

ZEITREISEN IN DER PHYSIK

ZWISCHEN SCIENCE FICTION
UND MODERNER WISSENSCHAFT

Fachbereichsarbeit
aus
PHYSIK

AM BRG Kepler
bei Dr Gerhard Rath

vorgelegt von
Martin Schmierdorfer
8 B-Klasse
SJ 1999/2000

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Vorwort	2
1. Kapitel: Was ist Zeit?	
Eine Definition des Begriffs Zeit aus verschiedenen Blickpunkten, vor allem dem physikalischen	
1.1 Der Zeitbegriff	3
1.2 Die Richtung der Zeit	8
2. Kapitel: Die Idee des Zeitreisens	
Die Geschichte der Idee des Zeitreisens von der utopischen Fantasie zur theoretischen Möglichkeit	
2.1 Was ist eine Zeitreise?	10
2.2 Die Arten von Zeitreisen	11
3. Kapitel: Anleitung zum Zeitreisen	
Die physikalischen Möglichkeiten von Zeitreisen unter Zuhilfenahme von Einsteins Spezieller und Allgemeiner Relativitätstheorie	
3.1 Zeitreisen mittels Zeitdilatation	13
3.2 Kosmologische Zeitreisemodelle	14
4. Kapitel: Was wäre wenn ...?	
Das Großvaterparadoxon und andere Probleme die bei Zeitreisen auftreten würden	
4.1 Paradoxien und Kausalitätsverletzungen	18
Nachwort	22
Zitatenliste	24
Literaturverzeichnis	25

Vorwort

Diese Fachbereichsarbeit entstand aus meinem Wunsch mich eingehend mit einem Thema der theoretischen Physik zu beschäftigen, da sich die theoretische Physik weniger mit den Fakten als vielmehr mit deren Interpretationsmöglichkeiten beschäftigt und man auch schon sehr oft in den Bereich der Philosophie kommt, die vor allem beim Thema Zeit und bei den Zeitreiseparadoxien eine Rolle spielt.

Aufgrund einer Projektwoche zum Thema „Zeitreisen“, die sehr interessant und lehrreich war, sich aber für meinen Geschmack und für diese Fachbereichsarbeit zu wenig mit dem theoretischen Aspekt beschäftigte und weil mich das Thema „Zeit“ schon immer fasziniert hat, kam ich zu dem Schluss dieses Thema zu wählen. Meine Fachbereichsarbeit kann und soll auch gar nicht ein allgemeines und vollständiges Werk über dieses Thema sein, sondern behandelt vor allem die Punkte die mir am interessantesten erscheinen, diese dafür auch etwas genauer. Leider habe ich nicht die Möglichkeit etwas Neues zu schreiben, sondern kann nur aus Gegebenem auswählen, da weder der Umfang dieser Arbeit, noch die Zeit, die ich benötigen würde, noch meine Kenntnisse dies zulassen. Trotzdem will ich versuchen möglichst eigenständig zu schreiben und nur die grundsätzlichen Ideen aus meinem Material zu nehmen, es aber mit meinen eigenen Worten, so wie es sich meiner Meinung nach darstellt, zu formulieren. Ich habe daher nur bei echten Zitaten die Quelle angegeben nicht jedoch bei Gedankengängen, die zwar durch jemand anderen angeregt wurden, aber bei mir entweder zu anderen Schlussfolgerungen führen oder bei denen ich zu den gleichen Schlussfolgerungen, aber auf anderen Wegen, komme. Der Umfang dieser Fachbereichsarbeit hindert mich auch daran die Grundbegriffe der Physik zu erklären, es ist daher notwendig, dass der Leser gewisse physikalische Kenntnisse besitzt. Ich erwähne daher nur was dazu nötig ist um diese Fachbereichsarbeit zu verstehen, nicht jedoch wie man dies erlangt.

1. Kapitel: Was ist Zeit?

1.1 Der Zeitbegriff

Unsere Alltagswelt ist bestimmt durch die Zeit, denn sie ist eine der wichtigsten Orientierungsgrößen unserer Gesellschaft und die Uhr eines der wichtigsten Werkzeuge im täglichen Leben eines jeden. Um uns nach der Zeit richten zu können müssen wir Uhren haben, die möglichst wenig falsch gehen. Doch falsch zu wem? Derzeit wird die Zeit am genauesten in Atomuhren gemessen, die dazu Schwingungen von Atomen benutzen, nach denen alle anderen Uhren gerichtet werden. In den meisten Fällen benutzt man Cäsium-Isotope. Doch auch diese Uhren gehen falsch, wenn man auch nicht sagen kann im Vergleich zu wem, denn es gibt keine absolut richtige und genaue Uhr nach der man die Atomuhren richten könnte. Insofern kann man eigentlich nur dann vom Falschgehen einer Uhr sprechen, wenn sie im Vergleich zu einer willkürlich definierten Standardzeit falsch geht. Hinzu kommt, dass das Wesen der Zeit derzeit physikalisch nicht genau geklärt ist. Niemand „weiß“ was Zeit wirklich ist. Aus diesem Grund, denn dieses Nichtwissen, was Zeit wirklich sei, war den Menschen schon immer ein Dorn im Auge, zerbrachen sich auch schon sehr viele Philosophen den Kopf darüber, was Zeit denn nun ist.

