

Peter Ripota

präsentiert:

Zeitreisen

Fakten & Fiktionen

Mit einer Lösung des Zeitparadoxons

Inhalt

Vorwort: Wozu Reisen in die Zeit?	3
Teil I: Fakten	
Was ist Zeit?	4
Die Eigenschaften der Zeit	7
Der Pfeil der Zeit	8
Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft	11
Der Fluss der Zeit	20
Zeit und Schicksal	26
Determinismus	26
Veränderbare Vergangenheit	32
Parallelwelten	40
Zeitmaschinen	42
Das Zeitparadoxon: die Darstellung	47
Das Zeitparadoxon: die Lösung	54

Wozu Reisen in die Zeit?

In der Science-Fiction-Literatur haben Zeitreisen einen besonderen Platz: Sie sind keine reinen Abenteuergeschichten, keine fantastischen Harry-Potter-Verschnitte, sondern logisch wohldurchdachte, intelligente Erzählungen aus alternativen Welten, die uns alle angehen und berühren. Zeitreisen konfrontieren uns mit einem Grundproblem der menschlichen Existenz: Gibt es einen Freien Willen? Kann ich mein Schicksal ändern, selbst wenn ich weiß, wie es verlaufen wird? (Eine Frage, die schon die Eltern von Ödipus bewegte.) Was geschieht, wenn mein Leben (oder das der Menschheit) ab einem bestimmten Zeitpunkt anders verläuft - wird dann alles besser oder noch viel schlimmer?

In diesem Buch habe ich alles, was ich über Zeitreisen weiß, zusammen getragen, mit vielen (sehr persönlich ausgewählten) Beispielen aus der SF-Literatur. Selbstverständlich ist das Buch in keiner Weise vollständig. Wer eine wirklich gute Übersicht über physikalische und literarische Ideen zum Thema "Zeitreisen" sucht, findet sie in dem Buch von *Nahin*, das mir bei meiner Arbeit eine große Hilfe gewesen ist.

Bei den Recherchen zu diesem Buch entdeckte ich außerdem eine physikalisch begründete Lösung des Zeitparadoxons. Und weil die Fakten alleine langweilig werden könnten, habe ich noch drei Zeitreise-Erzählungen des bei uns wenig bekannten SF-Autors *Robert F. Young* beigefügt, die am besten zeigen, ob und wie der Mensch sein Schicksal ändern kann - wenn überhaupt.

Viel Spaß bei den Reisen in zukünftige Paradiese und vergangene Alpträume! (oder ist es umgekehrt?)

Peter Ripota

Teil I: Fakten

Was ist Zeit?

"Zeit ist das, was man an der Uhr abliest." meinte *Albert Einstein* (1879 - 1955), der dann aber doch Uhren mit Zeit gleich setzte: Wenn Uhren langsamer oder schneller gehen (was von vielen Faktoren abhängt), dann geht nach Einstein auch die Zeit langsamer oder schneller. Hier widerspricht sich der große Gelehrte selbst, ebenso wie der alltäglichen Erfahrung und dem gesunden Menschenverstand. Denn Zeit ist eben *nicht* gleich ihrer Messung, so wie Gewicht auch nicht gleich dem Wert ist, den man von der Waage abliest. Da ist die Einstellung des *Heiligen Augustinus* (354 - 430) schon ehrlicher, wenn er sagt: *"Was also ist die Zeit? Wenn niemand mich danach fragt, weiß ich's, will ich's aber einem Fragenden erklären, weiß ich's nicht."* Und er weist auf einen wesentlichen Aspekt der subjektiv erlebten Zeit hin: *"In der Gegenwart werden die Zukunft, die an sich noch nicht ist, und die Vergangenheit, die an sich nicht mehr ist, im Geiste sichtbar."*

Eine besonders poetische Beschreibung des Gefühls der Zeit liefert der SF-Schriftsteller *Ray Bradbury* (* 1920) in der Erzählung "Night Meeting" aus den "Marschroniken":

"Es lag heute Abend ein Geruch von Zeit in der Luft. Er lächelte und verweilte bei der Fantasienvorstellung. Ein interessanter Gedanke. Wie roch die Zeit überhaupt? Nach Staub und Uhren und Menschen. Und wenn man sich fragte, welches Geräusch die Zeit machte, so klang sie wie Wasser, das in einer dunklen Höhle dahinströmt, und wie weinende Stimmen und Erdschollen, die auf hohle Sargdeckel fallen, und wie Regen. Um den Gedanken weiterzuspinnen, wie sah die Zeit aus? Die Zeit sah aus wie Schneefall in einem schwarzen Raum oder wie ein Stummfilm in einem alten Kino oder wie hundert Milliarden Gesichter, die wie unzählige Neujahrsballons herabsinken, immer tiefer hinab ins Nichts. Ja, so roch und klang die Zeit und so sah sie aus. Und heute - heute Abend konnte man die Zeit beinahe fühlen."

Durch die Jahrtausende gibt es zwei grundsätzlich verschiedene Auffassungen von Zeit. Die erste, die wir *statisch* nennen wollen, leugnet den Fluss der Zeit, die Entwicklung der Dinge, den Unterschied zwischen Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. Die andere, die wir *dynamisch* nennen wollen, betont genau diese Attribute: Die Zeit fließt, es gibt Dynamik, Evolution, eine Zukunft, die sich aus Vergangenheit und Gegenwart allmählich heranbildet. Hier die wichtigsten Vertreter dieser Denkrichtungen:

<i>statisch</i>	<i>dynamisch</i>	<i>Kategorie</i>
<i>Parmenides</i> : Die wirkliche Welt („aletheia“) ist ein unveränderliches Ganzes	<i>Heraklit</i> : "Alles fließt"	antike Philosophie
<i>Newton</i> : Zeit ist eine Kategorie zur Beschreibung von Bewegungen	<i>Leibniz</i> : Zeit ist eine Beziehung zwischen Ereignissen	Beginn der Naturphilosophie
<i>Kant</i> : ähnlich Newton	<i>Bergson</i> : Zeit besitzt Dauer und Entwicklung	Moderne Philosophie
<i>Minkowski/Einstein</i> : "Blockuniversum". Zeit = Raumkoordinate (4. Dimension)	<i>Kosyrew</i> : Zeit ist ein Fluss, der sich verdichten kann und die Umgebung beeinflusst	Theoretische Physik des 20. Jahrhunderts

Für *Parmenides* (540 - 475 v. Chr.) war alles Täuschung und folgerichtig auch der Zeitfluss eine Illusion. Nichts geschieht wirklich, alles ist schon irgendwie vorhanden. Der Urgrund des Seins kann aber nicht gesehen oder beschrieben werden. *Heraklit* (gleiche Lebensdaten wie *Parmenides*) dagegen betonte das Fließen der Zeit; berühmt ist sein Ausspruch: *Man kann nicht zweimal in den gleichen Fluss treten*. Damit meinte er auch: Man kann nicht zweimal das Gleiche erleben.

Isaac Newton (1643–1727) brauchte die Zeit als absolute, unveränderbare, starre Größe, mit deren Hilfe er Bahnen und Bewegungen beschrieb. Seine Zeit fließt, kann aber nicht beeinflusst werden. Auch gibt es keinen Unterschied zwischen Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft, und die Richtung der Zeit ist belanglos. *Gottfried Wilhelm Leibniz* (1646 - 1716) dagegen war Relativist und propagierte die erste Relativitätstheorie, ohne sie auszuarbeiten. Zeit kann nur durch zwei Ereignisse definiert werden (vorher - nachher, große - kleine Distanz).

Für den deutschen Denker *Immanuel Kant* (1724 - 1804) war die Zeit Anschauungsform a priori, also eine angeborene Möglichkeit, die Wirklichkeit zu erfassen, mithin nichts Substanzielles, sondern ein bequemes Hilfsmittel zum Überleben - wie Farben, die uns zeigen, ob eine Frucht reif ist oder nicht. Für den französischen Philosophen *Henri Bergson* dagegen (1859 - 1941) ist die Zeit "*ein mal schnelleres, mal langsames Fließen und Werden, eine unumkehrbare, unwiederholbare, unteilbare Dauer*". Sie ist etwas Schöpferisches, denn sie erschafft kontinuierlich unvorhersehbar Neues.

