Einsteins Fehler - und der Ausweg

Wolfgang Lange

7. Mai 2011

1 Einleitung

Seit der Veröffentlichung des ersten Aufsatzes Albert Einsteins [1] über die spezielle Relativitätstheorie reißt der Strom kritischer Artikel nicht ab. Neben den sachlichen Begründungen enthalten viele dieser Artikel und Bücher eine Menge Argumente, dennoch scheint niemand auf den Kern der Dinge gestoßen zu sein. Neben physikalischen Begründungen gibt es Stimmen, die von der Natur ausgehen und die spezielle Relativitätstheorie grundsätzlich ablehnen. Besonders kritisch werden

- die Längenkontraktion,
- die Zeitdilatation,
- Unsymmetrie in den Raumachsen,
- die Trennung in allgemein-physikalische und speziell-relativistische Betrachtungen

gesehen. Einsteins Aufsatz ist schwer verständlich, sodass Minkowski in [3] äußerte:

> "Nach Lorentz soll jeder Körper, der eine Bewegung besitzt, in Richtung der Bewegung eine Verkürzung erfahren haben, und zwar in einer Geschwindigkeit v im Verhältnisse
>
> $$1 : \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}. \tag{1}$$
>
> Diese Hypthese klingt äußerst phantastisch. Denn die Kontraktion ist nicht etwa als Folge von Widerständen im Äther zu denken, sondern rein als Geschenk von oben, als Begleitumstand des Umstandes der Bewegung."

Das lässt vermuten, Minkowski konnte Einsteins Mathematik nicht folgen, wie es auch vielen anderen geht, denn an keiner Stelle habe ich eine gute Interpretation gefunden. Der Start in die spezielle Relativitätstheorie beginnt deshalb oft mit der Zitierung der Lorentz-Einstein-Transformation, und selbst Einstein tat dieses 1921 in seinem Vortrag [2] in Princeton. Die Väter der speziellen Relativitätstheorie - Voigt, Lorentz, Poincaré, Einstein und Minkowski - kamen unabhängig voneinander auf dieselbe oder ganz ähnliche Lösungen, womit sie keine Veranlassung sahen, ihre eigene Arbeit kritisch zu hinterfragen. Ich konnte mir nicht vorstellen, dass es für den Doppler-Effekt skalarer Wellen und Korpuskeln zwei unterschiedliche Lösungen geben sollte. Nach gründlicher Bearbeitung des erweiterten Themenkreises bin ich zu dem Schluss gekommen, dass die Einsteinsche spezielle Relativitätstheorie einige gravierende Fehler enthält.

Der Hauptfehler liegt in der zu weit gehenden Abstraktion eines physikalischen Problem auf die reine Mathematik. Dazu kommt die schwer handhabbare Theorie des Lichtes. Einstein beruft sich in [1] I. § 1 auf die Gültigkeit der Newtonschen mechanischen Gleichungen, vergisst dieses nicht ausdrücklich benannte Postulat sofort wieder, in dem er die Masse m aus der Ableitung seiner Theorie verbannt und erst bei den Beispielen wieder darauf zurückkommt. Mit einer Masse $m = 0$ lässt sich vorzüglich rechnen, weil diese keinen Impuls und keine Energie hat.

Damit ist auch das Problem eigentlich gelöst. Ich glaube, jeder Physiker hat irgendwann Sport getrieben, und sei es als Kind mit einem Ball. Dazu kommen Spielarten wie Fußball, Tischtennis und Tennis aktiv oder passiv am Fernseher. Wie nimmt ein Ballspieler den Schwung aus einen Ball, nur auf eine Art, nämlich durch Nachgeben. Das ist die Lösung des Jahrhundert-Problems. Einstein möchte ich diesen Fehler verzeihen, aber die hochgelehrten Professoren und Bücherschreiber(linge) sind trotz massiver Kritik aus den eigenen Reihen nicht aufgewacht und bilden eine Verschwörung gegen ernsthafte Kritiker.