Aristoteles meinte zum Thema Zeit:

„Wir erfassen die Zeit nur, wenn wir erkennbare Bewegungen haben. Wir messen jedoch nicht nur die Bewegung durch die Zeit, sondern auch die Zeit durch die Bewegung, da beide einander definieren.“¹⁾

Diese Definition kommt der derzeit in der modernen Physik verwendeten eigentlich sehr nahe, denn Schwingungen von Atomen sind auch nichts anderes als Bewegungen. Ganz anders, und seit Einsteins spezieller Relativitätstheorie auch erwiesenermaßen falsch, aber unserem menschlichen Erfassen der Zeit am

ähnlichsten ist Sir Isaac Newton's Definition, aus der das mechanistische Weltbild seiner Zeit spricht:

*"Die absolute, wahre mathematische Zeit verfließt an sich und vermöge ihrer Natur gleichförmig und ohne Beziehung zu irgendeinem Gegenstand."*²⁾

Würde diese Definition gelten bräuchte man sich auch über das Thema Zeitreisen keine Gedanken zu machen, denn die Definition besagt ja, dass kein Gegenstand den Zeitfluss verändern kann. Die Definition der Zeit von Immanuel Kant gibt der Zeit einen rein psychologischen Charakter, indem sie für ihn nur ein Werkzeug des menschlichen Geistes ist um sich die Welt vorstellen zu können, denn wie sähe die Welt aus wenn wir alles zugleich erleben würden? Aber abgesehen von der biologischen Notwendigkeit einer „fließenden“ Zeit, denn wir wären nicht lebensfähig in einer Welt mit statischer Zeit, hätte es auch keinen Sinn von Zeitreisen zu sprechen, wenn die Zeit nicht vergeht. Manche theologischen Philosophen meinen dazu, dass Gott so die Zeit wahrnimmt. Für ihn passiert alles zugleich, er kann daher zu jeder Zeit eingreifen und weiß, was in jeder Zeit passiert. Man könnte dies als Ewigkeit bezeichnen, wobei es andererseits etwas widersprüchlich erscheint, Ewigkeit als Zeitlosigkeit zu definieren, denn Zeitlosigkeit würde auch bedeuten nicht zu einem bestimmten Zeitpunkt in die fließende Zeit eingreifen zu können. Es gäbe weder Vergangenheit, noch Zukunft, ja es gäbe überhaupt die Dimension Zeit nicht mehr, es gäbe daher auch nur mehr in die drei Raumdimensionen verteilte Ereignisse, wobei auf jeden Punkt im Raum eine sehr große Menge an Ereignissen kommen würde, deren Anzahl nur davon abhängt, wie alt das Universum wird.

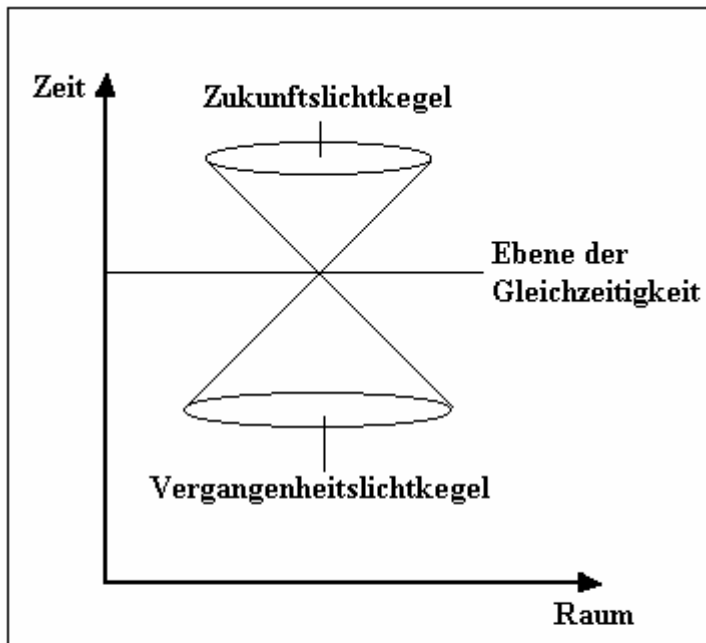
Einsteins Definition der Zeit ist die derzeit in der Physik gebräuchliche, aber eigentlich schwer vorstellbare. Bei ihm ist die Zeit veränderlich und durch Geschwindigkeit und Gravitation beeinflussbar. Seine Spezielle Relativitätstheorie besagt, dass es unmöglich ist eine absolute Zeit zu messen, denn abgesehen davon, dass man eine perfekte Uhr bräuchte, müßte man sich in absoluter Ruhe befinden, es ist aber leider unmöglich zu

bestimmen, ob man sich in absoluter Ruhe befindet, denn dies widerspricht dem Relativitätsprinzip. Zeit kann nur im Vergleich zu einem anderen System gemessen werden. Wenn sich ein System in Bezug auf das andere gleichförmig bewegt, dann gehen auch die Uhren verschieden, wobei jeder bei sich Ruhe, aber beim anderen Bewegung feststellt; die Zeit des anderen fließt daher langsamer. Diesen Effekt nennt man Zeitdilatation. Ein Effekt, der sich ähnlich auswirkt aber andere Ursachen hat, ist in Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie beschrieben. Stärkere Gravitation läßt die Zeit im Vergleich zu einem System mit schwächerer Gravitation langsamer verstreichen.

Die absolute Uhr müßte also nicht nur die oben genannten Bedingungen erfüllen, um als absolut zu gelten, sie müßte auch unendlich weit weg von jeder Gravitation und damit von jeder Masse sein, da diese Uhr jedoch wahrscheinlich selbst Masse haben würde, hätte sie auch Gravitation und wäre somit nicht mehr absolut. Dies ist der Beweis, dass es nicht nur praktisch sondern auch theoretisch unmöglich ist eine absolute Uhr zu konstruieren.

Der Punkt der bei Einsteins Sichtweise der Zeit besonders gegen die Alltagslogik spricht ist der Begriff der Gleichzeitigkeit. In unserer Alltagslogik gibt es einen Zeitpunkt der für alle zugleich das Jetzt ist. In einem Raum-Zeitdiagramm würde unser Empfinden der Gleichzeitigkeit eine Ebene darstellen, die parallel zu den Raumachsen und im rechten Winkel zur Zeitachse liegt. Alle durch Punkte auf ihr dargestellten Ereignisse in der Raum-Zeit sind gleichzeitig. Einstein verwarf in seiner Relativitätstheorie dieses Zeitmodell und definierte statt dessen die Zeit und damit auch die Gleichzeitigkeit über die Lichtgeschwindigkeit. Da diese immer konstant sein musste (dies war eines der zwei Postulate Einsteins, auf denen er seine spezielle Relativitätstheorie aufbaute) mussten sich sowohl Zeit als auch Raum in bewegten Objekten verändern, denn damit ein Lichtstrahl in einem bewegten System gleich schnell sein kann wie in einem ruhenden System, müssen sich die Größen ändern, aus denen die Geschwindigkeit besteht. Da die

Geschwindigkeit durch die Formel $\text{Geschwindigkeit} = \frac{\text{Weg}}{\text{Zeit}}$ berechnet wird müssen sich Weg- und Zeitmaßstäbe ändern.



