

Der Trick der Lorentztransformation (LT), oder was die Spezielle Relativitätstheorie (SRT) wirklich ist:

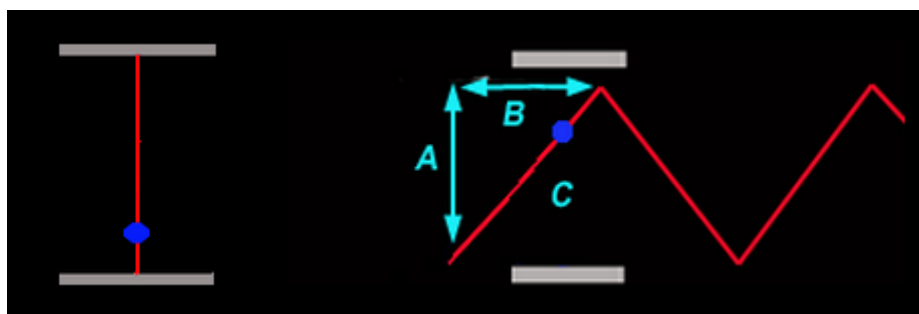
Harald Maurer

Aus dem Postulat von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit im ruhenden Inertialsystem folgt eine der wesentlichen Grundlagen der SRT: die **Relativität der Gleichzeitigkeit**. Mit der Frage nach dem Sinn dieser mysteriösen Einrichtung erhalten wir auch Antworten auf die Frage nach dem Sinn der **Zeitdilatation** und der **Längenkontraktion**.

Die Relativität der Gleichzeitigkeit besagt, dass zwei räumlich getrennte gleichzeitige Ereignisse im Ruhesystem eines Inertialsystems (IS) nicht gleichzeitig in einem dazu relativ bewegten IS wahrgenommen werden können. Die Zeitpunkte für den Eintritt zweier Ereignisse müssen daher in beiden Systemen unterschiedlich sein - und mit der LT kann man diese ungleichzeitigen Zeitpunkte (im Gegensatz zu den gleichzeitigen im ruhenden IS) berechnen. Wir werden uns hier ansehen, was diese veränderten Zeitpunkte für einen Zweck haben und weshalb Einstein die Relativität der Gleichzeitigkeit (RdG) in die SRT eingeführt hat.

Die unterschiedlichen Zeiten in relativ zueinander bewegten IS stehen zueinander in einer geschwindigkeitsabhängigen und reziprok verknüpften Beziehung über den "Lorentzfaktor". Aus diesem errechnen sich Zeitdifferenzen, die sich konkret auf die Zeitabläufe in den IS beziehen, was einen Vergleich der mit der LT ermittelten Werte erlauben muss. Die Begriffe "*früher*" und "*später*", "*vorher*" und "*nachher*" ergeben sich daher eindeutig aus solchem Vergleich: Ergibt die LT für ein Ereignis in einem IS - bezogen auf ein anderes IS! - einen "*früheren*" Zeitpunkt, abzulesen an einer Uhr, so kann das kein Zeitpunkt aus der Fantasie sein, sondern es definiert einen tatsächlich *früheren Zeitpunkt*, bezogen auf die Zeit in jenem IS, in welchem das Ereignis eben dementsprechend *später* eintritt. Wäre es nicht so, könnte man weder von Relativität der Zeit noch der RdG ausgehen, sondern müsste die SRT nur auf die unterschiedlichen Zeitanzeigen von Uhren zurückführen und das wäre nicht im Sinne des Erfinders, weil die Theorie damit physikalisch bedeutungslos wäre.

Um das Folgende besser zu verstehen, muss man zuerst einmal wissen, wo dieser geheimnisvolle Lorentzfaktor herkommt. Um dies zu demonstrieren, sehen wir uns die bekannte Lichtuhr an, aus welcher auch die Zeitdilatation (ZD) und Längenkontraktion (LK) hergeleitet werden kann.



Die Skizzen sollen zeigen, dass die Zeit in einer bewegten Lichtuhr (rechte Abbildung) langsamer vergeht als in einer ruhenden Uhr (linke Abbildung). Abgesehen davon, dass eine derartige Uhr nicht funktionieren würde (ab einer Geschwindigkeit von $0,8c$ würde das Licht keinen Spiegel mehr treffen können), leiten wir von dieser Uhr nun den Lorentzfaktor ab, weil wir ihn später noch brauchen werden.