Die spezielle Relativitätstheorie ist eine physikalische Theorie, hergeleitet von der Fragestellung des Lichtes. Danach wurden Anwendungen gesucht. Selbst Einstein beginnt mit dem Reigen bei dem Doppler-Effekt. Vielleicht bin ich der erste, der das zwar auch das Pferd von hinten aufzäumte aber dennoch die richtige Art gefunden hat. Man nehme die ausgeklügelten Stoßversuche mit physikalischen Pendeln (Physik am Gymnasium) und tausche die zweite Stahlkugel gegen eine mit konstanter Geschwindigkeit bewegte Stahlplatte. Ohne Modellbauer nehme man einen Tennisball und spiele hinter einem langsam fahrenden LkW Squash. Rechnet man seine Ergebnisse durch, findet man sofort eine Relativitätstheorie für eine Punktmasse, und erst danach versuche man sein Glük mit mechanischen, akustischen und elektromagnetischen Wellen.

2 Die Fehler

1. Fehler Der erste und entscheidende Fehler besteht in der falschenAnwendung des Lichtpostulates.

> "2. Jeder Lichtstrahl bewegt sich im "ruhenden" Koordinatensystem mit der bestimmten Geschwindigkeit V, unabhängig davon, ob dieser Lichtstrahl von einem ruhenden oder bewegten Körper emittiert ist."

Wenn auch die Bestätigung des Dualismus Welle-Korpuskel Einstein im Jahre 1905 nicht bekannt waren, müsste dem Nobelpreisträger von 1921 für die Theorie des Lichtes (Energiequantisierung nach Planck zur Erklärung des photoelektrischen Effekts) über seine Relativitätstheorie eigentlich ein spezielles Licht aufgegangen sein. Stattdessen sagte er in seinem Vortrag "Spezielle Relativitätstheorie" im Mai 1921 in Princeton [2] S. 30:

> "Die Konsequenz der Maxwell-Lorentzschen Gleichungen, dass - wenigstens bezüglich eines bestimmten Inertialsystems K - sich das Licht im leeren Raum mit der Geschwindigkeit c fortpflanze ("Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit"), muss uns also als gesichert gelten. Nach dem Relativitätsprinzip müssen wir dann die Gültigkeit dieses Prinzipes auch für jedes andere Inertialsystem als gesichert annehmen."

In dem ersten Halbsatz - *wenigstens bezüglich eines bestimmten Inertialsystems K* - ist Einstein auf dem richtigen Weg. Daraus ist zu schlussfolgern, das man bei Betrachtungen mit Hilfe einer Relativitätstheorie dasjenige System als das ruhende definiert, in dem die Lichtquelle ruht. Nur dann breitet sich das Licht kugelförmig mit festem Mittelpunkt aus, und man hat auch nicht das Problem mit dem Doppler-Effekt bei bewegter Signalquelle. Dieser Teil würde sich bei einer richtigen Relativitästheorie sofort durch Umrechnungen erledigen.

Das Lichtpostulat ist durch viele Versuche und die Maxwellschen Gleichungen bestätigt worden, aber Einstein machte bei der Reflexion einen schwerwiegenden Fehler. Er gibt in [1] S. 896 unten die korrekte Formel für die Ankunft des Lichtes beim Spiegel (Reflexionspunkt) an:

$$t_B - t_A = \frac{r_{AB}}{V - v} \tag{2}$$

Darin ist $r_{AB} = x' = l$ die Länge des bewegten Stabes. In dem ruhenden System K sendet er das Licht mit der Lichtgeschwindigkeit V in Richtung des Spiegels, aber der Spiegel flieht vor dem Lichtstrahl, weshalb das Licht auf den Spiegel nur mit der Gescwindigkeit $V - v$ auftrifft. Hier hat der große Meister schon eine Relativ-Geschwindigkeit postuliert, um sie dann mit seinem umstrittenen Additionstheorem wieder zurückzunehmen. Auf derartige Weise werden die Grundideen seiner Theorie nicht eingehalten.