Raumzeitdiagramm: alle Punkte im Raumzeitdiagramm repräsentieren ein Ereignis. Alle Punkte auf den Sehnen des Vergangenheitslichtkegels sind für mich gleichzeitig. Die Ebene der Gleichzeitigkeit stellt das scheinbare Gleichzeitigkeitsempfinden dar. Alle Ereignisse die ich beeinflussen kann liegen im Bereich des Zukunftslichtkegels. Alle Punkte außerhalb der Lichtkegel stellen meine Zukunft dar.

Für die Gleichzeitigkeit bedeutet dies, dass ich, der Beobachter, all das gleichzeitig erlebe, was ich zugleich wahrnehme, was jedoch nichts darüber aussagt, wann es passiert ist. Auf unserer Erde spielt das kaum eine Rolle, denn die Zeitdifferenz um die ein Lichtstrahl länger braucht ob er von Wien nach Graz oder von Tokio nach Graz kommt merken wir ohne Hilfsmittel nicht, aber in den Maßstäben des Weltraums können zwei Ereignisse Millionen von Jahren auseinander liegen und trotzdem für uns gleichzeitig erscheinen, da das frühere Ereignis weiter weg ist und sein Signal länger braucht um zu uns zu kommen. In ein Raum-Zeitdiagramm übertragen bedeutet dies, dass nur Punkte und somit die durch sie repräsentierten Ereignisse in der Raumzeit auf den Sehnen eines Raum-Zeitkegels für den Beobachter gleichzeitig sind. Wichtig ist daran vor allem, dass Gleichzeitigkeit vom Beobachter abhängt, und daher

nicht absolut, sondern relativ ist (daher auch der Name Relativitätstheorie). Wie man zu objektiver Sicherheit über die zeitliche Abfolge von Ereignissen kommt beschreibt ein Zitat von A. A. Robb am besten:

*"Ein Ereignis findet nur dann eindeutig früher statt als ein anderes, wenn es auf das andere irgendwie einwirken kann."*³⁾

An dieser Definition von A. A. Robb kann man auch den Anknüpfungspunkt für einen weiteren, vor allem für das Thema Zeitreisen wichtigen Aspekt des Themas Zeit setzen:
Den Zeitpfeil.

1.2 Die Richtung der Zeit

Die Richtung der Zeit spielt eine große Rolle, denn wäre die Zeit wirklich symmetrisch, wenn also alle physikalischen Vorgänge sowohl rückwärts als auch vorwärts gleich ablaufen könnten wäre die Frage zu klären, warum wir die Welt gerade in dieser und nicht in irgendeiner anderen Zeitrichtung erleben und ob es nicht möglich wäre, die Richtung der Zeit, den Zeitpfeil, umzudrehen. Zum Umdrehen des Zeitpfeiles gibt es eine interessante Theorie: Derzeit dehnt sich das Universum aus und der Zeitpfeil zeigt sozusagen nach vor. Es könnte sein, dass sich das Universum irgendwann wieder einmal zusammenzieht und dabei der Zeitpfeil auch umgedreht wird. Das Zusammenziehen des Universum würde also genau spiegelbildlich (symmetrisch) vor sich gehen.

Ist die Zeit jedoch nicht symmetrisch, der Zeitpfeil also nicht umkehrbar (invariant), worauf einige Beispiele hindeuten, die später noch erwähnt werden, so ist es vor allem wichtig zu klären warum doch die meisten physikalischen Vorgänge umkehrbar sind. Mit dem obigen Zitat von A. A. Robb ist die Zeitrichtung insofern festgesetzt, dass die Ereignisfolge klar definiert ist. Ein Ereignis kann nur nach einem Ereignis erfolgen, durch das es beeinflusst worden ist, und niemals vorher, denn dies würde das Kausalitäts- und das Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit verletzen. Auf die Verletzung des Kausalitätsprinzips wird im Kapitel die Paradoxien noch näher eingegangen.

Ein wichtiges Argument für die Nichtumkehrbarkeit des Zeitpfeils ist im 2. Hauptsatz der Thermodynamik verankert, der folgendermaßen lautet:

„Die Umwandlungsmöglichkeiten der Energien sind eingeschränkt.

Es ist unmöglich, Wärme ohne Verluste von einem niedrigeren auf ein höheres Temperaturniveau zu heben.“⁴⁾

Dies bedeutet, dass jede Energieumwandlung zu einem höheren Energieniveau unwiederbringliche Verluste mit sich bringt, die auch bei der Umkehr des Prozesses nicht wiederherstellbar wären. Ich kann zum Beispiel nicht durch Schieben des Autos und Hineinpressen von Abgasen Benzin erzeugen, sehr wohl kennen wir aber den Vorgang, dass Benzin zu Abgasen die ausgestoßen werden verbrennt und das Auto sich bewegt. Dieses Beispiel zeigt also, dass die Zeitrichtung nicht so einfach umgekehrt werden kann. Ein wichtiges Beispiel aus der Quantenphysik, das auch im Mikrokosmos Hinweise auf einen möglichen Zeitpfeil gibt, stellt der Kaonenzerfall dar. Kaonen sind instabile Teilchen im subatomaren Bereich, die wie alle anderen derartigen Teilchen mit einer gewissen Halbwertszeit zerfallen. Besonders an diesen Teilchen ist jedoch, dass nach Berechnungen ihr Zerfallsprozess in die umgekehrte Richtung nicht genau gleich lange dauern würde. Dies bedeutet, dass es für Kaonen keine Zeitsymmetrie zu geben scheint, was für andere (zum Beispiel radioaktiven Zerfälle) aber zutrifft. Ansonsten gibt die Quantenphysik keine Hinweise auf die Zeitrichtung, da durch die Unschärferelation auch nicht genau gemessen werden kann in welcher Zeit sich ein Teilchen befindet. Subatomare Teilchen befinden sich in einem gewissen Zeitbereich, können daher auch mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit in der Zeit zurück oder vor „reisen“.

