Überlegungen zu einer allgemeingültigen Physik ohne „Kontraktion der Längen“ und „Dilatation der Zeit“

-

.

.

(5) Nicht-relativistische Begründung der „Relativität der Trägheit“

Teil1: Nicht-relativistische Ableitung der „relativistischen“ Formel der kinetischen Energie

Zusammenfassung: Es wird gezeigt, dass die „relativistische“ Formel der kinetischen Energie $E_{kin} = m_0 c^2 (\frac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}} - 1)$ ohne Rückgriff auf die relativistischen Raumzeitannahmen allein aus der Tatsache abgeleitet werden kann, dass die Trägheit des bewegten Körpers nicht nur von der unveränderlichen Ruhemasse abhängt, sondern auch von der geschwindigkeits- und richtungsabhängigen Zunahme des Widerstandes gegen eine transversale Beschleunigung (Impulsmasse) resp. gegen eine longitudinale Beschleunigung (kinetische Energie).

1. Eine allgemeingültige Physik ohne relativistische Raumzeitannahmen muss auch die Formel $kinetische\ Energie = m_0 c^2 (\frac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}} - 1)$ **(1)**

ohne Rückgriff auf diese Annahmen ableiten. Unter dem Begriff „relativistische Raumzeitannahmen“ fasst Verf. die Lorentzschen Raumzeiteffekte („Dilatation der Zeit“ und „Kontraktion der Längen in Bewegungsrichtung“) sowie die Einsteinsche „Krümmung der Raumzeit“ zusammen.

1. 1. Der vorliegende Text solle ursprünglich von der „Relativität der bewegten Masse“ handeln. In neuerer Zeit wird aber der Begriff der „bewegten Masse“ gerade von relativistischer Seite nachdrücklich in Frage gestellt. Den Stand der Diskussion zeigt etwa der Wikipedia-Beitrag „Äquivalenz von Masse und Energie“. Einleitend soll daher begründet werden, warum Verf. an dem Terminus „bewegte Masse“ festhält, obwohl es sachlich richtiger wäre, den allein von der Geschwindigkeit abhängenden Teil der „bewegten Masse“ nicht als „Masse“ zu bezeichnen, sondern als Beitrag der Geschwindigkeit zum Gesamtträgheitswiderstand des bewegten Körpers. Da aber andererseits im Gesamtträgheitswiderstand auch die unveränderliche (in relativistischer Diktion: „lorentzinvariante“) „Ruhemasse“ (genauer: der Trägheitswiderstand der unveränderlichen Ruhemasse) mit enthalten ist, scheint es nicht weniger problematisch, den Ausdruck „bewegte Masse“ überhaupt aufzugeben.

1. 2. Im Zusammenhang mit den Einwänden gegen den Begriff der „bewegten Masse“ wird in der einschlägigen Literatur auch die Anwendung des Äquivalenzprinzips auf die Berechnung von Massen- und Energieäquivalenten bei der Definition der „bewegten Masse“ in Frage gestellt und gefordert, dass die Umrechnung von Masse in Energie und umgekehrt nur auf die Ruheenergie $m_0 c^2$ und ihr Massenäquivalent, die Ruhemasse selber, angewendet werden darf: $m_0 c^2 / c^2 = m_0$ Daher soll zunächst gezeigt werden:

1. 2. 1. Es ist zulässig und möglich, auch dann Beträge von Bewegungsenergie in Massenäquivalente und Massenbeträge in Energieäquivalente umzurechnen, wenn damit Parameter der bewegten Körper wie der Impuls oder die kinetische Energie berechnet werden sollen.

1. 2. 2. Diese Umrechnungsvorschrift bedarf ihrerseits keiner Begründung mit Hilfe der relativistischen Raumzeitannahmen.