Die Dualität von Welle und Korpuskel ist eine physikalische Realität, d.h. ein gegen eine feste Wand geworfener Ball behält bei totaler Reflexion seine Energie und der Impuls kehrt sich um (Squash, Spiegel, Echo). Stab und Spiegel verkörpern das "bewegte" System k und nicht das ruhende System K. Warum benennt Einstein ausdrücklich das "ruhende" Koordinatensystem, weil nämlich wegen $V - v$ das Licht im "bewegten" Koordinatensystem langsamer ist. Bei totaler Reflexion in diesem zweiten Inertialsystem, in dem die Newtonschen Gesetze ebenfalls gelten, kann wegen *Actio gleich Reactio* ein Photon, ein Ball oder auch eine Lichtwelle nicht schneller zum Ausgangsort, ohne Energie zu tanken, zurückkehren! Woher soll die Energie kommen, etwa aus einem kalten *perpetuum mobile*? Ein Tennisspieler nimmt den Impuls (die Geschwindigkeit) aus dem Ball, indem er mit seinem Schläger nachgibt. Dasselbe passiert mit Licht beim bewegten Spiegel.

Der Ansatz in S. 897

$$t'_A - t_B = \frac{r_{AB}}{V + v} \tag{3}$$

ist falsch, weil nämlich im System K das Licht schneller zurücklaufen müsste.

Wir müssen ein Photon oder einen Ball mit seinem Impuls betrachten. Schmutzer schreibt in [4] S.105:

> "Bekanntlich war im Jahre 1900 von Planck im wesentlichen die Relation
>
> $$E = h\nu$$
>
> zwischen der Energie E eines Photons und seiner Frequenz (h Panckscher Wirkungsquantum) aufgedeckt worden. Die Photoenergie war mittels der Masse-Energie-Relation die Photomasse
>
> $$m = \frac{E}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2}$$
>
> zuzuordnen, so dass kein Zweifel mehr an der Ablenkung der Lichtstrahlen durch gravierende Massen, z.B. unsere Sonne, bestand."

Der Impuls $\mathbf{p_K} = m\mathbf{V}$ im bewegten System K wird wegen der Geschwindigkeitsreduzierung infolge der Flucht zu $\mathbf{p_k} = m\,(\mathbf{V} - \mathbf{v})$im bewegten System k. Das geht nur mit der Gleichung

$$\mathbf{p}_k = m\,(\mathbf{V} - \mathbf{v}) = \mathbf{p_K} + \mathbf{p_T} = mV + \mathbf{p_T} \tag{4}$$

Der Transformationsimpuls $\mathbf{p_T}$ zwischen den beiden Koordinatensystemen ist

$$\mathbf{p_T} = \mathbf{p_k} - \mathbf{p_K} = -m\mathbf{v} \tag{5}$$

Nun ist an dem Spiegel (Reflexionsplatte) nach der Reflexion im Inertialsystem k

$$\mathbf{p'_k} = -\mathbf{p_k} = -m\,(\mathbf{V} - \mathbf{v})\,, \tag{6}$$

und nach der Transformation in das System K:

$$\mathbf{p'_K} = \mathbf{p'_k} - \mathbf{p_T} = -m\,(\mathbf{V} - \mathbf{v}) - (-m\mathbf{v}) = -m\,(\mathbf{V} - \mathbf{2v}) \tag{7}$$

Durch den zurückweichenden Spiegel verliert also das Photon Impuls und Energie. Und das ist die Abweichung zu Einsteins Rechnung. Hat ein Physik-Professor in seinen Vorlesungen jemals darauf hingewiesen? Entweder gelten Newtons Gesetz oder nicht. Schließlich hat Einstein diese in [1] S. 892 postuliert.

Im ruhenden System K gelten die Stoßgesetze zwischen zwei Massen m und M, von denen M vor dem Stoß in Bewegung ist. Die Impulsbilanz vor und nach dem Stoß ist

$$m\mathbf{v_m} + M\mathbf{v_M} = m\mathbf{v'_m} + M\mathbf{v'_M} \qquad \longrightarrow \qquad m\left(\mathbf{v_m} - \mathbf{v'_m}\right) = -M\left(\mathbf{v_M} - \mathbf{v'_M}\right) \tag{8}$$

und die Energiebilanz ist

$$\frac{m}{2}\mathbf{v_m^2} + \frac{M}{2}\mathbf{v_M^2} = \frac{m}{2}\mathbf{v'^2_m} + \frac{M}{2}\mathbf{v'^2_M} \qquad \longrightarrow \qquad m\left(\mathbf{v_m^2} - \mathbf{v'^2_m}\right) = -M\left(\mathbf{v_M^2} - \mathbf{v'^2_M}\right) \tag{9}$$

