Zum Missverständnis hinsichtlich der SRT-Zeitdilatation:

Die SRT fordert, dass aus jedem Bezugssystem gesehen die dazu *bewegte* Uhr dilatiert läuft, und manche Kritiker folgern, das sei logisch nicht möglich. Kritiker vergessen dabei sowohl die Lorentztransformation als auch den Umstand, dass eine dilatiert laufende Uhr nicht einfach „beobachtet" werden kann, sondern die Zeitdilatation das Resultat einer ***Messung*** ist, die sich nach einer ***Messvorschrift*** zu richten hat. Dazu muss man ein Zeit***intervall*** messen und sich ansehen, wie sich die Koordinaten mittels der Lorentztransformation verändern! Dann wird man feststellen, dass es tatsächlich möglich ist, dass jeder Beobachter die Uhr des anderen als dilatiert laufend feststellt. Um das besser zu verstehen, sollte man sich die Ereignisse, wie sie sich durch die Lorentztransformation ergeben, am folgenden Beispiel ansehen:

In den Eigensystemen von bewegten Uhren selbst darf es übrigens keine Veränderung des Uhrengangs geben!
Sehen wir uns den Zaubertrick der SRT, der die symmetrische Zeitdilatation möglich macht, also einmal genauer an:

Wir denken uns eine "bewegte" Uhr **C**, und um ihren Gang zu messen brauchen wir zumindest 2 "ruhende" Uhren **A** und **B**. A und B müssen natürlich im Laborsystem synchron sein. All Uhren zeigen also 0 an und C startet. (Bild 1)

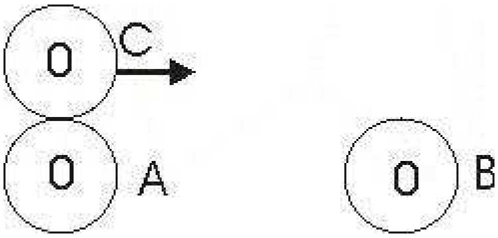

Bild 1

Da die "bewegte" Uhr C langsamer geht, zeigt sie bei Ankunft bei B einen kleineren Wert an als **B**.(Bild 2). Wir könnten das mit einem Foto dokumentieren, das beide Uhren zeigt und beweist, dass Uhr C als bewegte Uhr langsamer gelaufen ist.

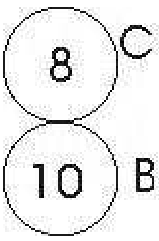

Bild 2

Jetzt zum Bezugssystem, in dem C ruht. Hier "bewegt" sich B und muss folglich langsamer laufen als C. Wie geht das, denn wir müssen ja auch hier *dasselbe Foto* erhalten, also für B den höheren Wert, obwohl B hier langsamer läuft?! Da kommt jetzt die berühmte **Relativität der Gleichzeitigkeit** ins Spiel. Diese besagt, dass A und B aus der Sicht von C nun ***nicht*** **synchron** sind, oder genauer, dass die Zieluhr **immer** *vor* geht! Das ergibt beim Start dann folgendes Bild: B geht gegenüber C bereits um 4s **vor**. (Bild 3).

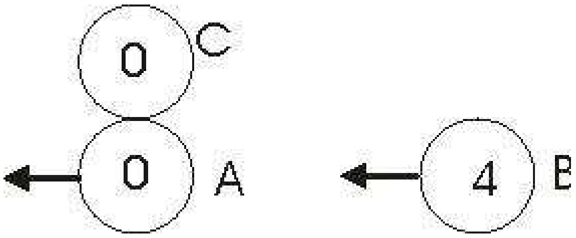

Bild 3

Da nun B langsamer tickt, **holt C jetzt natürlich auf**. Aber C holt nicht genug auf, d.h. der Vorsprung **reduziert** sich von 4 auf 2 Sekunden und wir haben das selbe Ergebnis wie oben: Es wird nun mit ***demselben Foto*** dokumentierbar, das die Uhr **B** 10s und die Uhr **C** 8s anzeigt. (Bild 4)

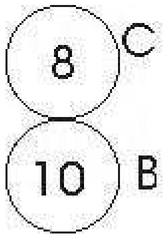

Bild 4

Ergebnis: Bewegte Uhren gehen langsamer - aus der Sicht von **beiden** Bezugssystemen. Selbstverständlich muss das Foto immer gleich ausfallen, egal, aus welchem Bezugssystem man den Vorgang beschreibt. Wer auf die **Relativität der Gleichzeitigkeit** vergisst, erwartet natürlich ein Paradoxon, nämlich aus Sicht von **C** ein Foto, das zeigt, dass **B** zurückgeblieben ist (das ist das meistgebrauchte Argument gegen das Zwillingsparadoxon). Die beiden Fotovarianten würden sich dann widersprechen. Paradoxa solcher Art lösen sich aber einfach mit der RdG auf - wie uns Relativisten immer wieder vorrechnen - und damit haben sie natürlich Recht. Jedenfalls mathematisch!