Weil das Licht in den diagonalen Laufstrecken (rechts) c (=die Lichtgeschwindigkeit, LG) nicht überschreiten darf, tickt die bewegte Uhr langsamer als die ruhende. Alle Laufstrecken sind deshalb gegeben durch $c \cdot t$. Wir müssen nun ein wenig rechnen (wer nicht nachrechnen will, muss es eben glauben) und legen zuerst fest:

$$A=ct$$

$$C=ct'$$

$$B=vt$$

Die Strecken B/C verhalten sich wie v/c , die Strecken A/C verhalten sich wie t/t' . In der bewegten Lichtuhr gilt zwischen den Strecken A, B und C der Satz des Pythagoras:

$$A^2+B^2=C^2$$

Wir teilen durch C^2 :

$$A^2/C^2+B^2/C^2=1$$

und weiter:

$$A^2/C^2= 1-B^2/C^2$$

$A/C=\sqrt{1-B^2/C^2}$; wir setzen für A/C t/t' und für B/C v/c ein:

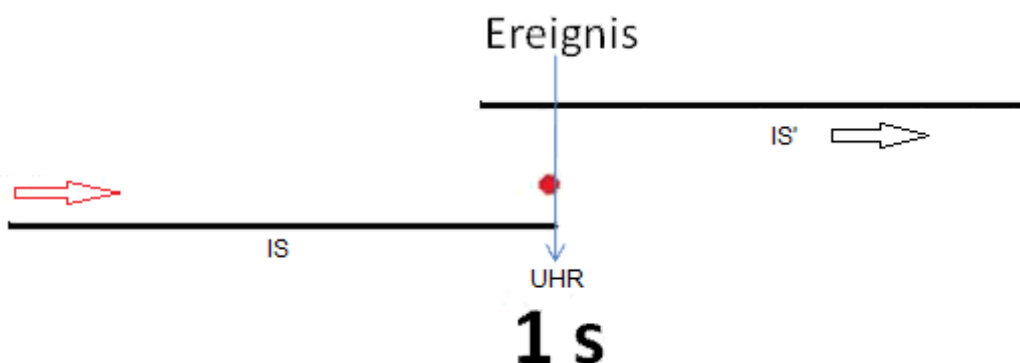
$$t/t'=\sqrt{1-v^2/c^2}$$

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

$$t'=t*\sqrt{1-v^2/c^2} ; t=t'/\sqrt{1-v^2/c^2} !$$

Damit haben wir den Lorentzfaktor (Formelzeichen γ) erhalten. Er drückt die geschwindigkeitsabhängige Beziehung zwischen den Zeiten t und t' aus. t' ist somit die (langsamer verstreichende) Zeit in der bewegten oder vom bewegten Beobachter betrachteten Lichtuhr. Derselbe Faktor drückt auch die Beziehung zwischen den Laufstrecken für das Licht aus, diese Strecken sind ja in den beiden Uhren nicht gleich. Wir werden später noch einmal auf diese Lichtuhr zurück kommen und über diese ungleichen Laufstrecken nachdenken.

Nachdem wir nun durch ein (fragwürdiges) Schema erfahren haben, weshalb in zueinander bewegten Inertialsystemen die Zeit unterschiedlich verstreichen sollte, begeben wir uns in den absoluten Äther der klassischen Physik und sehen uns an, was passiert, wenn wir in einem im Äther ruhenden Inertialsystem eine Uhr mit Licht synchronisieren und diese Uhr auch von einem bewegten IS aus betrachtet wird. Vom Koordinatenursprung beider Systeme lassen wir einen Lichtstrahl zu einer Uhr laufen, die 1 Lichtsekunde (LS) entfernt ist. Gleichzeitig bewegt sich das zweite IS' in positiver Richtung davon. Also etwa so:



In der Skizze sind die beiden IS übereinander abgebildet, man muss sich aber vorstellen, dass sie auf der gleichen Ebene liegen. Wir symbolisieren ein Photon der Wellenfront mit einem roten Punkt und sehen, dass die 1 LS entfernte Uhr nach 1 Sekunde vom Licht getroffen wird. Wir sehen auch, dass dieses Ereignis im dazu parallel bewegten IS' auf einer anderen Koordinate liegt, und fragen uns nun, wann dieses Ereignis in diesem IS' stattfindet. Wir betrachten das ganz klassisch mit der

Galileitransformation (GT) und nehmen eine Relativgeschwindigkeit von $0,5 c (=149896,229 \text{ km/s})$ an.