Division der Energie-Gleichung durch die Impuls-Gleichung ergibt

$$\frac{m\left(\mathbf{v_m^2}-\mathbf{v'^2_m}\right)}{m\left(\mathbf{v_m}-\mathbf{v'_m}\right)}=\frac{-M\left(\mathbf{v_M^2}-\mathbf{v'^2_M}\right)}{-M\left(\mathbf{v_M}-\mathbf{v'_M}\right)} \tag{10}$$

$$\mathbf{v_m}+\mathbf{v'_m}=\mathbf{v_M}+\mathbf{v'_M} \tag{11}$$

Mit der Impulsgleichung

$$m\left(\mathbf{v_m}-\mathbf{v'_m}\right)=-M\left(\mathbf{v_M}-\mathbf{v'_M}\right) \tag{12}$$

haben wir zwei Gleichungen mit $\mathbf{v_m}=\mathbf{V}$ und $\mathbf{v_M}=\mathbf{v}$ mit der Zusatzforderung $\mathbf{v'_M}=\mathbf{v}$

$$\mathbf{V}+\mathbf{v'_m}=\mathbf{v}+\mathbf{v} \tag{13}$$

Daraus folgt die bereits oben gefundene Gleichung für die reflektierte Punktmasse

$$\mathbf{v'_m}=-\left(\mathbf{V}-2\mathbf{v}\right)=-\left(\mathbf{V}-\mathbf{v}\right)+\mathbf{v}. \tag{14}$$

Nur wenn $\mathbf{v}=0$ ist, wird die Punktmasse, ein Photon oder auch das Licht mit der Geschwindigkeit $-\mathbf{V}$ zum Ausgangspunkt im ruhenden System zurückkehren. Der Impuls des Spiegels bzw. des bewegten Systems nimmt zu:

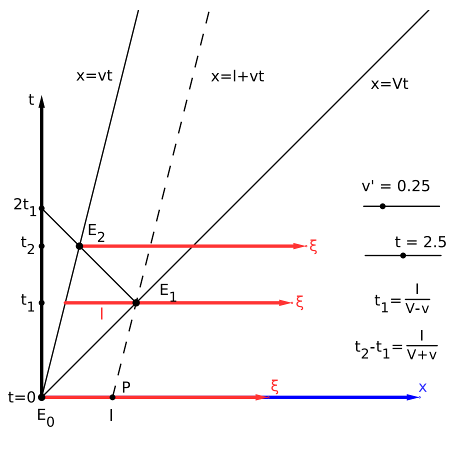
$$\mathbf{p_m}+\mathbf{p_M}=\mathbf{p'_m}+\mathbf{p'_M}=m\mathbf{V}+M\mathbf{v}=-m\left(\mathbf{V}-2\mathbf{v}\right)+\mathbf{p'_M} \tag{15}$$

$$\mathbf{p'_M}=2m\left(\mathbf{V}-\mathbf{v}\right)+M\mathbf{v}=M\mathbf{v}\left(1+\frac{2m\left(\mathbf{V}-\mathbf{v}\right)}{M\mathbf{v}}\right) \tag{16}$$

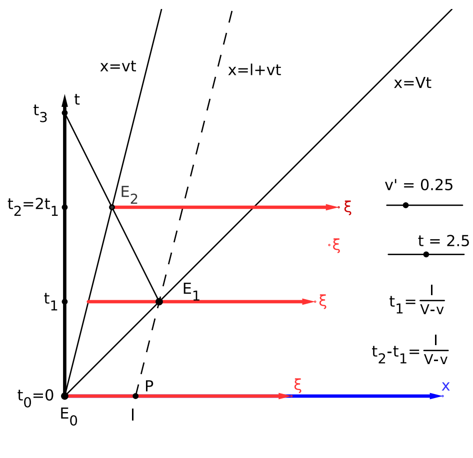
Die Energiebilanz ist damit

$$\frac{m}{2}\mathbf{V}^2+\frac{M}{2}\mathbf{v}^2=\frac{m}{2}\left(\mathbf{V}-2\mathbf{v}\right)^2+W'_M=\frac{m}{2}\left(\mathbf{V}^2-4\mathbf{V}\mathbf{v}+4\mathbf{v}^2\right)+W'_M \tag{17}$$

$$W'_M=\frac{M}{2}\mathbf{v}^2+2m\mathbf{V}\mathbf{v}-2m\mathbf{v}^2=\frac{M}{2}\mathbf{v}^2+2m\mathbf{v}\left(\mathbf{V}-\mathbf{v}\right) \tag{18}$$