Albert Einstein schuf 1905 die "Spezielle Relativitätstheorie" (abgekürzt SRT), in der Raum und Zeit relativ gleichberechtigt, aber noch getrennt sind. Der Mathematiker *Hermann Minkowski* fügte die beiden Beschreibungskategorien zu einem vierdimensionalen Raum-Zeit-Kontinuum zusammen, wo die Zeit als selbstständiges Wesen keinerlei Rolle mehr spielt. Einstein übernahm Minkowskis Idee und baute sie in seine "Allgemeine Relativitätstheorie" (abgekürzt ART) 1915 ein. Die Welt ist nichts anderes als eine statische Struktur, die von einer höheren Warte aus als einziger, unbeweglicher Block gesehen werden kann (daher der Ausdruck "Blockuniversum"). Eine Entwicklung ist dort natürlich nicht möglich: Es gibt weder Evolution noch freien Willen. Weder fließt die Zeit noch hat sie eine Richtung oder gar so etwas wie "Substanz". Originalzitat Einstein 1955: "*Die Unterscheidung zwischen Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft ist bloße Illusion, wenngleich eine ziemlich hartnäckige.*"

Eine Substanz indes spricht ihr der russische Astronom und Physiker *Nikolai Alexandrowitsch Kosyrew* (auch "Kozyrev" geschrieben) zu (1908 - 1983). Bei ihm ist die Zeit wie ein Strom. Sie fließt (und er konnte sogar ihre Flussgeschwindigkeit bestimmen!); sie hat, wie alle Flüsse, unterschiedliche Dichte; sie kann ihre Umgebung beeinflussen und umgekehrt von ihrer Umgebung verändert werden. Sie ist substanzuell, und man kann ihre Auswirkungen messen.

Also wollen wir uns jetzt ein wenig mit den Eigenschaften der Zeit beschäftigen.

Die Eigenschaften der Zeit

Der Zeit schreiben wir von jeher drei Eigenschaften zu:

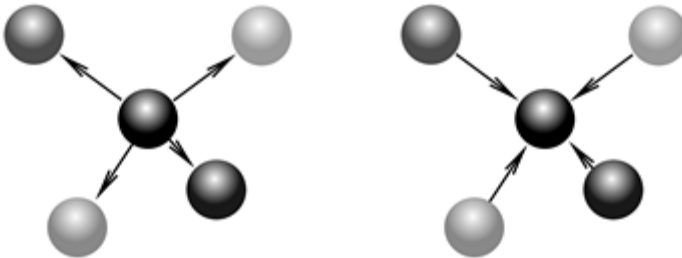
- (1) Sie hat eine Richtung.
- (2) Sie ist unterteilt in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft, deren Eigenschaften ganz unterschiedlich sind.
- (3) Sie fließt.

Alle drei Eigenschaften der Zeit sind im Alltag unmittelbar erfahrbar, in der Physik indes nicht vorhanden. Dort fließt die Zeit nicht; sie hat keine bevorzugte Richtung (bei Zeitumkehr ändert sich nichts an den Formeln), und es gibt keinen Einschnitt, der "Gegenwart" genannt werden kann. Wer also hat Recht, die Physiker oder unsere Alltagserfahrung?

Fangen wir an mit Punkt 1, der bevorzugten Richtung der Zeit, die auch "Pfeil der Zeit" genannt wird.

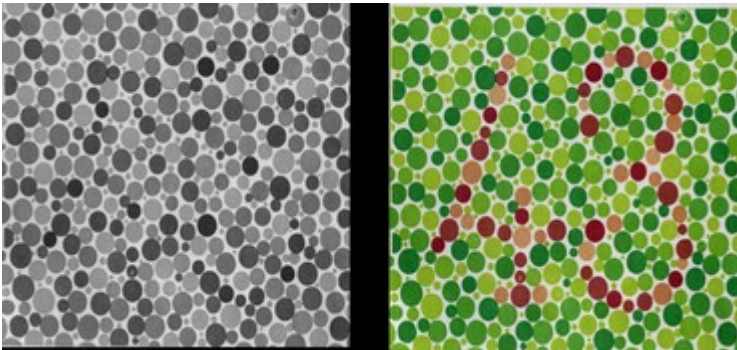
(1) Der Pfeil der Zeit

In der Physik kommt die Zeit als gewöhnliche Variable t vor. In ausnahmslos allen Formeln der Mikro- und Makrophysik kann die Zeit t auch umgedreht werden (ersetze t durch $-t$), ohne dass sich an den Formeln etwas ändert. In den Newtonschen Formeln kommt die Zeit entweder nicht vor (weil Kräfte beschrieben werden, die augenblicklich wirken), oder aber der Determinismus der Newtonschen Physik kann genauso gut in die Vergangenheit projiziert werden. In der Quantenphysik kommt in der Schrödingergleichung die Zeit nicht vor, weil diese Gleichung nur stehende Wellen beschreibt, also Quantenzustände (diskrete Energieniveaus). Durch die Messung wird zwar ein Zeitpfeil festgelegt, Quantenzustände sind aber erst mal unbestimmt und hängen nicht von der Zeit ab. Nur der Zerfall des K-Mesons scheint der exakten Zeitsymmetrie zu widersprechen. Doch K-Mesonen leben im Mittel nur eine Hundertmillionstel Sekunde, und der dabei gemessene Effekt ist so klein, dass er offiziell als "superschwach" bezeichnet wird. Eine Erklärung kennt man auch nicht.



Explosion oder Implosion? In den Gleichungen der klassischen Physik ist die Bewegungsrichtung und damit der Zeitpfeil belanglos. Dreht man die Zeitrichtung um, bleibt die Form der Gleichungen erhalten, und man kann aus ihnen nicht entnehmen, in welcher Richtung die Bewegungen ablaufen.

Aber, so wird der gebildete Leser einwenden, was ist denn mit dem zweiten Hauptsatz der Wärmelehre? Da heißt es doch, die Entropie, sprich Unordnung eines abgeschlossenen Systems nimmt mit der Zeit zu, was also bedeutet, dass Zustände niedriger Energie früher sind und Zustände höherer Energie später. Indes, das Gesetz ist rein empirisch, und in den beiden Definitionen der Entropie kommt die Zeit wieder nicht vor. Zwar hat *Ludwig Boltzmann* (1844 - 1906) versucht, den Zeitpfeil durch Übergangswahrscheinlichkeiten zu beweisen: Die Wahrscheinlichkeit des Übergangs eines unwahrscheinlichen Zustands in einen wahrscheinlichen ist größer als umgekehrt. Doch kann man durch ein cleveres einfaches Gedankenexperiment mit farbigen Kugeln und Urnen zeigen, dass diese Rechenergebnisse nur deshalb zustande kommen, weil wir zu wenig wissen. Macht man die Rechnung mit vollständiger Information, verschwindet der Zeitpfeil wieder. (siehe Literatur: *Rothman*). Boltzmann meinte im übrigen, in unterschiedlichen Regionen des Universums könnte der Zeitpfeil in die andere Richtung gehen!



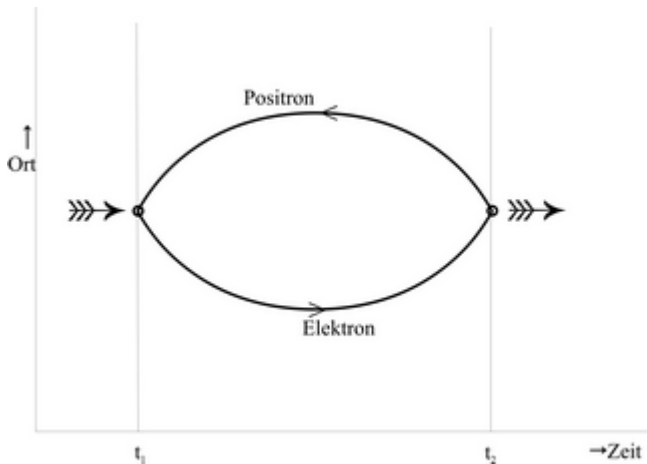
Entropie groß oder klein? Beide Male handelt es sich um das gleiche Bild, links in grau, rechts in Farbe. Das linke Bild besitzt maximale Entropie (= Unordnung): Es ist keinerlei Muster zu erkennen. Im rechten Bild dagegen sehen nicht-farbenblinde Menschen deutlich eine Zahl. Der gleiche Zustand kann, je nach Betrachtungsweise, völlig unterschiedlichen Informationsgehalt und damit Entropie besitzen!

Ilya Prigogine (1917 - 2003) hat sich viel mit irreversiblen ("dissipativen") Prozessen beschäftigt und festgestellt, eine Simulation von vielen Zusammenstößen gleichartiger Teilen führt auch bei Zeitumkehr zum gleichen Ergebnis - ein Zeitpfeil ist nicht feststellbar. Die Sache ändert sich allerdings, wenn auch *Korrelationen* zwischen Teilchen berücksichtigt werden. Was bedeutet: Wenn Teilchen irgendwelche Beziehungen miteinander eingehen, gibt es einen Unterschied zwischen Vergangenheit und Zukunft, zumindest in einer Computer-Simulation. Doch eine eindeutige Zeitrichtung ist hier nicht festgelegt; zudem wird nicht so recht deutlich, wie leblose Teilchen miteinander Beziehungen bilden und sich an diese auch noch im nächsten Schritt erinnern.