2. Die Zulässigkeit der Umrechnung von Energiebeträgen in Massenäquivalente und von Massebeträgen in Energieäquivalente bei der Berechnung der kinetischen Energie folgt bereits aus der Existenz der im vorliegenden Text zur Diskussion stehenden und unstrittigen Formel (1): Wenn die Klammer geöffnet wird, zeigt sich, dass der Subtrahend aus der (angeblich allein zulässigen) Umrechnung der Ruhemasse in die Ruheenergie hervorgeht, der Minuend aber aus der (angeblich nicht zulässigen) Umrechnung der Impulsmasse in die Energie der Impulsmasse: $E_{kin} = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-(v/c)^2}} - m_0 c^2$.

(2)

Wollte man den Term $\frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-(v/c)^2}}$ für unzulässig erklären, weil mit ihm die Impulsmasse in ihr Energieäquivalent umgerechnet wird, dann müsste diese Formel, die im makroskopischen Bereich die kinetische Energie bei beliebiger Geschwindigkeit $< c$ korrekt berechnet, genau so aufgegeben werden, wie früher schon die Formel

$E_{kin} = mv^2/2$, **(3)**

nachdem der Versuch gescheitert war, die einzusetzende Masse zu definieren. (Hierzu ausführlicher in den nachfolgenden Teilen dieses Abschnittes.)

3. Verf. muss darauf verzichten, die relativistische Begründung für den Einwand gegen den Begriff der „bewegten Masse“ kritisch nachzuvollziehen, weil er nicht den Anspruch erheben kann, die relativistische Position von ihren eigenen Voraussetzungen her korrekt zu interpretieren. Er kann nur die Vermutung aussprechen, dass mit dieser Beschränkung auch vermieden werden soll, dass zwei ganz verschiedene Berechnungsfälle auf eine Ebene gestellt werden:

3. 1. Mit der berühmten Einsteinschen Formel $E = m_0 c^2$ wird ausgesprochen, dass in jeder Masse Energie enthalten ist, die nicht nur als spontane elektromagnetische Strahlung, sondern auch durch induzierte Kernfusion oder Kernspaltung (in Teilen) freigesetzt werden kann und deren Massenäquivalent vor der Freisetzung zur Masse des betreffenden Körpers beiträgt (Massendefekt). Diese Äquivalenzbeziehung steht hier nicht zur Diskussion.

3. 2. Die im vorliegenden Text heranzuziehende Äquivalenzbeziehung erklärt die Tatsache, dass der Trägheitswiderstand eines bewegten Körpers und damit seine kinetische Energie nicht allein von seiner (unveränderlichen) „Ruhemasse“ abhängt, sondern auch von seiner Geschwindigkeit. In der einschlägigen Literatur taucht in diesem Zusammenhang immer wieder die Formulierung auf, dass Bewegungsenergie in Masse „umgewandelt“ wird. Soweit die relativistische Kritik sich gegen diese Deutung der geschwindigkeitsabhängigen „Massenzunahme“ wendet, hält Verf. sie für durchaus berechtigt. Man darf aber annehmen, dass auch jene heutigen Autoren,

die von einer „Umwandlung“ von Energie in Masse sprechen, sich damit nur einer anschaulichen Ausdrucksweise bedienen und nicht wirklich sagen wollen, dass der bewegte Körper durch die Bewegung mit zusätzlichen ruhemassebehafteten Teilchen angereichert wird: Es wird schon jetzt in der Physik unter „Masse“ keineswegs allein oder vorrangig die unveränderliche Masse Newtons als „quantitas materiae“ verstanden, sondern die Eigenschaft der Materie (des Stoffes), einer Änderung ihres Bewegungszustandes einen Trägheitswiderstand entgegenzusetzen. Wie das Experiment zeigt, nimmt dieser Trägheitswiderstand geschwindigkeitsabhängig zu. Und diese Zunahme an Trägheit lässt sich z. B. durch das Massenäquivalent eV/c^2 berücksichtigen, das zusammen mit der Ruhemasse die so genannte „transversale Masse“ („Impulsmasse“) ausmacht, die in die Impulsformel $\vec{p} = m\vec{v}$ einzusetzen ist. (Dass auch ein weiteres Massenäquivalent $\frac{eV}{c^2} \cdot \frac{(eV/v^2)}{m_0 + eV/c^2}$ definiert werden kann, das zusammen mit der Impulsmasse jene Masse ergibt, die in die klassische Formel der kinetischen Energie $E_{kin} = mv^2/2$ einzusetzen wäre, wird in den nachfolgenden Teilen dieses Abschnittes gezeigt.) Da außerdem aber der Trägheitswiderstand zunächst vor allem von der unveränderlichen „Ruhemasse“ und erst bei Geschwindigkeiten nicht mehr $<< c$ vor allem von der Geschwindigkeit abhängt, scheint es auch aus dieser Sicht nicht zweckmäßig, den Begriff „Masse“ völlig aus der Bezeichnung des Trägheitswiderstandes des bewegten Körpers zu verbannen.