(a) Einstein



(b) Newton

Abbildung 1: Der Einfluss des Reflexionsgesetzes am Ereignis E_1

Die reflektierende Masse nimmt demnach Energie auf. Würde M allein den Trägheitsgesetzen unterliegen, würde sie durch den auftreffenden Impuls beschleunigt werden. So muss sie wegen der Zwangsführung der Geschwindigkeit $\mathbf{v}$ durch Bremsarbeit außerhalb des betrachteten Systems kompensiert werden.

2. Fehler Die Lösung der Differentialgleichung

$$\frac{1}{2}\left[\tau\left(0,0,0,t\right)+\tau\left(0,0,0,\left\{t+\frac{x'}{V-v}+\frac{x'}{V+v}\right\}\right)\right]=\tau\left(x',0,0,t+\frac{x'}{V-v}\right) \tag{19}$$

ist mathematisch zumindest unsauber, wenn nicht grundsätzlich falsch.

$$\tau_n=\tau\left(x_n,y_n,z_n,t_n\right) \tag{20}$$

ist eine klassische lineare Funktion, und die eingesetzten Parameter sind richtig. t ist ein Anfangswert, und $x'=l$ ist die feste Länge eines bewegten Stabes, an dessen Spitze sich ein Spiegel zur Reflexion des Lichtes befindet.

- Wie kommt man dazu, eine Gleichung nach ihrem Anfangswert, z.B. $t=0$ und einem festen Parameter $x'=l$ zu differenzieren?
- Warum versucht man, gleich zwei Parameter zu verändern, wenn doch einer vielleicht ausreichend ist?

Wir fügen der Zeit einen Mogelfaktor C hinzu und differenzieren nur nach der Zeit, könnten aber genauso die Länge wählen:

$$\tau_n=\tau\left(x_n,y_n,z_n,Ct_n\right) \tag{21}$$

$$\frac{d\tau_0}{dt}=\frac{\partial}{\partial t}\tau\left(0,0,0,Ct\right)=C \tag{22}$$

$$\frac{d\tau_1}{dt}=\frac{d}{dt}\tau\left(x',0,0,C\left\{t+\frac{x'}{V-v}\right\}\right)=C \tag{23}$$

$$\frac{d\tau_2}{dt}=\frac{d}{dt}\tau\left(0,0,0,C\left\{t+\frac{x'}{V-v}+\frac{x'}{V+v}\right\}\right)=C \tag{24}$$

Hieraus ergibt sich die Identität

$$\frac{1}{2}\left[\frac{d\tau_0}{dt}+\frac{d\tau_2}{dt}\right]=\frac{d\tau_1}{dt}=C. \tag{25}$$

Die Integration dieser allgemeinen Gleichung ergibt

$$\int d\tau=C\int dt=\tau=Ct+C_1. \tag{26}$$

C_1 ist eine freie Integrationskonstante, z.B. $C_1=0$. Wir schreiben die Galilei-Transformation um eine Zeitgleichung erweitert in Matrizenform, wobei die Zeilen für y und z zunächst nicht interessieren.

$$\begin{pmatrix}\xi\\ \tau\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}1 & -v\\ a & C\end{pmatrix}\begin{pmatrix}x\\ t\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}x-vt\\ ax+Ct\end{pmatrix} \tag{27}$$

Wir normieren $\frac{v}{V}=\overline{v}$ und multiplizieren die Zeiten mit V. Außerdem symmetrieren wir die Matrix:

$$\begin{pmatrix}\xi\\ V\tau\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}1 & -\overline{v}\\ -\overline{v} & C\end{pmatrix}\begin{pmatrix}x\\ Vt\end{pmatrix} \tag{28}$$