Also wieder nichts. Glücklicherweise gibt es einen Physiker, der sich intensiv mit Zeitumkehr, Beeinflussung aus der Zukunft und Zeitreisen durch Wurm Löcher beschäftigt hat: *John Archibald Wheeler* (1911 - 2008), Schöpfer des Ausdrucks "Schwarzes Loch" und der Theorie der Wurm Löcher, mit deren Hilfe Zeitreisen möglich sein könnten. Sein Schüler *Richard Feynman* (1918 - 1988) hat seine Ideen aufgenommen und weiter entwickelt. Für uns interessant ist Wheeler-Feynmans Deutung von *Antiteilchen*, das sind Bestandteile der Antimaterie. Antiteilchen besitzen die gegenteilige Ladung ihrer Teilchen-Brüder und dazu Antimasse, was immer das auch heißen mag. Das Antiteilchen zum negativ geladenen Elektron ist das positiv geladene Positron. Treffen Materie und Antimaterie aufeinander, zerstrahlen sie sofort in einem ungeheuren Energieblitz nach der Einsteinschen Formel $E = mc^2$.

Und nun kommt die originelle und für uns bedeutungsvolle Deutung, bereits 1941 entwickelt: Antiteilchen sind normale Teilchen, die sich in der Zeit rückwärts bewegen! Elektronen und Positronen entstehen durch einen Gammastrahlenblitz, also durch viel Lichtenergie. Wenn sich die beiden dann vereinigen, wird diese Energie wieder frei. Das kann man auch so deuten: Anstelle der Wiedervereinigung prallt das Elektron von der plötzlich ausgesandten Energie so stark ab, dass es

durch die Zeit zurückgeschleudert wird, aber diesmal als Antimaterie.



Wheeler/Feynman: Positronen (= Anti-Elektronen) sind Elektronen, die sich in der Zeit rückwärts bewegen.

Damit hätten wir endlich einen Zeitpfeil und auch die (rein theoretische) Möglichkeit einer Zeitreise in die Vergangenheit: Wir brauchen uns nur in Antimaterie zu verwandeln, schon geht's ab ins Gestern. Rein technisch ist das nicht machbar, und ob es theoretisch stimmt, weiß auch niemand. Doch diese Vorstellung wird uns später bei der Lösung der Zeitparadoxa helfen!

(2) Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft

Viele große und weniger große Denker haben sich mit dem Phänomen der Dreiteilung unserer Erfahrung auseinandergesetzt. Die Definition des *Heiligen Augustinus*, auch *Aurelius Augustinus* oder *Augustinus von Hippo* genannt (354 - 430) haben wir im ersten Kapitel schon erwähnt:

In der Gegenwart werden die Zukunft, die an sich noch nicht ist, und die Vergangenheit, die an sich nicht mehr ist, im Geiste sichtbar.

Interessant seine Überlegungen zu einem Zeitfluss:

Die Zeit kommt aus der Zukunft, die nicht existiert, in die Gegenwart, die keine Dauer hat, und geht in die Vergangenheit, die aufgehört hat zu bestehen.

Bei Augustinus fließt die Zeit also umgekehrt, von der Zukunft in die Vergangenheit. Andere Autoren meinen, nicht die Zeit fließe, sondern unser Bewusstsein:

"Die Zeit ist nur ein leerer Raum, dem Begebenheiten, Gedanken und Empfindungen erst Inhalt geben." meinte *Wilhelm von Humboldt* (1767 - 1835).

Friedrich Schiller (1759 - 1805) sagt, was wir alle fühlen:

"Dreifach ist der Schritt der Zeit: Zögernd kommt die Zukunft herangezogen, pfeilschnell ist das Jetzt entfliegen, ewig still steht die Vergangenheit."

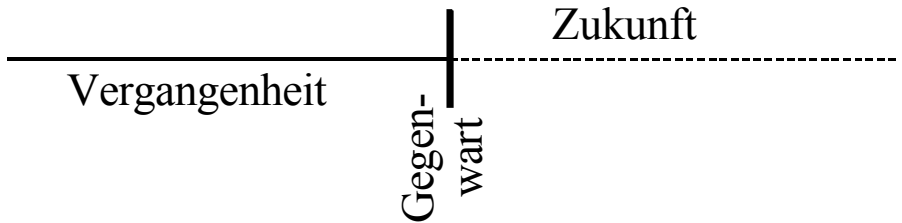
Eine besonders boshafte Definition liefert der amerikanische Satiriker *Ambose Bierce* (1842 - 1914) in seinem "Wörterbuch des Teufels". Dort steht:

Vergangenheit, subst.fem. Jener Teil der Ewigkeit, von dem uns bedauerlicherweise ein kleiner Bruchteil oberflächlich bekannt ist. Eine bewegliche Linie namens → Gegenwart trennt sie von einer imaginären Periode namens → Zukunft. Diese beiden Abteilungen der Ewigkeit, von denen die eine ständig die andere auslöscht, sind sich einander völlig unähnlich. Die eine ist dunkel vor Sorgen und Enttäuschung, die andere heil vor Wohlergehen und Freude. Die Vergangenheit ist das Reich der Seufzer, die Zukunft das Reich des Gesangs. In der einen kauert die Erinnerung, angetan mit Sacktuch und Asche, und murmelt ein Bußgebet; im Sonnenschein der anderen fliegt die Hoffnung auf freien Schwingen und lockt zu Tempeln des Erfolgs und Gemächern des Seelenfriedens. Doch ist die Vergangenheit die Zukunft von gestern, die Zukunft die Vergangenheit von morgen. Sie sind eins - das Wissen und der Traum.

Gegenwart, subst.fem. Jener Teil der Ewigkeit, der den Bereich der Enttäuschung von jenem der Hoffnung scheidet.

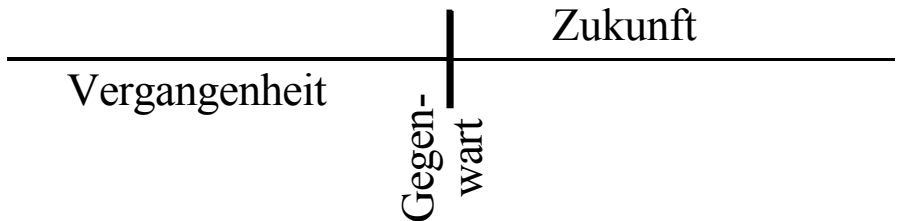
Zukunft, subst. fem. Jene Zeit, in der unsere Geschäfte gut gehen, unsere Freunde treu sind und unser Glück gesichert ist.

Nun gibt es drei Auffassungen von dieser Dreiteilung, die wir grafisch darstellen. Die erste Auffassung entspricht den Schillerschen Worten:



Subjektive Zeit: feste Vergangenheit, scharfe Gegenwart, unbestimmte (gestaltbare) Zukunft

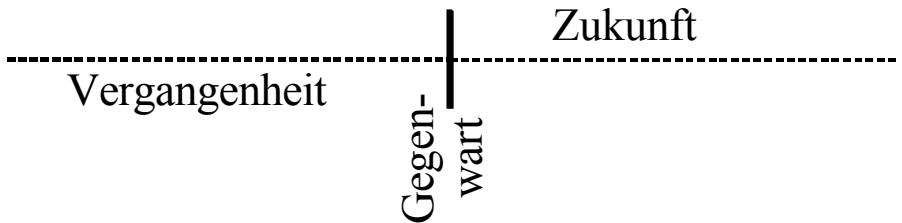
So erleben wir die Zeit, aber damit kann ein Physiker wenig anfangen, denn wo ist in der unbelebten Natur die scharfe Grenze zwischen Gegenwart und den anderen Zeit-Feldern? Der Physiker bevorzugt das Einstein-Minkowskische Blockuniversum, das so aussieht:



Objektive Zeit: kein Unterschied zwischen Vergangenheit, Gegenwart, und Zukunft. Alles "ist" bereits.

Dies ist strengster Determinismus, der sowohl den freien Willen verbietet als auch Zeitreisen (und im übrigen den Interpretationen der

Quantenphysik widerspricht). Also schlagen wir eine dritte Variante vor, die so aussieht:



Quantenzeit: kein Unterschied zwischen Vergangenheit, Gegenwart, und Zukunft. Alles ist unbestimmt; nur Messungen bringen Sicherheit - in der Vergangenheit.