4. Zu einem vertieften Verständnis einer als Manifestation der Relativität der Trägheit verstandenen „Massenzunahme“ gehört auch ein Blick auf die mathematisch-physikalische Funktion der Massen- und Energieäquivalente.

4. 1. Die Trägheit und damit die kinetische Energie hängt von der Ruhemasse des bewegten Körpers einerseits und der Geschwindigkeit andererseits ab. Diese *ungleichartigen* Größen können in einer „Punktrechnung“ unmittelbar mit einander multipliziert werden, wie dies z. B. in der klassischen Formel (3) der Fall ist. Voraussetzung ist aber, dass sowohl der Massenbetrag, als auch der Geschwindigkeitsbetrag korrekt definiert werden kann. Angesichts der bereits erwähnten Tatsache, dass es bis heute nicht gelungen ist, die in (3) einzusetzende Masse so zu definieren, dass sie im Produkt mit dem halben Geschwindigkeitsquadrat die kinetische Energie bei beliebiger Geschwindigkeit $< c$ korrekt berechnet, wurde schließlich die Berechnung der kinetischen Energie mit Hilfe einer Punktrechnung überhaupt aufgegeben. Als Ersatz für (3) bot sich die Möglichkeit an, die kinetische Energie nicht als Produkt, sondern als Differenz zweier Beträge zu berechnen. Eine derartige „Strichrechnung“ ist aber bekanntlich nur für „gleichartige“ Größen zulässig. Da „Masse“ und „Geschwindigkeit“ oder „Energie“ ungleichartige Größen sind, taucht in den Texten zu diesem Thema gelegentlich der Hinweis auf, dass Äpfel und Birnen nicht zusammengezählt werden können.

4. 2. Um in einer Strichrechnung die ungleichartigen Größen Masse und Energie verwenden zu können, müssen sie zunächst gleichartig gemacht werden. Das geschieht über eine Umrechnung der Energie in ihr Massenäquivalent resp. der Masse in ihr Energieäquivalent. An diese Schulweisheit wurde hier in einiger Ausführlichkeit erinnert, weil schon aus ihr die Unverzichtbarkeit einer Berechnung von Massen- und Energieäquivalenten bei der Bestimmung der kinetischen Energie aus (1) folgt.

5. Die für eine solche Berechnung erforderlichen Umrechnungsfaktoren c^2 und $1/c^2$ wurden aus der Erfahrung abgeleitet. Die nachfolgende Skizze erhebt nicht den Anspruch einer wissenschaftsgeschichtlichen Darstellung. In der dem Verf. zugänglichen Literatur hat er bisher keine klare Auskunft gefunden, wer als erster Massenbeträge in Energiebeträge (und umgekehrt) umgerechnet und dieses Verfahren zur Berechnung der „bewegten Masse" begründet hat. Nachfolgend sollen nur einige Schlüsselmomente genannt werden, in denen die Möglichkeit und Notwendigkeit einer solchen Umrechnung zu Tage trat.