Das ist erlaubt, weil die Konstante C zur freien Verfügung ist. Eine gute Transformationsgleichung hat die Determinante Eins:

$$det\begin{pmatrix}1 & -\overline{v}\\ -\overline{v} & C\end{pmatrix}=1=C-\overline{v}^2 \tag{29}$$

$$C=1+\overline{v}^2 \tag{30}$$

Die Differenziation funktionierte nur, weil oben die Mogelkonstante C eingeführt wurde. Ein Versuch mit der Differenziation nach der Länge erübrigt sich wegen Sinnlosigkeit. Das Ergebnis selbst kann nicht richtig sein, weil der erste Fehler bisher nicht korrigiert wurde. Noch im Glauben an eine korrekte Anwendung des Lichtpostulates durch Einstein und seine Anhänger habe ich ein "Fünfer-Transformation" entwickelt.

3. Fehler: Einstein beschreibt seinen Gedankenversuch auf S. 896 unten:

> "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."

Er meint offenichtlich Rückkehr nach dem am Koordinatenursprung von K ruhenden Beobachter A. Warum schreibt er

dann auf S. 897 oben:

$$"t'_A - t_B = \frac{r_{AB}}{V+v},$$

> wobei r_{AB} die Länge des bewegten Stabes - im ruhenden System gemessen - bedeutet."

Das erhärtet er auf S. 898 mitte mit $x' = x - vt$, was aber $x' = l = r_{AB}$ ist. In seiner Differenzialgleichung verwendet er auf S. 898 unten den Term

$$\frac{x'}{V+v}.$$

Das bedeutet nun, A hat nicht die Koordinate $x = 0$ sondern $x = vt$.

4. Fehler: Die Einführung einer geänderten Stablänge $\xi_P \neq l$ führt zu einer falschen Bewertung der konstant bleibenden Längen.

Das Lichtpostulat auf S. 895 ist richtig, man darf es jedoch nicht gleichzeitig auch für einen reflektierenden Spiegel anwenden. Nur so kommt die unverständliche Invarianz [5] S. 1128

$$r'^2 = x'^2 + y'^2 + z'^2 = (x - vt)^2 + y^2 + z^2 \neq x^2 + y^2 + z^2 = r^2 \tag{31}$$

$$x'^2 + y'^2 + z'^2 - r'^2 = (x - vt)^2 + y^2 + z^2 - r^2 \tag{32}$$

$$x'^2 + y'^2 + z'^2 - r'^2 \stackrel{?}{=} x^2 + y^2 + z^2 - r^2 \tag{33}$$

zustande. Das Geschenk von oben an Minkowski war vergiftet.

Weitere Fehler Die Unsymmetrie der Lorentz-Einstein-Transformation ist nur ein Sekundärfehler, der wie auch die Verformung einer bewegten Kugel bis auf die Lichtkugel und die Anwendung auf den Doppler-Effekt auf den anderen Fehlern beruht.

Dennoch bleibt die große Frage nach der Herkunft der Lorentz-Transformation. Dazu habe ich zwei Erklärungen. Zunächst verwendet man eine Galilei-Transformation ergänzt um eine Zeitzeile mit einer symmetrischen Matrix. Dazu verwenden wir gleich die Minkowski-Normierung und deren Umkehrung

$$\begin{pmatrix} \xi \\ V\tau \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -\overline{v} \\ -\overline{v} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ Vt \end{pmatrix} \qquad \begin{pmatrix} x \\ Vt \end{pmatrix} = \frac{1}{1-\overline{v}^2} \begin{pmatrix} 1 & -\overline{v} \\ -\overline{v} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \xi \\ V\tau \end{pmatrix} \tag{34}$$

Daraus wird ohne viele Worte durch eine einfache Manipulation

$$\begin{pmatrix} \xi' \\ V\tau' \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{1-\overline{v}^2}} \begin{pmatrix} 1 & -\overline{v} \\ -\overline{v} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ Vt \end{pmatrix} \qquad \begin{pmatrix} x \\ Vt \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{1-\overline{v}^2}} \begin{pmatrix} 1 & -\overline{v} \\ -\overline{v} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \xi' \\ V\tau' \end{pmatrix} \tag{35}$$

und anschließende Umbenennung der Variablen die gesuchte Transformation.