Aber, so wird man einwenden: Die Vergangenheit ist schließlich, wir kennen sie, sie kann nicht geändert werden. Ob sie "ist" (oder war?), wissen wir nicht, genauso wenig, ob sie geändert werden kann. Zumindest gibt es einen Versuch aus der Quantenphysik, der am besten durch eine Beeinflussung der Vergangenheit aus der Zukunft erklärt werden kann. Dazu gleich mehr. Und ob wir sie kennen, daran bestehen Zweifel. Sicher, wir haben Aufzeichnungen, aber stimmen die? Dokumente aus dem Früh- und Hochmittelalter sind bis zu 90% Fälschungen, aus politischen Gründen. Jesus ist eine mythologische Gestalt, möglicherweise eine Komprimierung verschiedener Heilsbringer. Der Islamwissenschaftler *Karl-Heinz Ohlig* bezweifelt, dass es Mohammed je gegeben hat. Andere meinen, Karl der Große sei eine rein mythologische Gestalt. Über sein Leben gibt es nur eine Biographie, und die ist nach den Biographien der römischen Kaiser gestaltet.

Und wie steht es mit Ihrem eigenen Gedächtnis? Richtet es sich tatsächlich immer, wie es soll, in die Vergangenheit, oder st manchmal auch Wunschenken dabei - sprich: Erinnern Sie sich an die Zukunft? Die Weiße Königin aus *Lewis Carrolls "Alice hinter den Spiegeln"* lebt rückwärts in der Zeit. In einem Gespräch mit Alice entspinnt sich folgender Dialog:

"Mein Gedächtnis reicht nur rückwärts", bemerkte Alice. "Ich kann mich nie an etwas erinnern, bevor es geschieht."

"Eine dürftige Art von Gedächtnis, wenn es nur nach rückwärts reicht", stellte die Königin fest.

In den USA gab es eine zeitlang eine gefährliche Modeerscheinung innerhalb der Psychiatrie: Verschüttete Erinnerungen an Missbrauch in der Kindheit kamen plötzlich zum Vorschein, die entsprechenden Missetäter (Väter und Stiefväter) wurden daraufhin verurteilt. Bis einige mutige Psychologen der Sache nachgingen und feststellten: Es war alles Suggestion. Also: Wie zuverlässig ist das persönliche Gedächtnis?

Dazu kommt, dass die Definition der subjektiven Gegenwart schwierig wird. Sie kann nicht "unendlich dünn" sein, das geht nur in der Mathematik. Drei Sekunden hält sie aber auch nicht an, das wäre viel zu lange. Versuche am Computer haben gezeigt, dass der Mensch immer gleichzeitig in der (unmittelbaren) Vergangenheit und in der (unmittelbaren) Zukunft lebt. Eine Gegenwart gibt es nicht. Vergangenheit: Wir brauchen einige Zeit, um uns Vorgänge und Bewegungen bewusst zu machen (ca. 1 ½ Sekunden). Das ist viel zu lange für eine sinnvolle oder gar lebensrettende Reaktion. Also projiziert das Gehirn Bewegungen in die Zukunft, es prognostiziert, was kommen wird. Natürlich stimmen diese Prognosen nicht immer mit der Wirklichkeit überein, weswegen sie ununterbrochen korrigiert werden.

Jetzt zu dem erwähnten Versuch. Er nennt sich "delayed choice quantum experiment", also etwa: Quanten-Experiment der verzögerten Entscheidung. Die Idee stammt wieder mal von Wheeler, und der Versuch wurde im Jahre 2006 tatsächlich durchgeführt. Die Sache ist die: Schickt man ein einzelnes Foton, also ein Licht-Quant, durch einen speziellen Kristall (Bariumborat), dann spaltet sich das Foton in zwei gleichwertige Photonen mit halber Energie, also doppelter Wellenlänge. Diese beiden Photonen sind nun für alle Zeiten und über alle Entfernungen miteinander verbunden, sie sind "verschränkt", im englischen: "entangled", was auch "verwickelt" oder "verheddert" heißt. Es bedeutet: Ändert sich bei einem Foton irgendeine Eigenschaft,

dann ändert sich diese Eigenschaft auch beim anderen Foton, und zwar augenblicklich. Einstein, dem dieses Phänomen nicht gefiel, nannte es "spukhafte Fernwirkung".

Inzwischen wissen wir, dass Licht (aber auch Materie) immer eine Doppelnatur besitzt: Mal taucht es als Teilchen auf, das auf einer Fotoplatte scharfe Lichtpunkte erzeugt, mal als Welle, die zu Interferenzstreifen führt. Ob das Licht Teilchen- oder Wellencharakter besitzt, kann ein geschickter Experimentator selbst bestimmen, indem er in einem Doppelspaltversuch entweder einen Spalt abdeckt - dann entpuppt sich Licht als Teilchen und hinterlässt einen einzelnen Punkt als Spur seiner Existenz auf dem Schirm dahinter - , oder indem er beide Spalten offen lässt - dann agiert Licht als Welle und produziert ein Interferenzmuster auf dem Schirm. Dies gilt auch für ein einzelnes Foton, das mit sich selbst interferiert, obwohl man sich das schwer vorstellen kann. Aber Experimente zeigen: So ist es.

Hat also der Experimentator eines der beiden verwickelten Fotonen gezwungen, sich als Teilchen zu äußern, dann kann er sicher sein, dass dies auch für das andere gilt, obwohl man nicht so recht weiß, wie diese Information von dem einen Teilchen augenblicklich auf das andere übertragen wird. Doch jetzt kommt der Trick: Das eine Foton wird erst durch eine kilometerlange Glasfaserleitung geschickt, sodass es ein paar Millisekunden *nach* dem ersten Foton auf den Detektoren erscheint. Nun wird die Wahl - Teilchen oder Welle - an diesem verzögerten Foton vorgenommen. Das andere - frühere - Foton muss aber die gleiche Entscheidung treffen, und zwar *vor* der Wahl, weil es ja unverzögert, also früher, die Detektoren erreicht.

Die einfachste Erklärung für diese reichlich konfuse (und experimentell auch reichlich komplizierte) Angelegenheit liegt in der Annahme, das verzögerte Foton beeinflusse seinen Zwilling aus der Zukunft. Die Zukunft bestimmt also die Vergangenheit, was *nicht* zu Paradoxien führt, da sie die Vergangenheit ja nicht *ändert*. Ändern heißt: Wir wissen, wie es war, und wir machen es jetzt anders. Das aber ist nicht möglich, denn den Zustand des früheren Fotons können wir nicht feststellen, ohne den ganzen Versuchsaufbau zu zerstören.

Man sieht: Eine Beeinflussung aus der Zukunft wäre physikalisch möglich.

Genau diese Idee hatte Wheeler schon viel früher. Aus der Wellengleichung ergibt sich nämlich, dass rein mathematisch auch Wellen zulässig sind, die nicht, wie eine normale Welle, von einem Punkt ausgehend ins Unendliche und in die Zukunft wandern ("retardierte Wellen"), sondern sich genau umgekehrt verhalten: Sie kommen aus dem Unendlichen und aus der Zukunft und kulminieren in einem Punkt ("avancierte Wellen"). Es ist, wie wenn Sie einen Film über einen Stein drehen, der ins Wasser fällt und Wellen erzeugt. Jetzt schauen Sie sich diesen Film von hinten nach vorne an: Die Wellen kommen unmerklich aus dem Nichts, werden immer stärker und kulminieren in einer gewaltigen Steilwelle, die einen Stein nach oben schleudert. Dieses Bild stammt von dem Philosophen Karl Popper, weshalb man auch von "Poppers Tümpel" spricht.

Feynman hat diese Idee seines Lehrers mathematisch ausgearbeitet und festgestellt: Ein Kosmos, der zur Hälfte aus retardierten (normalen) und avancierten (umgekehrten) Wellen besteht, würde sich von dem, was wir sehen, nicht unterscheiden. Mit anderen Worten: Eine Beeinflussung aus der fernen Zukunft wäre denkbar (Ausführliches dazu siehe mein Buch über Symmetrien). Wie üblich, hatten SF-Autoren diese Idee viel früher. *Jack Williamson* postulierte schon 1942 in seiner Erzählung "Minus Sign" den Zusammenhang zwischen Antimaterie und Zeitreisen bzw. Nachrichten in die Vergangenheit.