5. 1. Experimente von Thomson, Abraham, Kaufmann u. a. mit hoch beschleunigten Elektronen zeigten, dass die „spezifische Ladung", d. h. das Verhältnis der elektrischen Elementarladung e zur Masse m, mit zunehmender Geschwindigkeit abnimmt. Da e geschwindigkeitsunabhängig ist, war zu folgern, dass m mit der Geschwindigkeit zunimmt. Gerade deswegen findet sich in manchen Darstellungen bis heute die Formulierung, dass in diesem Vorgang Beschleunigungsenergie in Masse „umgewandelt" wird. In Wirklichkeit bewirkt die Bewegung eines Körpers weder einen Zuwachs an Materie (Stoff), noch eine Zunahme des aus der Ruhemasse folgenden Trägheitswiderstandes, sondern nur einen geschwindigkeits- und richtungsabhängigen zusätzlichen Trägheitswiderstand, der sich zum *unveränderlichen* Trägheitswiderstand der Ruhemasse addiert.

5. 2. Eine Erkenntnis aus den Elektronenexperimenten war, dass die kinetische Energie durch das Produkt der durchlaufenen Spannung und der elektrischen Elementarladung gegeben ist: $E_{kin} = eV$. In diesem Ausdruck ist weder die Ruhemasse, noch die bewegte Masse, noch die Geschwindigkeit, noch die spezifische Ladung explizit enthalten. Es ließ sich aber eine ganz bestimmte Spannung definieren, in deren Formel der Kehrwert der spezifischen Ladung des ruhenden Elektrons enthalten ist: $U = m_0c^2/e \approx 511\,keV$. Dieser Ausdruck enthält nur Naturkonstanten und ist daher selber eine Konstante. Der darin enthaltene Kehrwert der spezifischen Ladung der Ruhemasse (m_0/e) liefert einen bestimmten Massenbetrag. Aus der Formel ist bereits abzulesen, dass dieser Massenbetrag m_0/e dem durch U gegebenen Energiebetrag rechnerisch äquivalent wird, wenn man ihn mit dem Quadrat der Vakuumlichtgeschwindigkeit multipliziert.

5. 3. Für den begrenzten Zweck der nachfolgenden Ableitung von Formel (1) wird jedoch neben dem Umrechnungsfaktor c^2 auch dessen Kehrwert $1/c^2$ benötigt. Rein mathematisch folgt auch er bereits aus der Gleichung $eU = m_0c^2$, wenn man nach m_0 auflöst: $m_0 = eU/c^2$. Dieser Ausdruck zeigt, dass der mit $1/c^2$ multiplizierte Energiebetrag eU dem Massenbetrag m_0 rechnerisch äquivalent ist. Auf der mathematischen Oberfläche ist dieser Zusammenhang trivial, da $U = m_ö c^2/e$ gilt, so dass aus $m_0 = eU/c^2$, wenn U ersetzt wird, $em_0c^2/ec^2 = m_0$ folgt. Nicht trivial ist hingegen die Frage, ob diese Äquivalenz auch gegeben ist, wenn die durchlaufene Spannung nicht gleich U ist. Und nicht selbstverständlich ist auch die Antwort auf die (weiter oben bereits angerissene und im vorliegenden Text bejahte) Frage, ob dieser Umrechnungsmodus sowohl auf die Ruhemasse, als auch auf die „bewegte Masse" angewendet werden darf. Beide Fragen beantwortet das Experiment:

5. 3. 1. Die erstere Frage, ob der hier diskutierte Umrechnungsmodus auch auf die Berechnung der kinetischen Energie angewendet werden darf, ist eigentlich mit dem in Abs. 5. 3. Gesagten bereits beantwortet. Sie lässt sich aber auch unmittelbarer aus der Erfahrung beantworten. Im besonderen Fall, dass die durchlaufene Beschleunigungsspannung als $U = m_0 c^2 / e \approx 511\,keV$ definiert wird, verhält sich das beschleunigte Elektron so, als habe es nicht die Masse m_e, sondern die „bewegte Masse" $2m_e$. Da die eine Hälfte dieses Betrages durch die *unveränderliche* Ruhemasse m_e gegeben ist, muss die andere (von der Spannung resp. von der aus der Spannung resultierenden Geschwindigkeit) abhängende Hälfte den rechnerischen Wert $Ue / c^2 = m_0$ haben. Dieses aus der Spannung (resp. aus der gesetzmäßig mit ihr korrelierten Geschwindigkeit) folgende Massenäquivalent addiert sich zur unveränderlichen Ruhemasse zu jener „bewegten Masse" des Elektrons, die als „Impulsmasse" oder „transversale Masse" bezeichnet wird: $m_{iimp} = m_0 + \frac{eU}{c^2}$. Wenn man von der Kontroverse um die Zweckmäßigkeit des Begriffes „bewegte Masse" absieht, zeigt das Experiment bereits klar, dass die hier zur Diskussion stehende Umrechnungsformel auch auf Berechnungsfälle angewendet werden darf, in denen nicht die Ruheenergie in die Ruhemasse umgerechnet wird, sondern die kinetische Energie in ein Massenäquivalent, das zusammen mit der Ruhemasse eine „bewegten Masse" (in diesem Fall: die Impulsmasse) ergibt.

