⁰⁵ Er kann auf der Homepage eingesehen werden.

sprechend von ihm eine kritische Diskussion solcher Erscheinungen erwartet, hat ihn gründlich mißverstanden. Einstein wollte gar nichts erklären, jedenfalls nicht in dieser Abhandlung. Schon gar nicht wollte er Neues entdecken, denn das hätte bedeutet, daß er Bekanntes durch Unbekanntes hätte erklären müssen,²⁰⁶ und das widersprach seiner Vorstellung von der Physik als einer ‚exakten Wissenschaft‘ wirklich diametral.

Vielmehr wollte Einstein *Rechenansätze* aufstellen. Er wollte das, was er für gesichertes menschliches Wissen hielt, nach Maxwells Vorbild in exakten mathematischen Ausdrücken erfassen. Deshalb suchte er mit aller Kraft, die ihm gegeben war, nach zuverlässigen Ausgangsgrößen, um die mathematischen Gleichungen zu formulieren, mit denen die Bewegungen physikalischer Körper unter Berücksichtigung der Lichtgeschwindigkeit zu berechnen wären. Und da er dieser Ausgangsgrößen nicht *begründen* konnte, erhob er sie kurzerhand zu ‚Voraussetzungen‘. Sie waren die Axiome, von denen er ausging, und er hielt sie für wahr, weil eine exakte Berechnung ohne sie nicht möglich gewesen wäre. Der Widerspruch zwischen einer Methode, die ihre grundlegenden Aussagen auf deduktivem Wege aus *vorher* zuverlässig gesicherten Wahrheiten gewinnt, und einer Methode, die sich um die Ableitung ihrer Aussagen nicht kümmern muß, weil diese *nachträglich* anhand der Erfahrung kritisiert werden, scheint ihm nicht aufgefallen zu sein. Jedenfalls hat er ihn offenbar nicht gestört.

IV

Der dargestellte Widerspruch ist in den gedanklichen Ansätzen angelegt. Deshalb muß er sich zwangsläufig auch in den mathematischen Formeln niederschlagen. Um das zu zeigen möchte ich jetzt die mathematischen Ansätze der speziellen Relativitätstheorie diskutieren, also die ‚Voraussetzungen‘, von denen sie ausgeht.

Nimmt man Einsteins Text wörtlich, so soll seine Theorie nur *zwei Annahmen* voraussetzen, nämlich die beiden oben bereits erwähnten ‚Voraussetzungen‘, daß „für alle Koordinatensysteme, für welche die mechanischen Gleichungen gelten, auch die gleichen elektrodynamischen und optischen Gesetze gelten,“ und

„daß sich das Licht im leeren Raume stets mit einer bestimmten, vom Bewegungszustand des *emittierenden* Körpers unabhängigen Geschwindigkeit V fortpflanzt.“ (meine Hervorhebung).

Nur die letztgenannte ‚Voraussetzung‘ muß uns hier interessieren, also das das Prinzip der *Konstanz der Lichtgeschwindigkeit*. Es enthält zugleich diejenige Aussage, die Nichtphysikern auch heute noch die größten Schwierigkeiten bereitet. Wir müssen es deshalb sehr genau untersuchen, denn an ihm setzt die Verschie-

²⁰⁶ Zur Erklärung des Bekannten durch das Unbekannte vgl. Karl Popper, *Realism and the Aim of Science* (1983), S. 132; auch v. Mettenheim, *Popper versus Einstein* (1998), S. 105ff.

bung der Begriffsinhalte nach Art des Rommel-Beispiels an, die bei Einstein so oft zu beobachten ist.²⁰⁷

Einsteins ‚Voraussetzung‘ drückt zunächst dasselbe aus, was wir auch beim Dopplereffekt des Schalls bereits kennengelernt haben, nämlich die Unabhängigkeit der Ausbreitungsgeschwindigkeit von der *Quelle* des Lichts bzw. des Schalls²⁰⁸; das zeigt meine Hervorhebung in dem zuletzt zitierten Text. Daß die Ausbreitung des Schalls, nachdem er die Schallquelle verlassen hat, nur noch von dem transportierenden Medium bestimmt wird, haben wir oben gesehen. Warum sollte es beim Licht anders sein? Bis zu diesem Punkt steht also die ‚Voraussetzung‘, von der Einstein ausging, mit der physikalischen Erfahrung gut in Einklang.