2. Kapitel: Die Idee des Zeitreisens

2.1 Was ist eine Zeitreise?

Es ist sehr schwierig eine Zeitreise zu definieren, seit es keine absolute Zeit mehr gibt, denn früher war diese einfach der Maßstab und man konnte sagen, alles, was nicht genau diesen absoluten Zeitrythmus mitmachte, machte eine Zeitreise.

Wenn aber die Zeit jedes einzelnen Systems immer nur in Bezug auf ein anderes System gemessen werden kann und kein System ausgezeichnet ist, kann auch eine Zeitreise nur im Bezug auf ein anderes System gemessen werden.

Außerdem machen wir ständig Zeitreisen, denn wir bewegen uns ständig vorwärts in der Zeit, da wir dies aber alle und vor allem mit der gleichen Geschwindigkeit tun, fällt es uns nicht auf.

Eine allgemeingültige Definition des Begriffes, oder eigentlich mehr des Vorganges „Zeitreise“ müsste zumindest dies berücksichtigen um als solche zu gelten. Ich kann hier keine allgemeingültige Definition des Vorganges Zeitreisen geben, obwohl dies für die Exaktheit nötig wäre, aber ich kann zumindest die Bedingungen nennen, die erfüllt sein müssen, damit der Begriff Zeitreise in dieser Arbeit angewendet wird. Wichtig ist hierbei vor allem, dass sich die eigene Zeit nie verändert. Die Zeit in meinem Bezugssystem ändert sich für mich nicht, eine Schlussfolgerung aus der Speziellen Relativitätstheorie, ich kann daher nie von selbst, ohne Beobachtung der Außenwelt sagen, ob und wohin ich eine Zeitreise getan habe.

2.2 Die Arten von Zeitreisen

1. Zeitreisen in die Vergangenheit

Um von einer Zeitreise in die Vergangenheit reden zu können muss vor allem erklärt werden, in wessen Vergangenheit gereist wird.

Grundsätzlich kann jedoch die Reise in eine Zeit bevor die Zeitmaschine existiert hat ausgeschlossen werden. Ich kann im besten Fall den Punkt in der Raumzeit erreichen, an dem die Zeitmaschine fertiggestellt wurde, da sie mich ja nicht in eine Raumzeit befördern kann, in der sie selbst noch gar nicht existiert hat.

Es gäbe prinzipiell zwei Möglichkeiten in die Vergangenheit zu reisen: Die Zeit rückwärts laufen zu lassen oder durch irgendeine Verbindung zwischen einem Punkt in der jetzigen Raumzeit mit einem Punkt in einer früheren Raumzeit.

Die Möglichkeit die Zeit im ganzen Universum rückwärts laufen zu lassen, habe ich schon in Kapitel 1.2 in Zusammenhang mit der Kontraktion des Universums erwähnt, dies wäre aber auch keine Zeitreise im eigentlichen Sinn, da es niemand bemerken würde, weil es kein Bezugssystem geben würde, an dem ich den Rückwärtsgang der Zeit ablesen könnte. Es wäre also die Norm und wie schon vorher erwähnt, muss eine Zeitreise eine Veränderung im Vergleich zur Normzeit sein, um als solche zu gelten. Nur die Zeit im eigenen Bezugssystem rückwärts laufen zu lassen hätte nur insofern Sinn, als es für die kosmetische Industrie als Verjüngungskur nutzbar wäre. Es wäre eine persönliche Zeitreise, bei der ich die Außenwelt nicht beeinflussen könnte und daher nicht unmittelbar in die Vergangenheit oder Zukunft reisen könnte, aber ich meine Zeit von der des restlichen Universums unabhängig machen würde. Es könnte auch als Zeitreise bezeichnet werden und hätte sogar den Vorteil, dass die Kausalität nie gefährdet wäre, aber leider ist mir kein physikalisches Mittel bekannt, das diesen Zweck erfüllen würde. Die einzig sinnvolle Zeitreisemöglichkeit, die durch Rückwärtslaufen der Zeit erreicht werden könnte, müsste

gewährleisten, dass mein Bezugssystem (ich) in „Normalzeit“ weiterläuft, aber im gesamten restlichen Universum, oder zumindest einem Teil davon, die Zeit rückwärts läuft, doch kenne ich auch für diesen Zweck leider kein Mittel. Die Möglichkeit einer Verbindung zwischen einem Punkt in der jetzigen und einem anderen in einer früheren Raumzeit ist vor allem durch Wurm Löcher (zumindest theoretisch) gegeben. (siehe Kapitel 3.2)

2. Zeitreisen in die Zukunft

Auch hier muss vorrangig geklärt werden, in wessen Zukunft die Reise führt. Bei Zeitreisen in die Zukunft ist vor allem eines ausgeschlossen, nämlich dass ich in meine eigene Zukunft reise, da es mich ja in der Gegenwart nur einmal gibt (abgesehen von der viele-Welten-Theorie die bei den Paradoxien noch näher behandelt werden wird), ich also nur eine fortschreitende Weltlinie haben kann (im Gegensatz zu Zeitreisen in die Vergangenheit, bei denen sich prinzipiell mehrere meiner Weltlinien schneiden könnten). Zeitreisen in die Zukunft anderer sind vor allem dadurch zu erreichen, dass ich meine eigene Lebenszeit verlangsamt oder anhalte während die Lebenszeit anderer gleich schnell verläuft. Dies lässt sich vor allem durch die Zeitdilatation erreichen. (siehe Kapitel 3.1)