5. 3. 2. Auch die zweite Frage beantwortet sich aus dem Experiment. Es kann $U / c^2 = m_0 / e$ in der Form $\frac{511keV}{c^2} = \frac{m_e}{e}$ geschrieben werden. Wird durch Multiplikation mit einem Betrag x die Spannung auf der linken Seite vermehr oder vermindert, so muss auch auf der rechten Seite, um die mathematische Äquivalenzbedingung zu erfüllen, die Masse auf dieselbe Weise vermehrt oder vermindert werden: $\frac{511keV \cdot x}{c^2} = \frac{m_e \cdot x}{e}$. Wie man sieht, bleibt der Faktor $1/c^2$, der die vermehrte oder verminderte Spannung in einen vermehrten oder verminderten Massenbetrag umrechnet, von dieser Operation gänzlich unbeeinflusst. M. a. W., der Umrechnungsfaktor $1/c^2$ berechnet bei beliebiger Spannung V das für die Berechnung der Impulsmasse erforderliche Massenäquivalent. Der Umrechnungsfaktor $1/c^2$ selbst war im übrigen schon aus den Überlegungen zur Existenz einer „elektromagnetischen Masse" (Thomson, später Poincaré u. a.) bekannt.

5. 4. Für die nachfolgende Ableitung der Formel (1) wird nur die Umrechnung der kinetischen Energie eV in ihr Massenäquivalent eV / c^2 benötigt. (Die Anwendung dieses Umrechnungsmodus auf die Berechnung der Ruheenergie aus der Ruhemasse, wie sie aus der Einsteinschen Formel $E = m_0 c^2$ folgt, sowie ihre Anwendung auf beliebige andere Energien muss hier nicht erörtert werden.)

6. Nach dem bisher Gesagten ist es möglich und zulässig, die weiter oben begründete Formel $m_{iimp} = m_0 + \frac{eU}{c^2}$, mit der die Impulsmasse für eine bestimmte Spannung

U berechnet wird, durch die allgemeingültigere Formel $m_{iimp} = m_0 + \frac{eV}{c^2}$ zu ersetzen.

Es bleibt zu zeigen, dass tatsächlich $m_{iimp} = m_0 + \frac{eV}{c^2} = \frac{m_0}{\sqrt{1-(v/c)^2}}$ gilt.

6. 1. Aus der hier zur Diskussion stehenden (und nicht nur in der relativistischen Theorie geltenden) makroskopischen Formel der kinetischen Energie (1) folgt nach Auflösung der Klammer

$E_{kin} = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-(v/c)^2}} - m_0 c^2$. Wegen $E_{kin} = eV$ kann geschrieben werden:

$eV = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-(v/c)^2}} - m_0 c^2$. Auf der rechten Seite wird c^2 ausgeklammert:

$eV = c^2 (\frac{m_0}{\sqrt{1-(v/c)^2}} - m_0)$. Nach „Umstellung" von c^2 und Öffnung der Klammer folgt:

$eV/c^2 = \frac{m_0}{\sqrt{1-(v/c)^2}} - m_0$ und somit $m_0 + eV/c^2 = \frac{m_0}{\sqrt{1-(v/c)^2}}$,

(4)

was zu zeigen war. Diese Ableitung zeigt im übrigen noch einmal, dass sich der Umrechnungsfaktor, ohne dass er axiomatisch in die Berechnung eingeführt werden müsste, ganz selbstverständlich aus jener Formel ergibt, mit der zunächst die Impulsmasse berechnet wird.