Die Lorentztransformation beschreibt genau die oben beschriebene Situation.
Wer Lust hat, kann es hier
http://www.mahag.com/srt/effekte.php?c=1
nachrechnen, um zu sehen, dass die Lorentztransformation tatsächlich den Startzeitpunkt je nach Bezugssystem verändert, damit auch die "ruhende" Uhr langsamer laufen kann, wenn man sie von der "bewegten" aus betrachtet...
Räumliche Koordinaten sind natürlich auch in der Galilei-Transformation beobachterabhängig, in der Lorentztransformation transformieren sie allerdings so, als würde man die Richtungen der Bezugssysteme zueinander verdrehen. Während in der Galileitransformation die Zeit absolut ist, wird sie – und das ist das Um und Auf der SRT! – bei der Lorentztransformation mittransformiert, was eben zur ***Relativität der Gleichzeitigkeit*** führt. Damit werden auch die „Zeitkoordinaten" beobachterabhängig. Nur wenn man das verstanden hat, wird man einsehen, dass man mit den Begriffen „Zeitdilatation" oder „Längenkontraktion" ***alleine*** keine Paradoxa konstruieren kann, die der Lorentztransformation gewachsen wären.

Analog zur Messvorschrift zur Zeitdilatation gibt es natürlich auch eine Messvorschrift zur Feststellung der ***Längenkontraktion***. Auch die wird meist gründlich missverstanden. Deshalb auch dazu einige Bemerkungen:

Zum Missverständnis hinsichtlich der SRT-Längenkontraktion:

Auch die Lorentzkontraktion ist eine unmittelbare Folge der ***Lorentztransformation*** und kann eigentlich nicht unabhängig davon oder getrennt behandelt werden, obwohl das manche Kritiker immer wieder tun und damit Paradoxa erzeugen, die natürlich stets mit der LT aufgelöst werden können.

Der Lorentzfaktor $\sqrt{1-v^2/c^2}$ ergibt sich aus der Herleitung der LT selbst oder kann schon aus dem Lichtuhrschema Einsteins hergeleitet werden (Pythagoras).

Die Lorentzkontraktion ist keine materielle Veränderung oder reale Verkürzung eines Objekts, sondern eine Folge der Messung in ein zeitdilatiertes System und der daraus resultierenden Relativität der Gleichzeitigkeit. Eine Bedingung bei der Messung einer Objektlänge ist dabei, dass beide Enden des Objektes ***gleichzeitig*** gemessen werden, und aus der Relativität der Gleichzeitigkeit ergibt es sich, dass die Gleichzeitigkeit nicht in beiden Bezugssystemen übereinstimmt; was für die einen Beobachter gleichzeitig ist, ist für die anderen nicht gleichzeitig. Diesem Umstand wird die Lorentztransformation gerecht, die die Koordinaten der Bezugssysteme nicht so wie die Galilei-Transformation verknüpft, sondern – wie gesagt - abhängig von der Relativgeschwindigkeit quasi verdreht, wobei die x-Koordinate und die t-Koordinate gegensätzlich zueinander verdreht werden, dies immer im Ausmaß des Lorentzfaktors (der ja eigentlich ein Winkel ist).

Um das Zustandekommen dieser verkürzenden Messung zu verstehen, darf man nur mit der Lorentztransformation vorgehen (es bringt nichts, wenn man nur mit dem Lorentz***faktor*** alleine argumentiert!).

Die Lorentztransformation:

$$t' = \frac{t - \frac{v}{c^2}\,x}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\ , \quad x' = \frac{x - v\,t}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\ , \quad y' = y\ , \quad z' = z$$

Es sei L_0 die Länge eines Stabes im Bezugssystem S' (in dem er ruht, man nennt L_0 daher Ruhelänge oder Eigenlänge des Stabes).

Die beiden Enden dieses Stabes bezeichnen wir als x'_1 und x'_2 ; also ergibt sich L_0 aus $x'_2 - x'_1$!

Wenn wir den (im System S' bewegten) Maßstab nun aus dem (ruhenden) System S beurteilen, müssen wir die beiden Stabenden mit der Lorentztransformation transformieren.

Für das eine Ende:

$$x_1' = \frac{x_1 - vt_1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

Für das andere Ende:

$$x_2' = \frac{x_2 - vt_2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}.$$

wobei x_1, t_1 und x_2, t_2 die Koordinaten von x'_1 und x'_2 in S sind.

Wenn wir die Länge des Stabes im System S messen, müssen wir die Koordinaten x_1 und x_2 gleichzeitig in S ablesen und folglich setzen: $t_1 = t_2$!

Wir subtrahieren die beiden Gleichungen :

$$x_2^{'} - x_1^{'} = \frac{x_2 - x_1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

also: (weil $L = x_2 - x_1$ und $L_0^{'} = x_2^{'} - x_1^{'}$!)

$$L_0^{'} = \frac{L}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

L ist demnach:

$$L = L_0^{'} \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}.$$

Das besagt, dass die Stablänge im System S im Verhältnis $\sqrt{1 - v^2/c^2}$: 1 verkürzt erscheint bzw. ***so gemessen*** wird.

Das alles ist m.E. gar nicht so schwer zu verstehen, wenn man mal akzeptiert hat, dass in der SRT die Koordinaten eben mit der Lorentztransformation statt mit der Galileitransformation zu übertragen sind, was ja - ***sollte das 2. Postulat richtig sein!*** - auch nicht anders erfolgen kann.

Graz, 1.1.2010

Harald Maurer
www.mahag.com