Die zweite Erklärung liegt in der richtigen Mathematik, wenn man den Punkt bei $y \neq 0$ parallel zur x-Achse wandern lässt, was ich hier aber nicht vorführen will. Das Pech für die Physik liegt im Kosinussatz in den beiden gebildeten Dreiecken mit den Außenseiten Vt_1 und vt_1 sowie $V(t_2 - t_1)$ und $v(t_2 - t_1)$ und der gemeinsamen Seite mit der Länge $V\tau_1$ (s.a. Weyl [6]S.160). Die "richtige" Lösung, natürlich mit dem ersten Fehler der falschen Anwendung des Lichtpostulates, ergibt sich bei einer Abweichung von der parallelen Bewegung.

3 Eine einfachere Lösung

Die lineare Transformationsgleichung

$$\tau = Ax + By + Cz + Dt, \tag{36}$$

reduziert sich wegen $y = z = 0$ auf

$$\tau = Ax + Dt. \tag{37}$$

Die oben berechneten Werte sind unter Beibehalten von Einsteins erstem Fehler

$$t_0 = 0 \qquad x_0 = 0 \qquad t_1 = \frac{l}{V - v} \qquad x_1 = Vt_1 \qquad t_2 = \frac{2Vl}{V^2 - v^2} \qquad x_2 = vt_2 \tag{38}$$

$$\tau_0 = 0 \tag{39}$$

$$\tau_1 = AVt_1 + Dt_1 = (AV + D)\, t_1 \tag{40}$$

$$\tau_2 = Avt_2 + Dt_2 = (Av + D)\, t_2 = 2\tau_1 \tag{41}$$

Einsetzen liefert

$$(Av + D)\, t_2 = 2\,(AV + D)\, t_1 \tag{42}$$

$$\frac{t_2}{t_1} = 2\frac{AV + D}{Av + D} = \frac{\dfrac{2Vl}{V^2 - v^2}}{\dfrac{l}{V - v}} = 2\frac{V}{V + v} \tag{43}$$

$$(AV + D)\,(V + v) = (Av + D)\, V = AV^2 + AVv + DV + Dv = AVv + Dv \tag{44}$$

$$AV^2 + Dv = 0$$

Für die Koeffizienten besteht freie Wahl, und wir entscheiden uns für $D = 1$ und $A = -\dfrac{v}{V^2}$, d.h.

$$\tau = -\frac{v}{V^2}x + t \qquad \longrightarrow \qquad V\tau = -\frac{v}{V}x + Vt = -\overline{v}x + Vt, \tag{45}$$

womit wir eine geschickte Normierung $\overline{v} = \dfrac{v}{V}$ erhalten haben. Nun suchen wir nach einer zweiten Gleichung für die Koordinate ξ im bewegten System als Teil einer symmetrischen Matrix-Gleichung mit der Determinante Eins

$$\begin{pmatrix} \xi \\ V\tau \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E & F \\ -\overline{v} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ Vt \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E & -\overline{v} \\ -\overline{v} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ Vt \end{pmatrix} \tag{46}$$

$$det\,(M) = E - \overline{v}^2 = 1 \qquad \longrightarrow \qquad E = 1 + \overline{v}^2 \tag{47}$$

Damit sind die Transformation und ihre Umkehrung:

$$\begin{pmatrix} \xi \\ V\tau \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 + \overline{v}^2 & -\overline{v} \\ -\overline{v} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ Vt \end{pmatrix} \qquad \begin{pmatrix} x \\ Vt \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \overline{v} \\ \overline{v} & 1 + \overline{v}^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \xi \\ V\tau \end{pmatrix} \tag{48}$$

Die Transformation ist nur ähnlich der durch Differenziation gefundenen Gleichung, was die Skepsis gegenüber dem Vorgehen Einsteins erhärtet. Es ist die Stablänge und nicht die Zeit, die hier eine Änderung erfährt.

Es soll noch einmal auf den hier enthaltenen ersten Fehler hingewiesen werden.