Weil das Licht auf den Äther und somit auf das darin ruhende IS bezogen bleibt, ergibt sich für das bewegte IS' klassisch eine LG von $c-v$ und die Uhr wird auch hier nach 1 s getroffen. Die Uhr kommt im IS' dem Licht entgegen, und das Ereignis findet im IS' auf der Koordinate $x'=0,5 \text{ LS}$ statt (nicht maßstabsgerecht in der Skizze). Einsteins Postulat lautet nun aber, dass die LG in jedem IS c beträgt. $c-v$ darf es im IS' daher nicht geben, und wir sollten daher auch im IS' die LG mit c vorfinden. Die auf $0,5 \text{ LS}$ verkürzte Strecke im IS' müsste daher mit c durchlaufen werden, und die Uhr müsste daher im IS' das Ereignis mit $0,5 \text{ s}$ anzeigen. Wir sind aber nach wie vor im ruhenden Äther, haben $c-v$ und sollen erreichen, dass die Uhr im IS' die Zeit mit $0,5 \text{ s}$ anzeigt. Wie erreichen wir das?

Wir ermitteln die Zeitdifferenz zwischen der klassischen Variante und jener der SRT mit "konstanter" LG und diese beträgt $0,5 \text{ s}$. Die LG $c-v$ muss zum Verschwinden gebracht werden, und wir machen uns das leicht: wir lösen das Lichtsignal "für das IS'" um $0,5 \text{ s}$ später aus!

Das Licht läuft also um $0,5 \text{ s}$ später los und wird mit $c-v$ (!) die Uhr nach $0,5 \text{ s}$ erreichen! Wir können nun behaupten, das Licht hätte vom Koordinatenursprung des IS' die $0,5 \text{ LS}$ in $0,5 \text{ s}$ zurückgelegt, also mit c !

Das ist ja ein übler Trick, werden Sie sagen, einfach für das IS' einen anderen, späteren Zeitpunkt für den Lichtstart anzunehmen, damit an der Uhr die $0,5 \text{ s}$ herauskommen! Tatsächlich wendet aber die Lorentztransformation genau diesen "üblen Trick" an! Bevor wir das überprüfen, gehen wir noch einer anderen Überlegung nach:

Im bewegten IS' vergeht die Zeit - wie wir an der Lichtuhr gesehen haben - ja langsamer, die Zeit muss im ruhenden IS also größer sein, und wir erinnern uns an den Lorentzfaktor. Wenn der Beobachter im IS' das Ereignis im ruhenden IS beurteilt, muss daher für die $0,5 \text{ s}$ und die Koordinate $0,5 \text{ LS}$ ein größerer Wert herauskommen. Wir setzen den Lorentzfaktor ein und erhalten $t'=0,57735 \text{ s}$ und $x'=0,57735 \text{ LS}$.

Und jetzt schauen wir mal, was die LT dazu sagt. Wir transformieren die Anfangssituation, also wenn sich die beiden IS noch gegenüber stehen, mit den Formeln:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; \quad t' = \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Und nehmen dabei an, dass im ruhenden IS die Zieluhr gleichzeitig mit der Startuhr auf "0" steht. Beide Uhren beginnen also bei 0 Uhr zu laufen, die Zieluhr auf der Koordinate $x=1 \text{ LS}$. Wir erhalten mit der LT zu Beginn den Ort dieser Uhr mit $x'=1,1547 \text{ LS}$ und die Zeit mit $t'=0,57735 \text{ s}$! Die Uhr wird aus Sicht des IS' also um $0,57735 \text{ s}$ später mit der Anzeige "0" zu laufen beginnen! Das ist genau der Wert, welcher das $c-v$ zum Verschwinden bringt! Denn die Uhr kann nur noch $0,57735 \text{ s}$ lang laufen, bis sie vom Licht erreicht wird. Und so ergibt die LT für dieses Ereignis auch prompt, dass die Uhr auf der Koordinate $x'=0,57735 \text{ LS}$ nach $t'=0,57735 \text{ s}$ vom Licht getroffen wird. Der "üble Trick" wird daher tatsächlich eingesetzt. Das Licht bewegt sich ebenso wie in der klassischen Variante nur im IS mit c , hat im IS' $c-v$, und dieses "v" wird zum Verschwinden gebracht, indem die Uhr einfach um den Betrag später startet, welcher nötig ist, um im IS' das gewünschte Ergebnis, nämlich „ $c=const$ “ zu erzielen. Aber es kommt noch etwas schlimmer!