3. Kapitel: Anleitung zum Zeitreisen¹⁾

3.1 Zeitreisen mittels Zeitdilatation

Zeitdilatation kann, wie im ersten Kapitel erwähnt, mit zwei Mitteln erreicht werden: Durch Geschwindigkeit und durch Gravitation. Um den Effekt der Zeitdilatation für Zeitreisen ausnützen zu können, die diesen Namen auch verdienen, müsste die Gravitation erheblich größer als die auf der Erde herrschende, ja sogar größer als jene auf der Sonne sein. Für die geschwindigkeitsbedingte Zeitdilatation müssten Geschwindigkeiten nahe der Lichtgeschwindigkeit erreicht werden. Die Formulierung „Zeitreisen, die diesen Namen auch verdienen“ ist mir besonders wichtig, da man sonst auch sagen könnte, dass jemand der oft mit dem Auto fährt und immer auf der Höhe des Meeresspiegels lebt eine Zeitreise macht, weil für ihn die Zeit um ein paar Nanosekunden langsamer vergangen ist als für jemand anderen, der sich kaum fortbewegt und auf 7000 Meter Höhe lebt.

Am besten werden Zeitreisen mittels Zeitdilatation durch das sogenannte Zwillingsparadoxon beschrieben, mit dem oftmals versucht wurde zu zeigen, dass die Spezielle Relativitätstheorie in sich widersprüchlich ist.

Es gibt jedoch zwischen der Zeitdilatation durch Bewegung und der durch Gravitation einen wichtigen Unterschied: Die Zeitdilatation die durch Bewegung hervorgerufen wird, verursacht nur eine „lokale“ Zeitdilatation im bewegten System. Gravitation verursacht jedoch, dass sich die gesamte Raumzeit krümmt.

Diese Form des Zeitreisens, also mittels Zeitdilatation ist die einzige, von der man derzeit gesichert sagen kann, dass sie möglich und auch durchführbar ist.

3.2 Kosmologische Zeitreisemodelle

1. Schwarze Löcher

Karl Schwarzschild fand bald nachdem Einstein seine Allgemeine Relativitätstheorie veröffentlicht hatte heraus, dass es für jeden Stern (natürlich auch für jedes andere Objekt, aber physikalische Relevanz hat es in diesem Zusammenhang nur für große Sterne) einen Radius gibt, bei dessen Unterschreitung die Fallgeschwindigkeit an der Oberfläche die Lichtgeschwindigkeit überschreitet. Dieser wurde dann auch nach ihm Schwarzschildradius genannt. Wenn ein Stern seinen gesamten nuklearen Brennstoff aufgebraucht hat und die Gravitation daher den durch die Kernfusion verursachten Druck nach außen übersteigt, dann fällt der Stern in sich zusammen. Übersteigt er eine bestimmte Größe, dann ist der gravitative Druck sogar so hoch, dass der Stern unter den Schwarzschildradius fällt und schlussendlich in einer punktförmigen Singularität landet, bei deren Beschreibung alle derzeitigen physikalischen Gesetze versagen. In der Raumzeit kann man sich dies als unendlich tiefes Loch vorstellen.

Dieses Ergebnis nennt man dann ein Schwarzes Loch, da kein Licht mehr austreten kann. In diesem Fall wird der Schwarzschildradius auch als Ereignishorizont bezeichnet, da kein Ereignis das dahinter liegt mehr wahrgenommen werden kann. Es gibt noch keinen endgültigen Beweis, dass solche Schwarzen Löcher existieren, was kein Wunder ist da man sie ja per Definitionem nicht direkt beobachten kann, aber sehr viele Indizien und so wird eigentlich kaum mehr bezweifelt, dass sie wirklich existieren.

Es gibt auch Modelle von rotierenden Schwarzen Löchern, die sehr viel wahrscheinlicher sind als statische, da auch alle Sterne rotieren und das Zusammenschrumpfen den Drehimpuls sogar noch erhöhen sollte. Diese rotierenden Schwarzen Löcher sind auch für meine Arbeit interessanter, da sie eine ringförmige Singularität in ihrem Inneren haben, bei der man wenigstens theoretisch durchfliegen könnte.

Für das Thema „Zeitreisen“ spielen sie, für sich allein gesehen, nur eine Rolle, wenn man sie zum Zweck der gravitativen Zeitdilatation nützt.

Für die praktische Anwendung sind aber die gravitativen Kräfte leider viel zu groß, als dass man sich einem Schwarzen Loch lebend nähern könnte.

2. Wurmlöcher

Wurmlöcher sind Verbindungen zwischen zwei Schwarzen Löchern oder einem Schwarzen und einem Weißen Loch (das Gegenstück zum Schwarzen Loch, das alles abstößt statt anzieht; für die Existenz dieser Art von Objekten wurde aber noch kein Indiz gefunden).

Diese Verbindungen könnten sowohl in unserem Universum liegen, oder auch zwischen verschiedenen Universen. Sie könnten Abkürzungen zwischen normalerweise räumlich und auch zeitlich weit entfernten Punkten darstellen, und somit Zeitreisen ermöglichen.

Der praktischen Anwendung eines Wurmlochs als Zeitmaschine stehen sowohl die schon beim Schwarzen Loch genannten Probleme im Wege als auch, dass sich diese Verbindungen meist schnell schließen und, dass man ein Schwarzes Loch nicht wieder verlassen kann (außer mit Überlichtgeschwindigkeit).