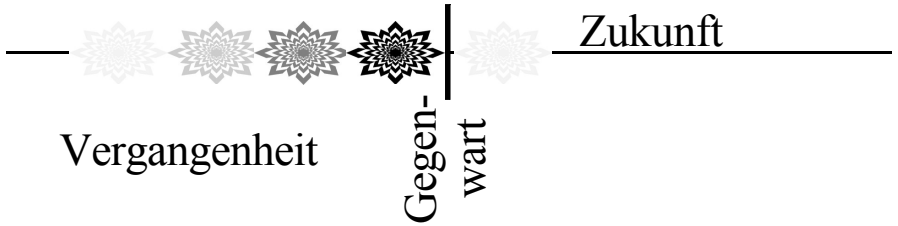
Zeitumkehr indes ist keine Science-Fiction-Idee, denn genau eine solche Zeitumkehr mit avancierten Wellen ist heute schon möglich und wird in der Medizin erfolgreich eingesetzt, wenn auch nicht mit Licht-, sondern mit Schallwellen. *Mathias Fink* vom Labor für Wellen und Akustik an der Ecole Supérieure de Physique et de Chimie in Paris war der Pionier der Schallwellen-Zeitumkehr. Er hat das System hauptsächlich als Erweiterung der Ultraschall-Analyse gesehen und eingesetzt. Dabei wird ein Ultraschallimpuls auf ein Ziel geschickt (z.B. ein Organ im Inneren des Menschen). Die Schallwellen

werden bei der Reflektion ziemlich zerstreut, weswegen eine genaue Messung oder gar ein korrektes Bild des Ziels schwierig ist. Doch Fink sammelte alle (retardierten) Wellen ein und schickte sie als (avancierte) zeitverkehrte Wellen wieder zurück. Der technische Aufwand dabei ist enorm: Jede einzelne Welle muss durch Detektoren erfasst werden, die rund um das Objekt verteilt sind. Alle reflektierten Wellen werden in einem Computer gespeichert. Dann wird die zuletzt angekommene Welle als erste wieder ausgesandt, die erste ist dann die letzte: Die Zeitumkehr nimmt also der Computer vor.

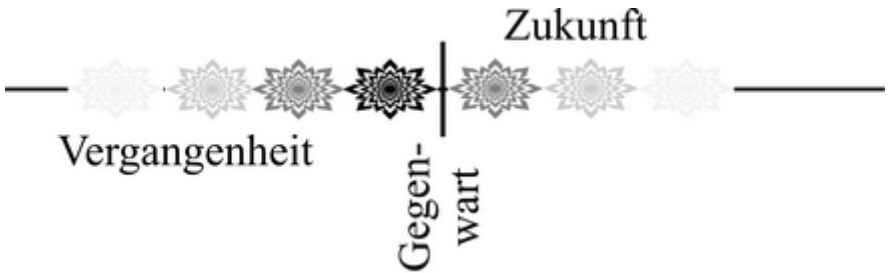
Die Methode funktioniert allerdings nur, wenn es keinerlei äußere Störungen gibt. Mit ihr können Schallimpulse ganz exakt gesetzt und wieder empfangen werden, sodass die gezielte Zerstörung von Nierensteinen möglich wird. Fink meint auch, man könne damit die Unterwasser-Kommunikation von U-Booten verbessern.

Im Übrigen ist eine Beeinflussung aus der Zukunft beim bewusst denkenden Menschen alltäglich: Wir nehmen uns ein Ziel vor, das in der Zukunft liegt (Beispiel: Ich möchte mit meinem Vehikel von A nach B), und dieser Gedanke beeinflusst im weiteren Verlauf unsere Handlungen. Die Zukunft wirkt hier auf die Gegenwart - aber Physiker würden das nicht als "Kausalität" bezeichnen.

Zurück zu Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. Weil alle drei vorgestellten Auffassungen ihrer Aufeinanderfolge unbefriedigend sind, schlage ich hier eine andere Möglichkeit vor: die **Kristallisationstheorie** der Zeit. Dabei ist die Zeit weder fest noch unbestimmt, sondern in einem ständigen Prozess der Verfestigung (= Kristallisation). Auch hier gibt es mehrere Möglichkeiten. So könnten wir uns die kristallisierte (in der Vergangenheit) und noch zu kristallisierende Zeit (in der Zukunft) so vorstellen:



Je weiter die Vergangenheit zurück liegt, desto unbestimmter, desto wandelbarer ist sie. Aber hier entdecken wir eine Diskontinuität: Die unmittelbare Vergangenheit und die unmittelbare Zukunft haben völlig unterschiedliches Aussehen. Wenn die Zeit aber kontinuierlich verläuft oder fließt, kann ein solches Schema nicht stimmen. Also modifizieren wir es auf diese Weise:



Das bedeutet: Die unmittelbare Vergangenheit ist am festesten und kann am wenigstens geändert werden. Die unmittelbare Zukunft lässt Möglichkeiten offen, aber nicht sehr viele. Je weiter wir in der Zeitachse vorrücken - egal, in welcher Richtung - , desto plastischer wird das bereits Geschehene oder noch zu Geschehene. Die ferne Vergangenheit ist ebenso unbestimmt wie die (nicht ganz so ferne) Zukunft. Was aber immer noch nicht erklärt, warum es einen Einschnitt namens "Gegenwart" gibt und wie die Vergangenheit von der Zukunft her beeinflusst oder gar geändert werden kann.

(3) Der Fluss der Zeit

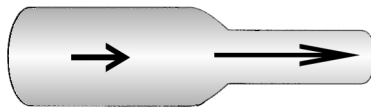
Unser unmittelbarstes Erlebnis der Zeit liegt in dem Gefühl, die Zeit fließe unerbittlich von der Vergangenheit in die Zukunft. Wir können sie nicht aufhalten, nicht verlangsamen, nicht beschleunigen, und schon gar nicht umkehren. Das meinte auch Isaac Newton, als er die "absoluten Zeit" in die Naturphilosophie (sprich: Physik) einführte. Sie sei unbeeinflussbar und schreite gleichmäßig fort; sie könne allerdings vom Menschen nicht direkt wahrgenommen werden.

Nun werden manche einwenden: Aber bei Einstein könne sich die Zeit doch dehnen, jedenfalls bei hohen Geschwindigkeiten. Doch diese Zeitdehnung oder -dilatation ist eine Illusion, wie schon das Zwillings-Paradoxon zeigt, das kein Paradoxon ist, sondern ein handfester und bis heute ungelöster Widerspruch. Angebliche Experimente, welche diese Zeitdehnung bestätigen sollen, sind technisch zweifelhaft und logisch widerspruchsvoll. Außerdem: Selbst wenn es eine solche Zeitveränderung gäbe, läge darin keine Möglichkeit, die Zeit willentlich zu beeinflussen. Zeitreisen sind mit Einsteins Spezieller Relativitätstheorie nicht möglich.

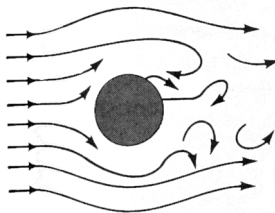
Hat die Zeit indes Flusseigenschaften, könnten wir ein paar Überlegungen anstellen, die Physiker bezüglich Strömungen entwickelt haben. Die erste Frage lautet: Wie schnell fließt die Zeit, und im Vergleich wozu? Die Frage scheint sinnlos, denn die Zeit fließt mit der Geschwindigkeit von einer Sekunde pro Sekunde. Doch das muss nicht sein. Stünde die Zeit still, während das Bewusstsein uns den Fluss der Zeit vorgaukelt, dann wäre die Zeitgeschwindigkeit null. Wäre die Zeit dagegen allgegenwärtig und überall gleich (wie es Newton und Einstein in seiner Allgemeinen Relativitätstheorie voraussetzen), dann hätte sie die Geschwindigkeit unendlich. Tatsächlich beträgt ihre Geschwindigkeit 2200 km/sec, wie der russische Physiker Kosyrew 1990 theoretisch abgeleitet und experimentell gefunden hat! Davon gleich mehr.

Wir alle kennen das Bernoulli-Gesetz für Strömungen aus der Anschauung: Verengt sich das Flussbett, strömt das Wasser schneller,

denn der Fluss als ganzer kann nicht abreißen. Übertragen wir dieses Gesetz auf unsere Wahrnehmung der subjektiven Zeit, dann finden wir Analogien. Unser Bewusstsein - das Strombett der Zeit - verengt sich dann, wenn wir uns ganz auf eine Sache konzentrieren. Und dabei vergeht die Zeit im Nu. Umgekehrt: Je weniger zielorientiert wir handeln - wenn wir also einfach herumlungern - dann vergeht die Zeit unendlich langsam, bis sie bei tiefer Bewusstlosigkeit (Koma) zum Stillstand kommt und unter dem Einfluss psychedelischer Drogen zum turbulenten Strom entartet oder gar rückwärts läuft.



Bernoullisches Gesetz: Verengt sich das Flussbett, wird die Strömung schneller



Strömung um ein Hindernis: Es bilden sich Turbulenzen, und hinter dem Hindernis fließt der Fluss sogar in Gegenrichtung!

Die Zeit als aktiver, physikalisch messbarer, die Umwelt beeinflussender, von ihr beeinflussbarer Strom - eine tolle Idee. Sie stammt von dem russischen Physiker *Nikolai Alexandrowitsch Kosyrew* (auch "Kozyrev" geschrieben) (1908 - 1983), der sie in einer Reihe einfacher Experimente mit asymmetrischen Torsionswaagen und Gyroskopen bewiesen zu haben glaubt.