4 Eine bessere Anwendung des Lichtpostulats

Die korrigierten Werte unter Berücksichtigung der realen Reflexion bleiben bis zur Zeit $t_1$wie vorher.

$$t_0 = 0 \qquad x_0 = 0 \qquad t_1 = \frac{l}{V-v} \qquad x_1 = \frac{Vl}{V-v} \tag{49}$$

Danach geht die Rückkehrstrecke nach der Funktion

$$x = x_1 - (V-2v)(t-t_1) = \frac{Vl}{V-v} - (V-2v)\,t + (V-2v)\,\frac{l}{V-v} \tag{50}$$

$$x = -(V-2v)\,t + \frac{2Vl - 2vl}{V-v} = -(V-2v)\,t + 2l \tag{51}$$

Das Stabende bewegt sich mit $x = vt$, also

$$x_2 = vt_2 = -(V-2v)\,t_2 + 2l \tag{52}$$

$$(V-v)\,t_2 = 2l \tag{53}$$

$$t_2 = \frac{2l}{V-v} = 2t_1 \qquad x_2 = \frac{2lv}{V-v} \tag{54}$$

Das ist die ganz große Überraschung:

$$\frac{t_2}{t_1} = 2 \qquad \frac{x_2}{x_1} = 2\frac{v}{V} = 2\overline{v} \tag{55}$$

Die Ereignisse haben im ruhenden System die Koordinaten

$$E_0(x_0,t_0) = (0,0) \qquad E_1(x_1,t_1) = \left(\frac{Vl}{V-v}, \frac{l}{V-v}\right) \qquad E_2(x_2,t_2) = \left(\frac{2lv}{V-v}, \frac{2l}{V-v}\right) \tag{56}$$

und im bewegten System

$$E_0(\xi_0,\tau_0) = (0,0) \qquad E_1(\xi_1,\tau_1) = (l,\tau_1) \qquad E_2(\xi_2,\tau_2) = (0,2\tau_1) \tag{57}$$

Wir benötigen eine Transformation, die diese Relationen für das Ereignis E_1 erfüllt.

$$\begin{pmatrix} \xi \\ \tau \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ t \end{pmatrix} \tag{58}$$

$$\begin{pmatrix} \xi_1 \\ \tau_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ t_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} l \\ \tau_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} l + vt_1 \\ t_1 \end{pmatrix} \tag{59}$$

In der ersten Zeile hat sich die Galilei-Transformation bewährt. Die nächste Forderung ist $\tau = t$:

$$\begin{pmatrix} \xi \\ \tau \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -v \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ t \end{pmatrix} \tag{60}$$

Die Determinante ist Eins, Symmetrie haben wir nicht erhalten. Es gibt keine Längen-Kontraktion und keine Zeitdilatation, und das Problem mit der unteren Zeile ist auch ganz verschwunden.

Zwei nacheinander ausgeführte Transformationen liefern die Matrix:

$$\begin{pmatrix} 1 & -v \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & -w \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -v-w \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \tag{61}$$

Zwei Geschwindigkeiten in derselben Richtung addieren sich eben algebraisch. Besser kann eine Transformationsgruppe gar nicht aussehen. Für $w = -v$ erhält man

$$\begin{pmatrix} 1 & -v \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & v \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, \tag{62}$$

auch wenn beide Matrizen nicht invers zueinander sind.

Es gibt schlichtweg keine vernünftige Relativitätstheorie außer der Galilei-Transformation!!!

Literatur

[1] Einstein, A.: Zur Elektrodynamik bewegter Körper. In: *Annalen der Physik* 17 (1905), 891–921. http://users.physik.fu-berlin.de/~kleinert/files/1905_17_891-921.pdf

[2] Einstein, A.: *Grundzüge der Relativitätstheorie*. Springer, 1922. – 7. Auflage 2009

[3] Minkowski, Hermann: *Raum und Zeit*. 1909

[4] Schmutzer, Ernst: *Relativitätstheorie aktuell*. 5. Auflage. Teubner, 1996

[5] Schmutzer, Ernst: *Grundlagen der Theoretischen Physik*. Bd. I u. II. WILEY-VCH, 2005. – 2199 S.

[6] Weyl, Hermann: *Raum - Zeit - Materie*. Springer-Verlag, 1988. – 348 S.

Dr.-Ing.Wolfgang Lange

Pfeifferhannsstr. 14

D-01307 Dresden

Germany

eMail w.w.lange@freenet.de