Es gibt daher sozusagen eine Bauanleitung, wie man aus einem vorhandenen Wurmloch eine dauerhafte Zeitmaschine machen könnte. Zuerst einmal braucht man Antigravitation, um das Wurmloch dauerhaft zu öffnen. Bis jetzt wurde noch kein Teilchen gefunden, das Antigravitation besitzt, aber es gibt in der Quantenphysik Ansätze dazu: Einer davon wäre Antigravitation durch negative Energie, die in begrenztem Ausmaß entstehen könnte. Negative Energie wäre negativer Masse gleichzusetzen und negative Masse könnte negative Gravitation haben. Ein anderer verwendet negativen Druck, der bei manchen quantenphysikalischen Vorgängen vorkommen könnte und der auch negative Gravitation erzeugen könnte. Hat man nun das Wurmloch stabilisiert, hat man deswegen aber noch keine Zeitreise, da es, falls das Wurmloch zwei Raumzeitpunkte in unserem Universum

verbindet, noch nicht sicher ist, ob diese zwei Orte überhaupt auch eine zeitliche Entfernung haben und eine Reise durch das Wurmloch überhaupt eine Zeitreise wäre. Wenn nicht müsste man mit einem Ende des Wurmloches mit annähernder Lichtgeschwindigkeit herumfliegen und damit eine Zeitdifferenz zwischen den Wurmlöchern künstlich erzeugen. (Streng genommen wäre es schon eine Zeitreise, wenn man die Strecke durch das Wurmloch schneller durchqueren würde, als das Licht dafür in der „normalen“ Raumzeit braucht, wenn also das Wurmloch eine „Abkürzung“ in der Raumzeit darstellte)

3. Geschlossene zeitartige Kurven

Es gibt Modelle von Universen, die aufgrund ihrer Gravitation die Raumzeit derartig verzerren, dass sich im Raumzeitdiagramm geschlossene Kurven entweder räumlich oder zeitlich bilden. Das hier erwähnenswerte Modell eines Universums mit geschlossenen zeitlichen (zeitartig ist der Fachbegriff) Kurven würde bedeuten: Wenn ich mich an einen Ort stelle und lang genug warte, komme ich wieder zur selben Zeit zurück.

Die praktische Anwendung, abgesehen davon, dass man nicht weiß ob unser Universum so beschaffen ist, scheitert vor allem daran, dass diese zeitartigen Kurven wahrscheinlich mehrere Milliarden Jahre dauern würden und dies für Menschen doch ein zu langer Zeitraum ist. Es ist auch umstritten, ob dies überhaupt eine Zeitreise wäre, denn wiederum würde das ganze Universum sich so verhalten und es gäbe daher keine Vergleichsmöglichkeit an der ich feststellen könnte, ob ich eine Zeitreise gemacht habe.

Es gibt auch eine zweite Möglichkeit geschlossene zeitartige Kurven zu erzeugen und zwar durch einen Zylinder. Er müsste unendlich lang sein und sich sehr schnell drehen. Dieser Zylinder hat den Vorteil, dass die Drehrichtung bestimmt, ob ich in die Zukunft oder in die Vergangenheit reise. Um ihn zu benutzen müsste man sich an seinen Rand begeben und seine schnelle Drehung ausnützen.

Auch diese Möglichkeit ist nicht in die Praxis umsetzbar, da es unmöglich ist einen unendlich langen Zylinder zu konstruieren, der noch dazu eine sehr hohe Zentrifugalkraft aushalten muss.

4. Kosmische Strings

Es gibt eine Theorie die besagt, dass kurz nach dem Urknall verschiedene Quantenfelder sich verknotet haben könnten und daraus extrem schmale, fadenartige Röhren aus konzentrierter Feldenergie entstanden. Diese sogenannten kosmischen Strings könnten noch immer irgendwo im Universum übriggeblieben sein, bis heute wurden aber noch keine entdeckt. Sie sind der Theorie nach sehr dicht und massereich.

Wenn nun zwei unendlich lange parallele kosmische Strings mit sehr hoher Geschwindigkeit auseinander fliegen würden, könnten die Lichtkegel kippen und eine Zeitreise ermöglichen.

Alle diese Vorschläge, wie eine Zeitreise aussehen könnte sind Lösungen der Gleichungen der Allgemeinen Relativitätstheorie, die aus leicht ersichtlichen Gründen für Menschen nicht durchführbar sind, da sie immer etwas mit sehr hoher Gravitation und Energie zu tun haben, aber allein die Tatsache, dass Zeitreisen von den derzeit gültigen Naturgesetzen zugelassen werden wirft schon einige Fragen und Probleme auf, die ich im folgenden Kapitel besprechen werde.

4. Kapitel: Was wäre wenn ...?

4.1 Paradoxien beim Reisen in die Vergangenheit

Das wichtigste und bekannteste Paradoxon ist das Großvaterparadoxon. Es wird angenommen, dass jemand mit einer Zeitmaschine in die Vergangenheit reist und seinen Großvater umbringt, bevor dieser den Vater oder die Mutter zeugen konnte. Wenn aber entweder Vater oder Mutter nicht gezeugt worden wären, könnte auch dieser Zeitreisende selbst nie auf die Welt gekommen sein. Wenn er aber nicht auf der Welt wäre, hätte er niemals eine Zeitmaschine erfinden, in der Zeit zurückreisen und seinen Großvater umbringen können. Damit beginnt die Kette aber von neuem und dies ergibt ein klassisches Paradoxon.

Es gibt aber zusätzlich zum Großvaterparadoxon noch eine andere, zumindest für den menschlichen Verstand merkwürdige Situation, die durch Zeitreisen, diesmal in die Zukunft und in die Vergangenheit, ausgelöst werden kann.

Wenn jemand in die Zukunft reisen würde und in dieser Zukunft eine Entdeckung von irgendeinem Menschen sieht und sie in die Vergangenheit mitnimmt und sie dann diesem Menschen wieder gibt, er ist zu dieser Zeit zum Beispiel gerade Student, und ihm alles erklärt und dieser Mensch veröffentlicht sie dann wieder, dann gibt es eigentlich niemanden, der diese Entdeckung wirklich als erster gemacht hat. Derjenige, der es dem Studenten gesagt hat, hat es vom Studenten in der Zukunft bekommen, dieser wiederum hat es aber von demjenigen, der in der Zeit gereist ist.

