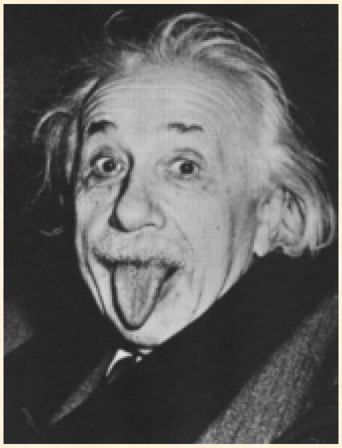
Über die Möglichkeit von Zeitreisen



§ 1. Ein Lichtjahr ist diejenige Entfernung eines kosmischen Objekts, für die das Licht genau 1 Jahr brauchen würde, um es zu erreichen, d.h. $1\,\mathrm{Lj} = c \cdot \mathrm{a}$, wobei c die Vakuumlichtgeschwindigkeit ist und a die Einheit 1 Jahr.

Die Zeit Δt, die ein Raumschiff benötigt, um ein Ziel im All zu erreichen, berechnet sich für einen auf der Erde zurückgebliebenen Beobachter nach folgender Formel:

$$\Delta t = \frac{d}{v},$$

wobei d die von der Erde (in Lichtjahren) gemessene Entfernung zum Ziel ist (Fixstern, Galaxie) und v die absolute Reisegeschwindigkeit des sich gleichförmig bewegenden Raumschiffs im erdfesten Bezugssystem.

Beispiel: Für ein 10 Lichtjahre entferntes Objekt, das mit 99,5 % der Lichtgeschwindigkeit erreicht werden soll, gilt $d = 10\,\mathrm{Lj} = 10 \cdot c \cdot \mathrm{a}$, $v = 0{,}995 \cdot c \Rightarrow$

$$\Delta t = \frac{10 \cdot c \cdot \mathrm{a}}{0{,}995 \cdot c} = \frac{10}{0{,}995}\,\mathrm{a} = 10{,}05\ \mathrm{a}.$$

$\Delta t'$ sei die Zeit im bewegten System, also im Raumschiff. Die Zeitdauer der Reise, die der ruhende Beobachter auf der Erde mißt, ist mit der Eigenzeit $\Delta t'$ durch den Faktor der „Zeitverlangsamung“ verknüpft:

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

was nach $\Delta t'$ aufgelöst den Zusammenhang

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

ergibt. Somit sind die Reisenden bei einer angenommenen Zeitdilatation von 10 (genauer Wert $1\Big/\sqrt{1 - v^2/c^2} = 10{,}01$)

$$\Delta t' = \frac{10}{10 \cdot 0{,}995}\ \mathrm{a} = 1{,}005\ \mathrm{a}$$

unterwegs. Bei einer Geschwindigkeit von 99,995 % der Lichtgeschwindigkeit beträgt der Faktor der Zeitdilatation $1\big/\sqrt{1-v^2/c^2} = 100{,}001$ und damit die Reisezeit für den bewegten Beobachter

$$\Delta t' = \frac{10}{100 \cdot 0{,}9995}\ \mathrm{a} = 0{,}100\ \mathrm{a},$$

also etwa 36 Tage. Bei dieser Geschwindigkeit wäre selbst ein 100 Lichtjahre entferntes Objekt in nur einem Jahr zu erreichen. Da der Ausdruck unter der Wurzel gegen Null geht und damit der Faktor der Zeitdilatation gegen Unendlich, geht schließlich auch die Reisedauer gegen Null, d.h. nach den Formeln der speziellen Relativitätstheorie kann das gesamte Weltall unabhängig von seiner Ausdehnung in unendlich kurzer Zeit durchquert werden, wenn nur die Geschwindigkeit des Raumschiffs nahe genug bei der Lichtgeschwindigkeit liegt.

Wer sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegt, für den hört die Zeit auf und steht still, er altert nicht mehr, sondern lebt ewig, er kann an jedem Ort des Universums gleichzeitig sein, er ist im wahrsten Sinne des Wortes allgegenwärtig und unsterblich. Diese Erkenntnisse sind den Aussagen der speziellen Relativitätstheorie entnommen, und wenn die Bibel sagt, Gott sei das Licht, dann beschreibt sie ihn durchaus richtig.

§ 2. Nun kann ein Raumfahrzeug nicht gleich mit seiner endgültigen Reisegeschwindigkeit losfliegen, sondern es muß durch Beschleunigung erst auf diese Geschwindigkeit gebracht werden. Um eine beliebige Geschwindigkeit v zu erreichen, ist im System des irdischen Betrachters die Zeit

$$t = \frac{v}{a\sqrt{1-\beta^2}}$$

nötig (wobei wir für v/c die geläufige Abkürzung verwendet haben). Darin ist a der Wert der konstanten Beschleunigung in m/s^2. (Die Erdbeschleunigung wird mit 10 m/s^2 angenommen.) Während der Beschleunigungsphase wird der Weg

$$s = \frac{c^2}{a}\left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1\right)$$

zurückgelegt. In irdischen Dimensionen gedacht besteht eine galaktische Reise aus einem Beschleunigungs- und einem Bremsweg und dazwischen aus einem Streckenabschnitt, der mit gleichförmiger Geschwindigkeit zurückgelegt wird. Was aber läge daran, den Beschleunigungs- und Bremsweg gerade so zu wählen, daß die Zeit, in der sich das Raumschiff mit konstanter Geschwindigkeit bewegt, gegen Null geht, also Brems- und Beschleunigungsstrecke nahtlos ineinander übergehen? Dann müßte gelten: $s = d/2$, d.h. die Beschleunigungsstrecke entspräche gerade der halben Entfernung zum Fixstern. Dies wäre genau dann der Fall, wenn