Kosyrew beginnt seine Überlegungen damit, wie wir Zeit und ihre Richtung überhaupt definieren können. Dazu nimmt er die einfachste und wichtigste Beziehung in der gesamten Naturwissenschaft: die Kausalität. Wenn A die Ursache für B ist, dann liegt der Zeitpunkt des Ereignisses A *vor* dem Zeitpunkt des Ereignisses B. So kann die Richtung der Zeit festgelegt werden - vorausgesetzt, wir glauben nicht an einen Einfluss der Zukunft auf die Vergangenheit! (siehe voriges Kapitel). Es gibt nun eine Minimalzeit für die Übertragung kausaler Einflüsse, sprich: Impulse. Auf etwas obskure Weise berechnet Kosyrew die Geschwindigkeit der kausalen Minimalübertragung zu dem schon erwähnten Wert von 2200 km/sec, das ist weniger als 1 % der Lichtgeschwindigkeit.

Weiter geht Kosyrew davon aus, dass die Zeit Spuren hinterlässt, aber nur bei Drehungen - deshalb auch die Experimente mit Gyroskopen (Kreiseln). Die bevorzugte Zeitrichtung - von der Vergangenheit in die Zukunft, von der Ursache zur Wirkung - entsteht durch eine Drehungs-Asymmetrie des Raums. Davon zeugen alle Formeln der Physik, in denen Magnetismus vorkommt, denn Magnetismus entsteht unter anderem durch den Spin - das Kreiseln um die eigene Achse - von Elektronen, und dieses Kreiseln hat im dreidimensionalen Raum eine Vorzugsrichtung.

Zudem verdichten Systeme, welche Ordnung schaffen, die Zeit in sich selbst, sie saugen also Zeit an, während sie bei Systemen, die ins Chaos driften, ebenso verrinnt und verschwindet. Wer also etwas gestaltet und aus dem Nichts Strukturen erschafft - wie alle Lebewesen - der sammelt Zeit und verdichtet ihren Strom in seinem Innern. Wer die Dinge treiben lässt - wie die Natur - der verliert Zeit, und das ganz wörtlich. Durch spezielle Materialien (z.B. Aluminium) kann Zeit in einer Art Käfig sogar gesammelt und verdichtet werden, was ein wenig an Wilhelm Reichs "Orgon-Akkumulator" erinnert. Aber die Russen haben es schon immer geschafft, physikalische Exaktheit mit esoterischen Vorstellungen zu kombinieren.

Kosyrew entdeckte sogar das, was in der SF-Literatur als **Zeitschleifen** bekannt ist: Ein Prozess verläuft, scheinbar ohne Ursache, immer

wieder im Kreis. Solche isolierten, zeitlosen Vorgänge sind für ihn thermodynamisch reversible Prozesse, also solche, in denen keine Energie (durch Wärme, durch Reibung) verloren geht, und die sich perpetuum-mobile-haft ewig wiederholen.

Wenn Kosyrew recht hat, was könnten wir daraus lernen? Zum Beispiel dies: Ist Ihnen vielleicht auch schon aufgefallen, dass es Menschen gibt, die viel arbeiten, viel schaffen, dennoch immer Zeit haben, nie unter Stress stehen und sich auch den Mitmenschen widmen? Ihr Verhalten wird durch Kosyrews Thesen erklärbar: Sie saugen Zeit aus der Umgebung, bei ihnen ist der Zeitstrom dichter, sie haben ganz wörtlich mehr Zeit, indem sie die vorhandene Zeit so intensiv nutzen. Das Gegenteil kennen Sie sicher auch: Menschen, die nichts zu tun haben, nichts tun, sich aber immer beklagen, sie hätten keine Zeit (wie z.B. Rentner - etwa der Verfasser dieses Buchs!). Nach Kosyrew verdünnt sich bei diesen Personen der Zeitstrom, sie verlieren Zeit, und sie haben durch ihr Nichtstun tatsächlich weniger Zeit zur Verfügung.

Es gibt sogar einen (ziemlich schlechten) SF-Roman, der in der schon lange verschollenen Reihe "Utopia Kleinband" des Pabel-Verlags ca. 1955 erschienen war und der die Kosyrewsschen Ideen der Zeitverdichtung und -verdünnung vorausgenommen und durch grauenhafte Erlebnisse von Mondfahrern illustriert hat. In dem Roman "Weiße Hölle Mond" des Jim-Parker-Autors Alf Tjørnsen finden die unglücklichen Raumfahrer Steine auf dem Mond, die sie unaufhaltsam und beschleunigt altern lassen. Einer der Überlebenden schildert deren Eigenschaften so: *"Die 'Zeit-Magneten' nenne ich sie. Sie halten ein 'Zeit-Feld', genauso, wie ein Magnet ein magnetisches Feld hält. Wenn nun irgendwelches Leben oder eine mechanische Bewegung in den Bereich dieses konzentrierten 'Zeit-Feldes' kommt, beginnen die Steine, dieses Feld freizugeben. Es ist dann so, als ob ein Magnet in Feuer aufgeht und seinen Magnetismus abgibt. Nun kommen jene 'Zeit-Felder' aus den Steinen heraus."* Und die Erklärung dafür: *"Der Mond kann gar nicht mehr älter werden! Der größte Teil des Alters und der Zeit, die sich in den Steinen aufhalten (und*

deshalb, weil der Mond ja nicht mehr älter werden kann, in die Steine gehen) wird also aufgehoben. Diese Zeit hat uns an einem Tag zu alten Männern gemacht und wir sterben am Alter." Der Mond hat durch seine Untätigkeit praktisch ein Zeit-Vakuum erzeugt, in welches die Zeit der lebendigen Raumfahrer hineingesogen wird.

Der Zeitstrom könnte auch umgelenkt werden, z.B. in die Vergangenheit. Damit wären nach Kosyrew zwar keine Zeitreisen möglich, wohl aber Botschaften in die Vergangenheit - oder aus der Zukunft! Der SF-Autor *James Blish* hat diese Idee mit seinem "Dirac-Radio" in der Erzählung "Störgeräusch" (Beep, 1954) physikalisch korrekt und menschlich spannend umgesetzt.

Der Zeitstrom könnte vor allem beschleunigt oder verlangsamt werden, bis zum Stillstand. Beispiele dafür aus der Science-Fiction:

Zeitverlangsamung:

David J. Masson: Ablösung (1965). In: "Die Fußangeln der Zeit" (Der Krieg währt ewig; je weiter vom Kriegsschauplatz entfernt, desto langsamer fließt die Zeit)

Peter Schattschneider: Am Anfang war die Kraft (1984). In: "Singularitäten" (Zeitverlangsamung durch Schwarze Löcher)

Zeitbeschleunigung:

H. G. Wells: Der neue Beschleuniger (1901). The Strand Magazine. (Biologische Zeitbeschleunigung durch Drogen: Die Umwelt steht still)

Zeitstillstand:

Murray Leinster: The eternal now (1944). Thrilling Wonder Stories (wie bei H.G. Wells)

Arthur C. Clarke: Alle Zeit der Welt (1961). In: "Die andere Seite des Himmels"

Peter Schattschneider: Zeitstopp (1982). In: "Zeitstopp"

Zeitdehnung:

Paul van Herck: Framstag Sam. Heyne 1981 (Zeit-Einschübe zwischen Freitag und Samstag; später sogar zwischen Donnerstag und Freitag)

Zeitumkehr:

F. Scott Fitzgerald: Der seltsame Fall des Benjamin Button (1922) (auch verfilmt) (Satire)

Frederic Brown: Das Ende (1961). In: "Nightmares and Gezenstacks"

Ian Watson: Die sehr langsame Zeitmaschine (1978). In: "Die Fußangeln der Zeit" (realistische Darstellung der Kommunikationsprobleme)

Peter Schattschneider: Die Jez'r-Fragmente (1984). In: "Singularitäten" (Zeitumkehr + Personenverdopplung durch ein Schwarzes Loch)

Zeit und Schicksal

Welche Möglichkeiten gibt es, unser Schicksal zu gestalten, speziell: durch eine Zeitreise die Vergangenheit zu verändern? Drei Auffassungen stellen wir hiermit vor, wobei (1) (Determinismus) und (3) (Parallelwelten) keine Zeitparadoxien kennen, wohl aber (2) (Veränderbare Vergangenheit).