Es gibt zu diesen Problemen verschiedene Lösungsansätze die zeigen, wie man erst gar nicht in solche paradoxe Situationen kommt.

1. Die Viele-Welten-Theorie

Quantenphysiker fragten sich schon immer, warum sie von quantenphysikalischen Vorgängen im vorhinein immer nur die Wahrscheinlichkeiten für bestimmte Zustände berechnen können, aber nie ein echtes Ergebnis, so wie es in allen anderen Bereichen der Physik eigentlich üblich ist und sogar verlangt wird. Diese Frage würde sinnlos werden, wenn wir annehmen würden, dass sich das Universum bei jeder Entscheidung aufspaltet. Wenn es also jede der quantenphysikalischen Möglichkeiten auch in Wirklichkeit gäbe, nur eben in einem anderen Universum. Wenn sich das Universum aber bei jeder Entscheidungsmöglichkeit aufspaltet und alle Möglichkeiten Realität werden, nur eben in verschiedenen Universen, dann gäbe es auch das Großvaterparadoxon nicht mehr. Denn wenn ich meinen Großvater umbringe gibt es einfach ein anderes Universum, in dem mein Großvater und im Endeffekt dann auch ich nicht existieren. In dem Universum aber, aus dem ich in die Vergangenheit gereist bin bleibt aber alles gleich und ich existiere ganz normal.

Nun gibt es aber bei diesem Modell, abgesehen davon dass es sehr schwer zu bestätigen wäre noch einige Fragen zu klären: Wenn sich das Universum bei jeder Entscheidungsmöglichkeit sozusagen klont und nur eben diese eine Möglichkeit anders verläuft und dies in jedem weiteren Universum auch passiert, dann müsste die Zahl der Universen sehr hoch sein. Wo nehmen jedoch die Universen die Energie dafür her, ein neues Universum zu kreieren, denn Universen können nicht einfach aus dem Nichts entstehen.

Einen weitere Frage wäre, warum wir immer gerade dieses Universum erleben, welches wir erleben, denn wir hätten beinahe unendlich viele andere zur Verfügung.

Wenn wir aber einmal annehmen, dass diese Theorie wirklich zutreffend ist, wäre es interessant, ob es möglich wäre sich von einem Universum in ein anderes zu bewegen.

2. Chronologieschutzvermutung¹⁾

Stephen Hawking hat eine sehr ausgefallene Lösung vorgeschlagen, wie man Zeitreiseparadoxien vermeiden könnte. Er meinte, wenn jemand in die Vergangenheit zurückreisen wollte und diese dann zu ändern versuchte, zum Beispiel indem er seinen Großvater umbringt, würde ihm das nicht gelingen. Er meinte, dass irgendein Unglück geschehen würde, wie zum Beispiel die Waffe würde versagen, oder der Mörder würde stolpern bevor er seine Tat vollbringen könnte oder so etwas ähnliches und dadurch die Vergangenheit sich selbst beschützen würde.

Zusätzlich wurde von ihm ein Quanteneffekt vorausgesagt, dass sich nämlich die Energie der virtuellen Quantenfluktuationen in der Nähe von Zeitmaschinen ins Unendliche steigern würde. Stephen Hawking, er ist gegen jede Möglichkeit von Zeitreisen in die Vergangenheit, meinte dazu auch, dass er einen empirischen Beweis hätte, dass es keine Zeitmaschinen gäbe: Scharen von Zeitreisetouristen müssten sonst auf der Erde sein. Dieser Schluss ist jedoch deshalb falsch, da es nie möglich wäre in eine Zeit zu reisen in der es die Zeitmaschine noch nicht gibt.

3. Kausale Schleifen

Ein weiterer Vorschlag, wie Zeitreiseparadoxien zu lösen wären sind sogenannte „Kausale Schleifen“. Diese bedeuten, dass die Dinge die ein Zeitreisender in der Vergangenheit tut in der Zukunft schon impliziert sind. Die Ereignisse sind sozusagen alle schon vorausprogrammiert und alles was getan wird und was ein Zeitreisender tut entspricht dieser Vorausprogrammierung. Diese Möglichkeit ist physikalisch in sich schlüssig und würde mit einem Schlag alle Zeitreiseparadoxien beseitigen, aber sie hätte eine, für uns Menschen unangenehme, Konsequenz: Wir besäßen keinen freien Willen und alles was wir tun stünde schon fest, nur wissen wir es noch nicht. Wenn ich mich dagegen wehren wollte wäre dies genauso wie beim griechischen Orakel von Delphi: gerade dadurch, dass ich mich dagegen wehre und mein Schicksal ändern will, erfülle ich es. Was uns Menschen

daran auch besonders stört ist, woher in der Vergangenheit feststeht, was in der Zukunft getan wird, also wer oder was die Ereignisse vorausprogrammiert.

Alle die oben genannten Probleme beim Zeitreisen sind Kausalitätsverletzungen. Dies bedeutet, dass ein Ereignis ein anderes beeinflusst, welches außerhalb von dessen Zukunftslichtkegel liegt. Es wäre schon eine Kausalitätsverletzung, wenn ich nur ein Signal mit Überlichtgeschwindigkeit senden könnte, (was im Prinzip ja eine Zeitreise wäre, da dieses Signal imaginäre Zeit hätte) da ich damit jemandem von einem Ereignis berichten könnte, das in seinem Bezugssystem noch gar nicht stattgefunden hat, das er aber dann aufgrund seines Wissens ändern könnte. Aus diesem Grund, nämlich weil Zeitreisen in die Vergangenheit Kausalitätsverletzungen implizieren, meinen viele Physiker seien die physikalischen Gesetze falsch, oder zumindest unvollständig, auf denen die Zeitreisemöglichkeiten basieren.