7. Aus (4) lässt sich wiederum in der „Rückabwicklung" die hier zur Diskussion stehende Formel (1) der kinetischen Energie ohne Rückgriff auf die relativistischen Raumzeitannahmen allein unter Zuhilfenahme der Vorschrift zur Umrechnung von Massenbeträgen in Energieäquivalente und von Energiebeträgen in Massenäquivalente ableiten:

7. 1. Nach Umrechnung der in (4) enthaltenen Massenbeträge in die entsprechenden Energiebeträge erhalten wir $m_0 c^2 + eV = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-(v/c)^2}}$.

(5)

Nach Umstellung folgt aus (5): $eV = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-(v/c)^2}} - m_0 c^2$. **(6)**

Nach Klammersetzung erhalten wir wegen $E_{kin} = eV$ die Formel der kinetischen Energie in der üblichen Schreibweise: $E_{kin} = m_0 c^2 (\frac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}} - 1)$.

8. Diese einfachen Zusammenhänge wurde hier in einiger Ausführlichkeit referiert, weil in der relativistischen Literatur die Formel (1) wegen des darin enthaltenen Faktors $\gamma \frac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}}$ wie selbstverständlich als „relativistische" Formel der kinetischen Energie bezeichnet wird. Wie bisher gezeigt wurde, rechtfertigt die Ableitung dieser

Formel eine solche Klassifizierung keineswegs. Es könnte aber gefragt werden, ob nicht die mit (1) berechnete physikalische Erscheinung, die kinetische Energie, ihrerseits nur mit den relativistischen Raumzeiteffekten erklärt werden kann.
Diese Frage kann in den vorliegenden „Überlegungen zu einer allgemeingültigen Physik ohne ‚Kontraktion der Längen' und ‚Dilatation der Zeit' " nicht unbeantwortet bleiben, zumal in relativistischen Texten die Anwesenheit des „relativistischen" Faktors $\gamma = 1/\sqrt{1-(v/c)^2}$ in physikalischen Formeln regelmäßig auch als ein besonderer Beweis für die überlegene Erklärungsmächtigkeit und daher Unverzichtbarkeit der relativistischen Theorie gewertet wird. Nach der hier zu vertretenden Auffassung ist die oben gestellte Frage rundheraus mit Nein zu beantworten. Für diese Behauptung seien einige Belege genannt:

8. 1. Dass der tatsächlich unverzichtbare γ-Faktor auch ohne die Lorentzschen Annahmen aus dem Quotienten $c^2/(c^2-v^2)$ abzuleiten sei, mit dem die Relativbewegung eines Senders und/oder Empfängers („Beobachters") gegen die in Emission oder in Absorption/Reflexion befindliche elektromagnetische Welle in die Berechnung geschwindigkeitsabhängiger optischer Erscheinungen eingebracht wird, wurde bereits im 3. Abschnitt gezeigt.

8. 2. Die Erklärung einer physikalischen Erscheinung mit Hilfe der relativistischen Raumzeitannahmen setzt voraus, dass die Zeit t und die Strecke vt resp. ct, die der betrachtete Körper resp. eine elektromagnetische Welle in der Zeit t zurücklegt, sich infolge der „Kontraktion der Längen in Bewegungsrichtung" und der „Dilatation der Zeit" so ändern, dass diese Änderung der „lokalen raumzeitlichen Metrik" entweder die Nicht-Auffindbarkeit eines Effektes (Experiment von Michelson und Morley), oder aber den tatsächlich beobachtbaren Effekt (z. B. die sowohl geschwindigkeits- als auch richtungsabhängigen optischen Erscheinungen wie den nicht-quadratischen Dopplereffekt) verständlich macht. Die Geschwindigkeitsabhängigkeit der Trägheit kann mit dieser Annahme *nicht* erklärt werden, weil die kinetische Energie von der Zeit t und von der zurückgelegten Strecke vt ganz unabhängig ist, so dass eine „Dilatation der Zeit" oder eine „Kontraktion der Längen" sogar dann, wenn sie physikalisch tatsächlich gegeben wären, keinen Einfluss auf den Trägheitswiderstand haben könnten.