$$\beta = \sqrt{1 - \left(1 + \frac{d \cdot a}{2c^2}\right)^{-2}}$$

ist. Da das Raumschiff mit Ankunft auf einem mehrere Lichtjahre entfernten Stern wieder bis auf Null abgebremst, d.h. sich in Ruhe befinden soll, sind, wenn man die Wege für Beschleunigen und Abbremsen gleich lang wählt, von der Distanz *d* zum Fixstern zweimal die Beschleunigungsstrecken *s* abzuziehen. Die Zeit, die das Raumschiff auf dem Hinweg mit konstanter Geschwindigkeit *v* unterwegs ist, ist also

$$t = \frac{d - 2s}{v},$$

so daß sich für die gesamte Reisedauer eine Zeit

$$t_R = \frac{2(d - 2s)}{v} + \frac{4v}{a\sqrt{1 - \beta^2}}$$

ergibt.

Im System des Kosmonauten beträgt die Zeit, um die Reisegeschwindigkeit *v* zu erreichen

$$t' = \frac{c}{a} \ln\left((at/c) + \sqrt{1 + (at/c)^2} \right),$$

wobei *t* die Zeit ist, die der erdfeste Beobachter feststellt. Auf dem Teilabschnitt, der mit konstanter Geschwindigkeit zurückgelegt werden muß, vergeht aufgrund der Zeitdilatation für die einfache Strecke die Zeit

$$t' = t\sqrt{1 - \beta^2},$$

so daß wir für den gesamten Hin- und Rückweg im bewegten System eine kürzere Reisedauer messen:

$$t'_R = \frac{2(d - 2s)}{v}\sqrt{1 - \beta^2} + \frac{4c}{a} \ln\left(\left(\beta\middle/\sqrt{1 - \beta^2}\right) + \sqrt{1 + \left(\beta\middle/\sqrt{1 - \beta^2}\right)^2} \right).$$

Setzen wir nun noch den optimalen Wert für β ein, so erhalten wir schließlich

$$t'_R = \frac{4c}{a} \ln\left(\beta\left(1 + \frac{d \cdot a}{2c^2}\right) + \sqrt{1 + \beta^2\left(1 + \frac{d \cdot a}{2c^2}\right)^2} \right).$$

Für die Reise zu dem uns am nächsten liegenden Fixstern α-Centauri, der 4,2 Lichtjahre von der Erde entfernt ist, und zurück würde ein Raumschiff, das mit 10facher Gravitationsbeschleunigung auf die 0,999fache Lichtgeschwindigkeit gebracht werden soll, die es nach irdischen Maßstäben erst nach 2,2 Jahren erreicht, 8,78 Jahre benötigen. Der an Bord befindliche Kosmonaut hätte die Endgeschwindigkeit, unabhängig davon, ob er die Beschleunigung aushält, bereits nach 0,365 Jahren erreicht, also nach etwa viereinhalb Monaten. Die gesamte Reise hin und zurück würde für ihn 1,46 Jahre dauern, also etwa eineinhalb Jahre anstatt 8 Jahre und 10 Monate. Mit der hundertfachen Erdbeschleunigung, wobei das Raumfahrzeug allerdings auf die 0,99999fache Lichtgeschwindigkeit beschleunigt werden müßte, beträgt die Reisezeit für den Kosmonauten nur noch 0,232 Jahre (d.h. 2 Monate und 23 Tage), während der irdische Beobachter das Fahrzeug erst nach knapp 8 Jahren und 6 Monaten zurückerwarten dürfte, sich die Wartezeit für ihn gegenüber den Verhältnissen mit 10facher Erdbeschleunigung also nicht erheblich verkürzt.

Mit der gleichen 100fachen Erdbeschleunigung kann durchaus auch ein 100 Lichtjahre entferntes Objekt in für irdische Verhältnisse vertretbarer Zeit angesteuert werden. Mit Erreichen der 0,99999998fachen Lichtgeschwindigkeit ist ein Kosmonaut lediglich 4 Monate und 7 Tage unterwegs, bis er wieder auf der Erde zurück ist, seinen dortigen Aufenthalt, der genauso lange dauern würde wie auf der Erde, nicht eingerechnet. Dabei wird er von den Zurückgebliebenen, die er vor wenigen Monaten verlassen hat, allerdings nur mehr wenige am Leben antreffen, denn auf der Erde sind inzwischen mehr als 200 Jahre vergangen.

Zeitreisen haben – vorausgesetzt, daß der Mensch nicht irgendwann die Unsterblichkeit erlangt –, wenn überhaupt, nur dann einen Sinn, wenn alle Erdbewohner gleichzeitig verreisen und zur verabredeten Zeit auch möglichst gleichaltrig auf der Erde wiedereintreffen, da sie sich sonst in Raum und Zeit verlieren. Es könnte nämlich der Sohn, sofern er auf der Erde zurückbleibt, älter als der Vater geworden sein, wohingegen letzterer, da er mit dem Licht gereist ist, in der Zwischenzeit nicht wesentlich älter geworden ist. Dennoch hätte der ältere Sohn den jüngeren Vater niemals zeugen können, denn die Kausalität läßt sich durch die Relativität von Raum und Zeit nicht umkehren!