Ebenso, wie hier gezeigt, das $c-v$ durch den Korrekturwert $0,57735 \text{ s}$ (der für alle Relativbewegungen mit $0,5 c$ gilt) weggezaubert wird, wird auch ein $c+v$ zum Verschwinden gebracht, indem ein Ereignis im IS' um $0,57735 \text{ s}$ früher stattfindet als im IS! Wir nehmen einfach an, dass ein Lichtstrahl in umgekehrter Richtung von der Zieluhr zur Startuhr läuft und transformieren diese Anfangssituation. Und da kommt für die Startzeit aus Sicht des IS' $t'=-0,57735 \text{ s}$ heraus! Das Minus vor dem Zeitpunkt bedeutet, das Ereignis im IS findet im IS' um $0,57735 \text{ s}$ früher statt! Klar, dass die LG $c+v$ dann

verschwunden ist. Wohlgermerkt, wir befinden uns nach wie vor im klassischen Absolutäther, haben $c+/-v$ und die Konstanz der LG wird damit erreicht, dass Ereignisse aus Sicht des IS' *geradeso später oder früher* stattfinden, dass sich jedenfalls *nach den Anzeigen der Uhren* auch in diesem IS' die LG stets mit c ergibt!

Das ist nicht nur eine gewaltige Mogelpackung, sondern dieses "*früher*" hat es in sich! Denn es muss tatsächlich früher sein als im anderen IS, die Zeiten sind nicht an den Haaren herbei gezogen, sondern stehen zueinander in Beziehung. Der Begriff *früher* hat nur dann einen Sinn, wenn es heißt, "*früher als ...*" Logischerweise früher *als im anderen System!* Ist z.B. das Ereignis ein Blitzeinschlag, so sieht der Beobachter im IS' den Blitz praktisch bereits, *bevor er überhaupt einschlägt!*

Die LT und damit die SRT nimmt daher eine **Kausalitätsverletzung** in Kauf, um die LG in jedem der beiden IS mit c erscheinen zu lassen! Aus diesem *früher und später* wird in weiterer Folge, eben gerade darum, weil sich aus der angenommenen Konstanz der LG in beiden Systemen eine unterschiedliche Synchronisation der Uhr ergeben sollte, die berühmte RdG, die offensichtlich die Folge einer Mogelpackung ist und daher selbst auch nichts anderes darstellt.

Die Korrekturwerte für jede Relativgeschwindigkeit tauchen immer in der LT auf, wenn $c+/-v$ verschwinden soll. Für eine in 1 LS entfernten Ereignis ergibt sich dieser Wert z.B. bei $v=100000$ km/s mit 0,353828781 s, für $v=180000$ km/s mit 0,750811746 s, für 250000 km/s mit 1,811922138 s usw. Immer handelt es sich um die Differenz von der klassischen Transformation zu jener mit $c=const$.

Ist jetzt c in jedem IS konstant oder werden bloß die Uhren unterschiedlich eingestellt und damit das v in $c+/-v$ hinweg gezaubert? Natürlich muss gezaubert werden, denn eine in allen IS konstante LG ist ein Ding der Unmöglichkeit, wie man an der Kausalitätsverletzung sofort erkennen kann. Dieser Kausalitätsverletzung könnte man nur entgehen, wenn man einfach annimmt, dass in den IS einander gegenüber stehende Uhren sich nur in ihren Zeitanzeigen immer um die vorhin genannten Zeitdifferenzen unterscheiden. Beruht die SRT auf diesem Umstand, so ist sie physikalisch bedeutungslos und all die ihr zugeschriebenen Effekte sind nur durch verstellte Uhranzeigen konstruierte Behauptungen.

Kommen wir noch mal kurz zur Lichtuhr zurück. Dass sie eigentlich nicht funktionieren könnte, habe ich schon angemerkt. Aber das ist noch nicht alles, was dazu zu sagen ist. Mit einer näheren Betrachtung dieser Uhr kommen wir auch zur mysteriösen Längenkontraktion - und was es mit dieser für eine Bewandnis hat.

Betrachten wir eine ruhende Lichtuhr mit zwei Spiegeln im Abstand von 1 LS, dann legt der Lichtstrahl pro Tick (einmal rauf und wieder runter) eine Strecke von 2 LS mit c zurück. Bewegt sich die Uhr relativ zu uns mit $0,5 c$, dann legt der Lichtstrahl für uns pro Tick klassisch gerechnet mit $2 \cdot \sqrt{1^2 + 0,5^2} = 2,236$ LS mit c zurück. Die bewegte Uhr scheint für uns langsamer zu ticken.