Aber Einstein blieb nicht bei dieser Aussage sondern setzte seine ‚Voraussetzung‘ in mathematische Gleichungen ein, die, ohne daß er dies bemerkte, eine inhaltlich andere Annahme voraussetzten. Und damit nahm das Unheil seinen Lauf.

(1) Einstein suchte nach einer Theorie der *Messung* von Entfernungen und Geschwindigkeiten. Am Anfang stand für ihn die Frage, wie sich die *Gleichzeitigkeit* von Ereignissen unter Berücksichtigung der Lichtgeschwindigkeit tatsächlich messen läßt. Um die dazu nötigen mathematischen Ansätze formulieren zu können benötigte er klare Ausgangsgrößen. Deshalb definierte er in § 1 des Aufsatzes zunächst die Gleichzeitigkeit zweier Ereignisse, die sich an den Raumpunkten *A* und *B* eines Koordinatensystems ereignen, an dessen Enden sich ‚Uhren‘ befinden. Dazu schickte er voraus:

„Wir nennen dies Koordinatensystem zur Unterscheidung von später einzuführenden Koordinatensystemen und zur Präzisierung der Vorstellung das „ruhende System“.

Seine nachfolgende Definition der Gleichzeitigkeit bezog sich also ausdrücklich auf die Raumpunkte eines *ruhenden* Systems. Das ist für die weitere Diskussion wichtig. Er schrieb wenig später:

„Es ist aber ohne weitere Festsetzung nicht möglich, ein Ereignis in *A* mit einem Ereignis in *B* zeitlich zu vergleichen; wir haben bisher nur eine ‚*A*-Zeit‘ und eine ‚*B*-Zeit‘, aber keine für *A* und *B* gemeinsame Zeit definiert. Die letztere Zeit kann nun definiert werden, indem man *durch Definition* festsetzt, daß die ‚Zeit‘, welche das Licht braucht, um von *A* nach *B* zu gelangen, gleich ist der ‚Zeit‘, welche es braucht, um von *B* nach *A* zu gelangen. Es gehe nämlich ein Lichtstrahl zur ‚*A*-Zeit‘ t_A von *A* nach *B* ab, werde zur ‚*B*-Zeit‘ t_B in *B* gegen *A* zu reflektiert and gelange zur ‚*A*-Zeit‘ t'_A nach *A* zurück. Die beiden Uhren (scil. die er sich an den Orten *A* und *B* aufgestellt denkt) laufen definitionsgemäß synchron, wenn

²⁰⁷ Zum Rommel-Beispiel vgl. oben Kap. 6, III, 2c (S. 124f).

²⁰⁸ Oben Kap. 5, II, 2c (S. 106f.).

$$t_B - t_A = t'_A - t_B \quad (1)$$

....

Wir setzen noch der Erfahrung gemäß fest, daß die Größe

$$\frac{\overline{2AB}}{t'_A - t_A} = V \quad (2)$$

eine universelle Konstante (die Lichtgeschwindigkeit im leeren Raume) sei."

Obwohl sich also die Definition der Gleichzeitigkeit in den Gleichungen (1) und (2) nach der ausdrücklich beigegebenen Erklärung auf *ruhende* Systeme bezogen, übertrug Einstein sie im nächsten Abschnitt (§ 2) unter der Zwischenüberschrift ‚Über die Relativität von Längen und Zeiten‘ auf ein *bewegtes* System \overline{AB} , an dessen Enden sich wiederum ‚Uhren‘ befinden. In seiner Notation bezeichnet V weiterhin die Lichtgeschwindigkeit und v die Geschwindigkeit des bewegten Systems.

Die Übertragung der Definition der Gleichzeitigkeit von dem ruhenden auf das bewegte System geschah an dieser Stelle keineswegs unbeabsichtigt oder unbemerkt. Vielmehr gab Einstein dafür sogar eine besondere Begründung. Er berief sich nämlich auf das Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und schrieb dazu:

„Wir denken uns ferner, daß sich bei jeder Uhr ein *mit ihr bewegter* Beobachter befinde, und daß diese Beobachter das im § 1 aufgestellte Kriterium für den synchronen Gang zweier Uhren anwenden. Zur Zeit t_A gehe ein Lichtstrahl von A aus, werde zur Zeit t_B in B reflektiert und gelange zur Zeit t'_A nach A zurück. Unter Berücksichtigung des *Prinzips von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit* finden wir:

$$t_B - t_A = \frac{r_{AB}}{V - v} \quad (3)$$

und

$$t'_A - t_B = \frac{r_{AB}}{V + v}, \quad (4)$$

wobei r_{AB} die Länge des bewegten Stabes - im ruhenden System gemessen - bedeutet. Mit dem Stabe bewegte Beobachter würden also die beiden Uhren nicht synchron gehend finden, während im ruhenden System befindliche Beobachter die Uhren als synchron laufend erklären würden.