Hier die verschiedenen Auffassungen schematisch:

<i>Auffassung</i>	<i>Physik</i>	<i>Namen</i>	<i>Zeitpfeil</i>
Determinismus	Mechanik (17. Jhd), Relativitätstheorien (1905)	<i>Newton</i> <i>Einstein/</i> <i>Minkowski</i>	nicht vorhanden
Veränderbare Vergangenheit	statistische Thermodynamik (um 1900), Chaostheorie (um 1900)	<i>Boltzmann</i> <i>Poincaré</i>	durch Entropie durch Regelkreis
Parallelwelten	Quantenphysik: Vielwelten- Interpretation (1957)	<i>Hugh Everett</i> <i>David</i> <i>Deutsch</i>	nicht vorhanden

Determinismus

Legt man das Blockuniversum von Einstein/Minkowski zugrunde, bleibt als Einstellung zum Schicksal nur der strenge Determinismus: Alles ist vorherbestimmt. Die Welt kann beeinflusst, aber nicht geändert werden. Der britische Astrophysiker *James Jeans* hat den physikalischen Determinismus 1935 beinahe poetisch charakterisiert:

Das Gespinst der Raumzeit ist bereits vollständig gewoben, im Raum wie in der Zeit, sodass das ganze Bild existiert, obwohl wir uns dessen nur Stück für Stück bewusst werden - wie einsame Fliegen, die

über einen Teppich kriechen. Ein menschliches Leben ist nichts als ein Faden in diesem kosmischen Teppich.

Und auch der "Erfinder" der Science Fiction und Gründer des ersten SF-Magazins (Amazing Stories, 1926), *Hugo Gernsback*, vertritt einen strengen Determinismus, wenn er sagt: *"Wir können die Zukunft um kein Jota ändern. Die Ereignisse irgendeiner zukünftigen Ära sind unauslöschbar im Buch des Schicksals eingetragen."* Ähnlich der Erfinder der Zeitmaschine, *H.G. Wells*. In einem Vortrag am 24.1.1902 mit dem Titel "Die Entdeckung der Zukunft" meinte er:

Wenn durch eine Manipulation von Raum und Zeit Julius Cäsar, Napoleon, Edward IV, William der Eroberer, Lord Roeberey und Robert Burns alle bei ihrer Geburt geändert worden wären, hätte das keine ernsthafte Verschiebung am Strom des Schicksals hervorgerufen. Diese großen Männer sind bloße Federspitzen, die das Schicksal zum Schreiben verwendeten.

Ebenso poetisch wie düster drückt es der SF-Autor *Norman Spinrad* in der Erzählung "The Weed of Time" (1970) aus, wo durch Kauen einer extraterrestrischen Pflanze alle Lebewesen die Zukunft exakt kennen:

Die Zukunft kann nicht geändert werden, weil sie nicht geändert wurde, weil sie nicht geändert werden wird.

Doch diese Einstellung widerspricht den Auffassungen der Quantenphysik und unserer Vorstellung vom Freien Willen.

Das Problem haben übrigens auch die jüdischen Religionen, also Judentum, Christentum und Islam. Sie glauben an einen allwissenden Gott, also an einen Gott, der alles kennt, auch die gesamte Zukunft: nicht etwa nur die *Möglichkeiten* der Zukunft, sondern ihre echte *Realisierung*. Also muss alles vorausbestimmt sein. Wo bleibt dann der freie Wille? Wenn es den nicht gibt, warum belohnt und bestraft Gott die Menschen für ihre Taten? Die großen Religionen haben das Problem ebensowenig gelöst wie die Physiker.

Aber gibt es überhaupt einen freien Willen? Manches spricht dafür, dass wir nicht so ganz frei sind, wie wir meinen. In den 1980er Jahren experimentierte der amerikanische Physiologe *Benjamin Libet* am Hirn von Epilepsiekranken und stellte fest, dass der bewusste Wille, den Finger zu bewegen, erst ca. 1 ½ Sekunden nach der eigentlichen Handlung erfolgt, das Gehirn aber diesen Zeitpunkt zur Täuschung des "Ich" in der Zeit rückverlagert, sodass es aussieht, als hätte der Mensch tatsächlich erst entschieden und dann gehandelt, obwohl es in Wirklichkeit umgekehrt war. Die Experimente wurden zwanzig Jahre später wiederholt, mit ähnlichen Ergebnissen, doch Kritiker meinen, der Freie Wille sei etwas komplexer als das Heben des kleinen Fingers.

Wie auch immer, die deterministische Version der Schicksalsauffassung besagt: Ich kann weder die Vergangenheit noch die Zukunft ändern. *Ändern* setzt allerdings voraus, dass wir etwas *kennen*. Die Vergangenheit kennen wir (zumindest glauben wir das), aber die Zukunft? Indes, es gibt Menschen, die uns die Zukunft sagen können: Hellseher. Und so hat die erste uns überlieferte Erzählung dieser Art mit einer Voraussage zu tun: *Ödipus* erlebte sein Schicksal nur deswegen, weil es vorausgesagt wurde. Hätten ihn seine Eltern *nicht* fort gegeben, wäre das alles nicht passiert.

Dieses Thema des unabwendbaren Schicksals - und zwar genau durch seine Voraussage! - hat *Philip K. Dick* in seiner Erzählung "Minderheitenbericht" (1956, später auch verfilmt) trickreich variiert. Hier etabliert der Held, der Polizeichef John Anderton, ein System der Verbrechensverhütung, das sich als höchst wirksam erweist: Drei hellseherisch begabte Mutanten sagen die Zukunft voraus (nicht immer genau die gleiche), und sehen, wer etwas Böses tun will. Diese Person wird prophylaktisch eingesperrt, obwohl sie ja gar nichts getan hat.

Als dann Anderton zufällig mitbekommt, dass er selbst demnächst einen Mann ermorden wird, den er gar nicht kennt, büchst er aus und lernt gerade dadurch diesen Menschen kennen. Woraufhin er (nach einigen Verwicklungen) erkennt, dass er diesen Menschen - einen

Ex-General, der einen Militärputsch vorbereitet - aus politischen Gründen tatsächlich ermorden soll, was er dann auch tut, natürlich zum Wohl des amerikanischen Volks. Am Ende gibt der Held seinem Nachfolger folgenden Rat: *"Passen Sie gut auf, wenn Ihr Name jemals auf einer Karte ((mit der Liste potentieller Mörder)) auftauchen sollte, lassen Sie den Dingen ihren Lauf! Sie können die Situation zwar für einige Zeit verwirren, aber nicht ändern."*

Einen wirklich strengen Determinismus vertritt nur *James Blish* in seiner brillanten Erzählung "Störgeräusch" (Beep, 1954). Die Protagonisten wissen genau, was in der Zukunft geschieht, dank der Erfindung des "Dirac-Radios", ein Transmitter von Radiowellen aus der Zukunft. Die Heldin erklärt das Blockuniversum und das absolute Fehlen irgendeines freien Willens perfekt:

"Es gibt für uns keine Alternativen, keine imaginären 'Zeitäste', keine Punkte auf der Zeitlinie, von denen aus wir den Lauf der Zukunft ändern können. Meine Zukunft, so wie die Ihre oder Dr. Walds oder von jedermann sonst ist festgelegt. Es änderte die Sache nicht im geringsten, ob ich nun ein vernünftiges Motiv für die Dinge hatte, die ich tun würde - ich würde sie auf jeden Fall tun. Ursache und Wirkung existieren nicht. Ein Ereignis folgt dem andern, und die Ereignisse sind in dem Raum-Zeit-Kontinuum genauso unzerstörbar eingebettet wie Materie oder Energie."

Und weiter:

"Rationalen Erklärungen für unser Tun stehen uns wenigstens allem Anschein nach noch frei zu tun. Das Bewusstsein des Beobachters reist mit auf der Fahrt in die Zukunft. Es kann zwar den Ablauf der Ereignisse selbst nicht beeinflussen, aber es kann kommentieren, erklären, erfinden. Das ist ein großes Glück, denn wer von uns könnte ertragen, wie ein Roboter einfach Dinge tun zu müssen, die völlig frei wären von unserer Entscheidungs- und Willensfreiheit. Deshalb suchte ich mir ein Motiv zusammen."

Nachdem sie ihre Motive erklärt hat, kommt der krönende Abschluss:

"Das also sind meine Motive. Aber sie waren es nicht vom Anfang an. In Wirklichkeit stehen ja keine Motive hinter unseren Handlungen. Alle Handlungen sind schon lange vorher festgelegt. Was wir Motive nennen, sind offensichtlich nur vernunftgemäße Erklärungen des hilflos zuschauenden Bewusstseins, das intelligent genug ist, ein kommendes Ereignis vorausahnen zu können - und da es das Ereignis nicht abwenden kann, stattdessen nach Gründen sucht, um es willkommen heißen zu können."