Nachwort

In diesem abschließendem Nachwort möchte ich versuchen, meine persönliche Einstellung und deren Veränderung im Laufe meiner Arbeit rückblickend zu analysieren und mich und auch den Leser zu einer Art Schlussfolgerung führen.

An das Thema herangegangen bin ich mit der Meinung, dass ich schon im großen und ganzen weiß, was ich schreiben werde und nur sozusagen die Details noch nachlesen müsste. Doch schon als ich begann, mich hinzusetzen und das erste Kapitel zu schreiben kam ich immer wieder ins Stocken und legte stundenlange Pausen ein, in denen ich mein schon durchgearbeitetes Material nochmals durchlesen musste, da ich erst beim Schreiben bemerkte, dass ich eigentlich kaum etwas wirklich ausformuliertes Schreibfertiges wusste, sondern nur eine Menge ungeordneter Ideen hatte, die ich aber zu einer einzigen Fachbereichsarbeit mit einer vernünftigen Unterteilung und einem durchgehenden roten Faden ordnen musste.

Im Laufe meiner Arbeit kamen in mir manchmal sehr große Zweifel auf, ob ich überhaupt etwas Sinnvolles hervorbringen könnte, denn vor allem wenn ich versuchte mit anderen Menschen über dieses Thema zu diskutieren, oder nur erwähnte, dass ich über dieses Thema schrieb, kam meistens die Antwort, dass Zeitreisen sowieso nicht möglich seien. Als ich auf spezielle Fragen zu diesem Thema sogar von Physikprofessoren der Universität nur Hinweise auf irgendein Buch bekam, aber keine konkreten Antworten, war ich sehr enttäuscht, da gerade die Bücher die ich als Informationsquellen verwendet habe diese Fragen aufgeworfen haben und ich das Lernen durch ein Gespräch dem Lernen aus einem Buch vorziehe.

So muss ich sagen, dass ich für mich dieses Thema mit der Fachbereichsarbeit nicht abgeschlossen habe, sondern erst jetzt die richtigen Fragen zu stellen weiß und noch lange an diesem Thema arbeiten werde.

Ich bin jedoch nicht nur auf Probleme und Hindernisse gestoßen, sondern habe auch abseits vom Thema selbst sehr viel

dazugelernt. Die Tatsache, dass ich diese Fachbereichsarbeit geschrieben habe wird mir in meinem weiteren Lebensweg und vor allem beim Studium noch sehr zu gute kommen, da dies meine erste Arbeit ist, die annähernd wissenschaftlichen Charakter hat. Ich glaube daher, dass sie eine wichtige Vorbereitung auf meine Studienzeit war. Dies und das Interesse an diesem Thema stand bei mir immer im Vordergrund.

Ich werde diese Fachbereichsarbeit sicher immer in guter Erinnerung behalten und wahrscheinlich, wenn ich aufgrund meines Studiums mehr Möglichkeiten und Fähigkeiten besitzen werde, daran weiterarbeiten. Sie ist somit zwar für meinen jetzigen leider sehr beschränkten Wissensstand abgeschlossen, aber ich werde sicher noch spätere Erkenntnisse hinzufügen und vielleicht auch Irrtümer, die ich später in ihr erkennen werde, herausstreichen und sie hat außerdem mein Interesse für Physik noch zusätzlich gestärkt.

Die abschließende physikalische Folgerung, die ich aus dieser Arbeit ziehe, ist, dass Zeitreisen möglich sind. Die Lösung der Paradoxien scheint mir am plausibelsten durch die Kausalen Schleifen gegeben. Der derzeitige Stand der Wissenschaft ist meiner Meinung nach nicht falsch aber unvollständig und ich bin der festen Überzeugung, dass es etwas ähnliches wie eine allumfassende Theorie (Theory of everything) gibt, jedoch zweifle ich daran, dass wir Menschen sie in nächster Zeit erkennen oder verstehen können. Trotzdem bin ich der Meinung, dass die Forschung in diese Richtung nicht aufgegeben werden sollte, da es erstens noch immer viele unbeantwortete Fragen auf dem Gebiet der Grundlagenforschung, vor allem in der Quantenphysik, gibt, deren Erforschung uns aber auch ganz neue nützliche technische Anwendungsmöglichkeiten bringen könnte. Die wichtigste Frage, nach deren Beantwortung die Physik jedoch streben sollte, lautet: " Was können wir wie und warum machen?"

Zitatenliste

1. Kapitel: Was ist Zeit?

¹⁾ und ²⁾ Zitiert nach: Brutscher, Roland, Die vierte Dimension - meßbar aber unfaßbar. In: Chip Special, Faszination in Raum und Zeit. 1996, S. 4 und 5

³⁾Robb, A. A., The Theory of Space and Time. zitiert in: Russell Bertrand, Das ABC der Relativitätstheorie. Frankfurt/Main: Fischer, S.52

⁴⁾Zitiert nach: Tajmel, Tanja, Zeitreisen. Graz, 1999, S. 105, Diplomarbeit am Institut für Theoretische Physik

3. Kapitel: Anleitung zum Zeitreisen

¹⁾Alle Daten dieses Kapitels entnommen aus: Davies, Paul, Die Unsterblichkeit der Zeit - Die moderne Physik zwischen Rationalität und Gott. München: Heyne, 1995

4. Kapitel: Was wäre wenn...?

¹⁾Zitiert nach: Stricker, Hans-Peter, Gestern ist heute noch morgen. In: Chip Special, Faszination in Raum und Zeit. 1996, S. 39

Literaturverzeichnis

Chip Special, Faszination in Raum und Zeit. 1996

Tajmel, Tanja, Zeitreisen. Graz, 1999,
Diplomarbeit am Institut für Theoretische Physik

Davies, Paul, Die Unsterblichkeit der Zeit - Die moderne Physik
zwischen Rationalität und Gott. München: Heyne, 1995

Zeitreisen. Bericht der 16. Projektwoche des IAAC, Tanzenberg,
1999

<http://www.saarnet.de/startrek/tec/tng/licht.htm>