8. 3. Der richtungsabhängige Faktor der Längenkontraktion könnte bei der Berechnung der kinetischen Energie nur zum Tragen kommen, wenn sich nachweisen ließe, dass das Elektron tatsächlich (wie von Bucherer angenommen) sowohl longitudinal, als auch transversal oder (wie von Lorentz und Einstein angenommen) nur in Bewegungsrichtung „verformt" wird. Dieses Konzepte musste aufgegeben werden, weil sich zeigen ließ, dass die daraus abgeleitete Formel der „longitudinalen Masse" den Anteil der Masse am Zustandekommen der kinetischen Energie mit keiner der bekannten Formeln korrekt berechnet. Hierzu ausführlicher im nächstfolgenden Teil diese Abschnittes. Soweit Verf. sieht, wird die „Längenkontraktion" deshalb grundsätzlich nicht für die Berechnung sei es des transversalen, sei es des longitudinalen Trägheitswiderstandes in Anspruch genommen. Verwiesen wird regelmäßig auf die „Dilatation der Zeit". Da aber die „Dilatation der Zeit" nicht richtungsabhängig ist, kann sie auch nicht gleichzeitig eine (geringere) Zunahme des Trägheitswiderstandes transversal zur Bewegungsrichtung (Impulsmasse) und eine (etwas größere) Zunahme des Trägheitswiderstandes longitudinal zur Bewegungsrichtung (kinetische Energie) erklären.

8. 4. Die „Zeitdilatation“ hängt nach relativistischer Auffassung ausschließlich von der Geschwindigkeit des bewegten Körpers relativ zu seinem Ruhesystem ab und nicht etwa von der Masse dieses Körpers. Die kinetische Energie hingegen hängt sowohl von der Geschwindigkeit, als auch von der Masse ab. Deshalb hat ein rutschender Felsblock bei einer Geschwindigkeit nahe 0 und einer zu vernachlässigenden „Zeitdilatation“ eine große kinetische Energie, während ein rutschendes Sandkorn bei gleicher Geschwindigkeit und gleicher „Zeitdilatation“ eine zu vernachlässigende kinetische Energie hat. Es kann somit der Betrag der kinetischen Energie nicht von der „Zeitdilatation“ abhängen.

8. 5. Umgekehrt: Die Fallgeschwindigkeit im Vakuum ist nicht von der Masse des fallenden Körpers abhängig. Deswegen müsste für zwei Körper unterschiedlicher Masse die aus der Fallgeschwindigkeit folgende „Zeitdilation“ identisch sein. Wollte man die kinetische Energie von der „Zeitdilatation“ abhängig machen, dann müssten beide Körper die gleiche kinetische Energie haben. Es hat aber der schwerere Körper eine größere kinetische Energie als der leichtere.

9. Verf. meint, mit dem bisher Gesagten dreierlei gezeigt zu haben:

9. 1. Die Formel $\textit{kinetische Energie} = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}} - 1\right)$ kann auch ohne Rückgriff auf die relativistischen Raumzeitannahmen allein mit Hilfe der Vorschrift für die Umrechnung von experimentell gemessenen „Massen“beträgen in Energiebeträge und umgekehrt abgeleitet werden.

9. 2. Diese Umrechnungsvorschrift selber ist von den Raumzeitannahmen unabhängig.

9. 3. Der longitudinale Trägheitswiderstand eines bewegten Körpers gegen eine Veränderung seines Bewegungszustandes, wie er sich in der kinetischen Energie zu erkennen gibt, ist von den Raumzeitannahmen genau so unabhängig wie der transversale Trägheitswiderstand, der sich in der Impulsmasse zu erkennen gibt.

Oskar Törne
06.08.2013