Die bewegte Uhr könnte nun auch umkippen und sich liegend weiter bewegen, aber nun fällt die schöne Zickzacklinie in der Skizze weg, und jetzt bekommen wir aber ein Problem mit dieser Uhr, denn sie muss sich nun *verkürzen*, um mit der Herleitung aus $c+v$ und $c-v$ im gleichen Maße langsamer zu werden wie im senkrechten Zustand.

Rechnen wir wieder ein wenig:

Zeiteinheit 1 s, $v = 0,5 c$, Spiegelabstand 1 LS, ein Tick ruhend 2,00 s.

Aufrecht bewegt mit $0,5 c$: $t' = 2l/c \cdot 1/\sqrt{1-(v^2/c^2)} = 2l/c \cdot 1,1547344 = 2,31$ s.

Liegend bewegt mit $0,5 c$: $t' = 2l/c \cdot 1/(1-v^2/c^2) = 2/1 \cdot 1/1-0,5^2/1^2 = 2 \cdot 1,33 = 2,66$ s.

Die Uhr ist offensichtlich zu lang. Von einer Uhr erwartet man, dass sie unabhängig von ihrer Lage läuft. Wir gehen her und machen die Uhr einfach kürzer. Wir verkürzen den Spiegelabstand der liegend bewegten Uhr gerade so viel, dass ein Tick auch in waagrecht Lage 2,31 Sekunden dauert.

Ausgehend von diesen 2,31 s, die das Licht in der mit 0,5 c im Äther (!) bewegten waagrecht liegenden Uhr einmal hin mit $c-v$ und zurück mit $c+v$ brauchen darf, erhalten wir für $c-v$: 1,7320508 s und für die Strecke zurück mit $c+v$: 0,57735027 s, macht in Summe 2,31 s. Die Uhr muss dazu auf 259627,883 (= 0,8660254 LS) km verkürzt werden.

Das Dumme dabei ist aber, wenn wir die Uhr wieder aufstellen, wäre sie zu kurz und die Zeiten stimmen erst recht nicht überein! Die Uhr müsste sich sehr seltsam verhalten. Wenn wir sie aufstellen, müsste sie wieder länger werden und wieder kürzer, wenn wir sie umlegen.

Und sollte die umgelegte Länge etwas mit der Längenkontraktion der SRT zu tun haben? Dann müssten sich die 259627,883 km, die wir mit $c+/-v$ erhalten haben, auch mit der LK-Formel der SRT ergeben. Versuchen wir es einmal: $l=l*\text{sqr}(1-v^2/c^2)$, oder kurz $l*\gamma$ (γ ergibt sich für 0,5 c mit 0,8660254), also $1 \text{ LS} * \gamma = 299792,458 * 0,8660254 = 259627,883 \text{ km}$! Tatsächlich, mit der Formel der SRT erhalten wir denselben Wert, *den wir mit $c+/-v$ im Äther erhalten haben*.

Die Sache hat aber einen Haken, denn wir haben festgestellt, dass die verkürzte Uhr aufrecht stehend nun falsch läuft!

Daraus müssen wir den Schluss ziehen, dass die Längenkontraktion der SRT *nichts Reales ist*. Denn eine Uhr, die ihre Länge danach richtet, ob sie waagrecht liegt oder senkrecht steht, kann es natürlich nicht geben.

Wir haben nun aber zumindest erkannt, dass die Längenkontraktion zusammen mit der ZD den Zweck hat, das $c+/-v$ der LG verschwinden zu lassen!

Die SRT macht damit also nichts anderes, als wir hier durch unsere Überlegungen heraus brachten: $c+/-v$ muss weg - und die LK sollte keinen Widerspruch zulassen, wenn man waagrechte Lichtstrahlen mit senkrechten vergleicht. Die mathematisch komplette Lösung für das Problem geht also davon aus, dass die Länge der waagrecht liegenden, im Äther bewegten (!) Lichtuhr einmal mit $c-v$ durchgemessen wird, also

$$t_1=L/c-v$$

und zurück mit

$$t_2=L/c+v$$

Die Gesamtzeit ist dann t_1+t_2 , also

$$t_g=(L/c-v)+(L/c+v)$$

Im Äther ruhend wäre die Gesamtzeit hingegen einfach

$$t_{\text{ruhend}} = 2L/c$$

und nun kommt der mathematische Trick an der Sache, man setzt einfach die Zeit aus der ruhenden Situation gleich mit jener, die sich bewegt (berechnet mit dem Lorentzfaktor) ergibt. Da steckt natürlich ein Zirkelschluss verborgen, denn dieser Faktor wurde ja durch Längenvergleich über den Pythagoras ermittelt. Sehen wir uns das an:

Die Gesamtzeit ergibt sich aus der ruhenden Zeit mal dem Lorentzfaktor:

$$t_g = 2L/c * 1/\gamma$$

und nun der Trick: wir setzen einfach beide Gesamtzeiten gleich (obwohl sie nicht gleich sind!):

$$(L/c-v) - (L/c+v) = 2L/c * 1/\gamma$$

und rechnen, nachdem wir mit diesem Trick die Längenkontraktion bereits hinein geschwindelt haben, einfach lustig weiter

$$L((1/c-v)-(1/c+v)) = 2L/c * 1/\gamma$$

$$L(c+v+c-v)/(c+v)*(c-v) = 2L/c * 1/\gamma$$

$$L*(2c/c^2-v^2) = 2L/c * 1/\gamma$$

$$L = 2L/c * 1/\gamma * (c^2-v^2)/2c$$

$$L = L/c * (c^2-v^2)/c * 1/\gamma$$

$$L = (c^2-v^2)/c^2 * 1/\gamma * L_{\text{ruh}}$$

$$L = ((c^2/c^2)-(v^2/c^2)) * 1/\gamma * L_{\text{ruh}}$$

$$L = (1-v^2/c^2) * 1/\gamma * L_{\text{ruh}}$$

$$L = \gamma * 1/\gamma * L_{\text{ruh}}$$

$$L = L_{\text{ruh}} * \gamma !$$

Damit haben wir den Lorentzfaktor heraus kristallisiert, den wir zuvor hinein gesteckt haben und diesen Faktor, der eigentlich ein Winkel zwischen einer diagonalen und einer waagrechten Strecke ist (Pythagoras), auf die waagrechte Strecke runtergeschrumpft (projiziert).

Und was hätte das mit einer realen Verkürzung einer Länge zu tun? Gar nichts. Es ist einfach die mathematische Lösung des künstlich geschaffenen Problems, dass aufrecht stehende Lichtuhren anders laufen als waagrecht liegende!

Welchen Schluss müssen wir aus diesen Überlegungen und Feststellungen ziehen? Die Einsteinsche SRT ist nichts anderes als die Äthertheorie von Lorentz *mit einer anderen aufgesetzten Interpretation*. Deswegen konnte Einstein einfach die Formeln von Lorentz übernehmen. Es ist also nicht überraschend, dass beide Theorien übereinstimmende Aussagen produzieren. Einstein hat damit den Äther nicht abgeschafft, denn die LT berücksichtigt den Äther mathematisch und beseitigt exakt das $c+/-v$ der LG nur mit den entsprechenden Zeitanzeigen von Uhren, widerlegt sich aber selbst mit *Kausalitätsverletzungen*. Und die Raumzeit Minkowskis ist dazu ein esoterisches Interpretationskunstwerk. Die SRT existiert also nur als Formeläquilibristik auf Papier oder in Gedankenexperimenten und ist physikalisch bedeutungslos - ebenso wie die Lorentzsche Theorie, die noch die ad hoc Annahmen einer realen Längenkontraktion und die relative Ortszeit enthält. Beide Theorien verschwinden, wenn man einmal mit einem wirklich tauglichen Experiment nachweist, dass sich das Licht ausschließlich konstant zum Äther oder moderner gesagt zum Absolutraum ausbreitet.

Noch gibt es keine Beweise dafür, dass eine der beiden Theorien die "richtige" sei, denn alle diesbezüglichen experimentellen Resultate wurden in Nichtintertialsystemen erbracht und sind keine Relativ- sondern Absoluteffekte, die auftreten, wenn sich das Medium, in welchem sich der Kosmos abspielt, auf physikalische Prozesse auswirkt. Mit den Überlegungen zum Higgs-Feld ist man nahe daran, wie das funktionieren könnte.

Die Relativitätstheorien stellen m.E. also nur ein mathematisches Gerüst dar, das mit der Natur selbst in keiner Beziehung steht.

Harald Maurer

www.mahag.com