Wir sehen also, daß wir dem Begriffe der Gleichzeitigkeit keine ‚absolute‘ Bedeutung beimessen dürfen, sondern daß zwei Ereignisse, welche, von einem Koordinatensystem aus betrachtet, gleichzeitig sind, von einem relativ zu diesem System

bewegten System aus betrachtet, nicht mehr als gleichzeitige Ereignisse aufzufassen sind.” (kursive Hervorhebungen von mir).

Diese Zitate aus Einsteins Originaltext sollen fürs erste genügen.

(2) Der mathematische Widerspruch zwischen den zitierten Gleichungen liegt in der vorstehenden zusammengezogenen Darstellung auf der Hand. Nach den Regeln der Algebra lassen sich die Gleichungen (3) und (4) in Gleichung (1) einsetzen. Das ergibt die Gleichung

$$\frac{r_{AB}}{V - v} = \frac{r_{AB}}{V + v} \quad (5)$$

Sie läßt sich durch Kürzen der auf beiden Seiten gleichlautenden Zähler in die Gleichungen

$$V - v = V + v \quad \text{oder} \quad +v = -v \quad \text{oder} \quad v \neq v \quad (6a,b,c)$$

umformen, womit der Widerspruch in einer jeden Zweifel ausschließenden Weise mathematisch dargestellt ist. Der einzige Fall, in dem die Gleichung (5) aufgeht, ist der Fall $v = 0$, also der Fall des ruhenden Systems. Würde aber die Anwendung der Gleichungen (3) und (4) auf diesen Fall beschränkt, dann wären sie zum einen keine *Funktionsgleichungen* mehr, die das Verhältnis von Weg und Zeit des bewegten Systems bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten beschreiben, sondern hätten *nur noch* für ruhende Systeme Gültigkeit. Und zum anderen würde sich die Frage stellen, wozu eine Theorie der Relativität der Zeit gut sein soll, die allein für ruhende Systeme gilt.

(3) Den Ursprung des dargestellten Widerspruchs habe ich durch Hervorhebungen in den zitierten Textpassagen schon angedeutet. Er liegt darin, daß Einstein die in der Gleichung (1) verwendeten Ausdrücke $t_B - t_A$ und $t'_A - t_B$, die er nach seiner eindeutigen Erklärung nur für die Definition der Gleichzeitigkeit im *ruhenden* System eingeführt hatte, mit den Gleichungen (3) und (4) auf das *bewegte* System überträgt. Diesen Vorgang wollen wir jetzt noch genauer betrachten.

(a) Die inhaltliche Verschiebung, die mit der Übertragung der für das ruhende System definierten Ausdrücke auf das bewegte System verbunden ist, ist durchaus nicht bedeutungslos. Um das zu sehen, müssen wir nochmals zu der Gleichung (1) $t_B - t_A = t'_A - t_B$ zurückkehren. Sie setzt eine Gleichsetzung der Zeiten von Hin- und Rückweg voraus. Diese Gleichsetzung ist für ruhende Systeme selbstverständlich, aber keineswegs für bewegte Systeme. Beim *Schall* gilt sie beispielsweise nicht.

Das wollen wir uns anhand des Dopplereffekts beim Schall nochmals genauer vor Augen führen.²⁰⁹

Wenn ein Ambulanzfahrzeug A sich mit eingeschalteter Sirene dem am Straßenrand stehenden, also ruhenden Betrachter B mit hoher Geschwindigkeit nähert, ist die Übertragungsdauer des Schallsignals von A nach B von der Geschwindigkeit des Fahrzeugs unabhängig. Sobald die von der Sirene abgegebenen Impulse das Medium Luft einmal in Schwingungen versetzt haben, wird die Ausbreitung von da an nur noch von der Luft bestimmt. Selbst wenn das Fahrzeug im nächsten Moment anhalten oder beschleunigen oder abbiegen sollte, hätte das auf die Fortpflanzung des Schalls keinen Einfluß mehr. Einmal unterwegs, wird er von der Luft transportiert.

Aber für den *umgekehrten* Fall des Signals von B nach A gilt keineswegs dasselbe! Wenn der ruhende Betrachter B seinerseits dem Ambulanzfahrzeug ein Schallsignal entgegendet, ist dessen Übertragungsdauer nicht von der Geschwindigkeit des Ambulanzfahrzeugs unabhängig, denn in diesem Fall ist das Ambulanzfahrzeug nicht Schallquelle sondern Empfänger des Signals. Während das Schallsignal sich ausbreitet, nähert sich das Fahrzeug und *verkürzt* dadurch den Weg und *die Übertragungsdauer* des Signals. Beim Schall gilt also die Gleichung $t_B - t_A = t'_A - t_B$ (1) zwar für ruhende, *aber nicht für bewegte Systeme*. Warum sollte das beim Licht anders sein?

(b) Wir sehen also, daß Einstein seine ursprüngliche Prämisse in dem oben zitierten Text,

„daß sich das Licht im leeren Raume stets mit einer bestimmten, vom Bewegungszustand des *emittierenden* Körpers unabhängigen Geschwindigkeit V fortpflanze,“ (meine Hervorhebung)

mit der Übertragung der Gleichung (1) auf das *bewegte* System stillschweigend modifiziert und durch die Behauptung ersetzt hat,

„daß sich das Licht im leeren Raume stets mit einer bestimmten, vom Bewegungszustand des emittierenden *und des empfangenden* Körpers unabhängigen Geschwindigkeit V fortpflanze.“

Genaugenommen kündigt sich diese Begriffsverschiebung schon in der Gleichung (2) an, denn auch die Definition der Lichtgeschwindigkeit V , die Einstein dort unternimmt, kann nur für ruhende Systeme Geltung beanspruchen. Sie enthält nämlich inhaltlich eine *Durchschnittsberechnung*, deren Ergebnis sich bei wechselnden Ausgangsgrößen verändert. Der im Zähler der Gleichung (2) verwendete Ausdruck $2\overline{AB}$ bedeutet eine Verdoppelung der Strecke von A nach B . Und der im Nenner verwendete Ausdruck $t'_A - t_A$ bezeichnet die Zeitdifferenz zwischen der Absendung des Lichtsignals in A und seiner Rückkehr nach A *nach Reflektion*

²⁰⁹ Vgl. dazu schon oben, 5. Kapitel, Abschn. II, 2c (S. 106f.).

in B. Die Gleichsetzung von doppelter Strecke und doppelter Zeit ist also nur gerechtfertigt, wenn Hin- und Rückweg des Lichts gleiche Zeit in Anspruch nehmen. Das wiederum ist nur im ruhenden System selbstverständlich. Für ein bewegtes System trifft es jedenfalls beim Schall nicht zu. Deshalb kann es beim Licht zumindest nicht selbstverständlich sein.

(5) Als Ergebnis ist also festzuhalten, daß Einsteins Begründung der speziellen Relativitätstheorie auf einer inhaltlichen Begriffsverschiebung nach Art des Rommel-Beispiels²¹⁰ beruht, die sich auch in seinen Gleichungen als mathematischer Fehler niederschlägt. Seine Ableitung der sogenannten Lorentztransformation, also des Systems von Gleichungen, das unter Berücksichtigung des Prinzips der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit eine Umrechnung der Koordinaten von ruhenden und bewegten Systemen ermöglichen sollte, enthält einen inneren Widerspruch, den wir in der Gleichung (6) gesehen haben. Sie ist also mathematisch falsch.

Weil der Ursprung des Fehlers in dem Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit selbst begründet ist, muß derselbe Fehler auch bei jeder anderen Ableitung der Lorentztransformation auftreten, die von diesem Prinzip ausgeht. Das habe ich im Anhang 2 zu diesem Buch am Beispiel von drei anderen Ableitungen der Lorentztransformation, die einem Originaltext von Einstein und zwei modernen Lehrbüchern entnommen sind, demonstriert, weil eine Darstellung an dieser Stelle den Rahmen des Textes sprengen würde.²¹¹

²¹⁰ Vgl. oben, Kap. 6, III, 2c (S. 124f.).

²¹¹ S. 195ff.