Eine derart konsequente Einstellung finden wir selten in der Literatur. Meist vertreten die Autoren eine Art modifizierten Determinismus, der zwar auch besagt: Nichts kann geändert werden, und wenn wir es versuchen, erreichen wir genau das, was wir verhindern wollen (der Ödipus-Effekt). Aber menschliche Motive und bewusste Entscheidungen sind vorhanden, auch wenn sie nichts bewirken. Gute Beispiel dafür sind die beiden Erzählungen von *Robert F. Young*, die ich in diesem Buch aufgenommen habe. Im "Sternenfischer" lebt der Held so unbewusst und so abhängig von seinem Verlangen, dass er gar nicht merkt, wie exakt er sein Schicksal erfüllt. Für den Mord an seiner Geliebten wird er zu vierzig Jahren Strafkolonie verurteilt, obwohl er ihn gar nicht begangen hat. So reist er zurück in die Vergangenheit, um den Mord zu verhindern, und gerade dadurch geschieht es: In einem Anfall von sinnloser Eifersucht bringt er (sein zweites Ich) die Angebetete um, weil sie nur ihn (sein erstes Ich) liebt.

In der Geschichte "Erfüllung" dagegen nimmt der Held sein Schicksal positiv an, führt die Handlungen durch, die überliefert sind, sagt die Worte, die er, der Überlieferung nach, schon gesagt hat, und erreicht dadurch, was im Titel angedeutet ist: die Erlösung von seiner qualvollen Suche nach der verlorenen Geliebten. Determinismus kann auch positiv sein: als Ergebnis in das vorgezeichnet Schicksal, das aber erst - durch bewusste Anstrengungen - erfüllt werden muss.

So ähnlich dachte auch der Held Karl Glogauer in *Michael Moorcocks* "Behold the Man" (1966, später auch als Roman). Mit Hilfe

einer Zeitmaschine erfüllt sich der neurotische Späthippie Glogauer den Traum seines Lebens: bei der Kreuzigung Christi dabei sein zu dürfen. Die Zeitmaschine geht zu Bruch, ein Jesus ist nicht in Sicht bzw. entpuppt sich als debiler Junge. So wächst Glogauer ganz allmählich selbst in die Rolle des Menschen hinein, dessen Schicksal er unbedingt erleben wollte - was ihm dann auch auf schreckliche Weise gelingt: Er wird zuletzt gekreuzigt. Auch hier hat der Held die Bürde seines (vorgezeichneten?) Lebens bewusst auf sich genommen. Aber ist das noch Determinismus?

Jedenfalls gibt es eine besondere Form des Determinismus, die von vielen mit der Hölle gleichgesetzt wird: die schon erwähnten **Zeitschleifen**. Der Chirurg und Märchenerzähler *Richard von Volkmann-Leander* (1830 - 1889) hat in seinen "Träumereien an französischen Kaminen" (1871) eine sehr harmlose Version der Hölle als Zeitschleife geschildert. In der Erzählung "Von Himmel und Hölle" kommt ein Reicher ans Himmelstor und wird von Petrus gefragt, was er sich denn so wünsche. Der Reiche weiß genau, wie sein Himmel aussehen soll:

Da sprang der reiche Mann von der Bank auf und sagte, er wolle ein großes, goldenes Schloß haben, so schön, wie der Kaiser keins hätte, und jeden Tag das beste Essen. Früh Schokolade und mittags einen Tag um den andern Kalbsbraten mit Apfelmus und Milchreis, mit Bratwürsten und nachher rote Grütze. Das wären seine Leibgerichte. Und abends jeden Tag etwas andres. Weiter wolle er dann einen recht schönen Großvaterstuhl und einen grünseidenen Schlafrock; und das Tageblättchen solle Petrus auch nicht vergessen, damit er doch wisse, was passiere.

Da sah ihn Petrus mitleidig an, schwieg lange und fragte endlich: „Und weiter wünschst du dir nichts?“ — „0 ja!“ fiel rasch der Reiche ein, „Geld, viel Geld, alle Keller voll; so viel, daß man es gar nicht zählen kann!“

„Das sollst du alles habe“, entgegnete Petrus, „komm, folge mir!“

Und so erlebt der Reiche jeden Tag gleich, in tiefster Isolation. Nach tausend Jahren kommt er endlich drauf, dass er nicht im Himmel, sondern in der Hölle gelandet ist. Aber Petrus hat ein Einsehen und lässt ihn in nach weiteren tausend Jahren in den Himmel.

Viel übler ergeht es dem Helden der Erzählung "The double timer" von *Thomas M. Disch* (Fantastic, Oct. 1962). Der Antiheld, ein Polizist, will seine Frau umbringen, was gelingt, und den Mord ihrem (vermuteten) Liebhaber in die Schuhe schieben, was nicht gelingt, denn der Liebhaber hat einen Unfall und wird ins Krankenhaus weggebracht; er ist also nicht am Tatort. Dann gibt es noch Streit mit seinem anderen Ich, und am Ende ist der Mörder in einer entsetzlichen Zeitschleife gefangen, bringt täglich seine Frau um und scheitert täglich mit dem Versteckspiel.

Die beste SF-Erzählung dieser Art ist *Robert Heinleins* "Entführung in die Zukunft" ("All you zombies") aus dem Jahr 1964: Ein Mann begegnet durch Reisen in die Vergangenheit einer Frau, das ist aber er selbst, nachdem er sich einer Geschlechtsumwandlung unterwarf, zeugt einen Sohn mit ihr/sich, nur um zu erkennen, dass dieser Sohn er selber ist und nur er, als einzige Person, überhaupt existiert. Am Ende der Erzählung heißt es:

Dann betrachtete ich den Ring an meinem Finger.

Die Schlange, die immer und ewig ihren Schwanz verschlingt ... Ich weiß, woher ich stamme — aber woher kommt ihr Wiederbeseelten?

Ich spüre, dass ich Kopfschmerzen bekam, aber ich wollte keine Tablette nehmen. Das habe ich einmal getan — und ihr seid alle fortgegangen. Deshalb kroch ich unter die Decke und stieß einen Pfiff aus, um das Licht zu löschen.

Ihr seid nicht wirklich dort. Außer mir - Jane - ist hier niemand in der Dunkelheit. Ihr fehlt mir schrecklich!

Wheeler hatte diese Idee schon viel früher: Er meinte, es gäbe in der Welt nur ein einziges Elektron, dessen Weltlinien einander unzählige Male überkreuzen, sodass es praktisch immer wieder neugeboren

und damit sichtbar wird. Das würde die identischen Eigenschaften aller Elektronen erklären. Aber, so fragte ihn sein Schüler Feynman, woher kommen dann die Positronen?

Veränderbare Vergangenheit

Variante 2 ist die wirklich interessante: Es gibt eine und nur eine Welt, und ich kann sowohl Vergangenheit als auch Zukunft ändern. Mit all den bekannten Paradoxien, die bei klugen Köpfen zu der Ansicht führen, dass Zeitreisen in die Vergangenheit nicht möglich sind. Hier also das wichtigste Paradoxon, auch "Großvaterparadoxon" genannt:

Das Großvater-Paradoxon (von weniger zart besaiteten Zeitgenossen auch als "Vatermord-Paradoxon" bezeichnet) besteht darin, dass der Zeitreisende in der Vergangenheit seinen Großvater erschießt (oder seinen Vater!) und damit seine eigene Zeugung bzw. Geburt verhindert. Da er nun nicht geboren wird, existiert er auch nicht, kann also gar nicht in die Vergangenheit reisen, um seinen Großvater zu erschießen. Also existiert er doch, also kann er doch ... ad infinitum. Das Paradoxon tauchte in dieser Form erstmals 1933 in der SF-Erzählung "Ancestral Voices" von *Nat Schachner* auf. Man braucht aber weder seinen Großvater noch seinen Vater noch sich selbst zu erschießen. Es genügt, den Zeitreisenden (also sich selbst) an der Zeitreise zu hindern, und zwar in dem Augenblick, da er sie antreten soll bzw. ja eigentlich schon angetreten hat. Das geht am einfachsten, indem man ihn in ein interessantes Gespräch verwickelt. Man kommt zum gleichen Ergebnis, ganz ohne Gewalt, ja ganz ohne äußere Handlungen.

Zahlreiche Autoren haben daraus zweierlei konstruiert: entweder eine Art Zeitpolizei, welche darüber wacht, dass die Zukunft in geordneten Bahnen verläuft (*Isaac Asimov*: Am Ende der Ewigkeit; *Poul Anderson*: Hüter der Zeiten; *Fritz Leiber*: Eine große Zeit); oder eine Tourismus-Branche, die sich auf Zeitreisen spezialisiert (*Robert Sil-*

verberg: Zeitpatrouille); oder beides. Bezüglich der Möglichkeit, die Geschichte durch Manipulationen in der Vergangenheit zu ändern, gibt es zwei Auffassungen, die auch Entsprechungen in der Physik besitzen. Die erste Auffassung postuliert eine Art *Trägheitsgesetz der Geschichte*. Am besten drückt dies *Fritz Leiber* in seinen Erzählungen "Die große Zeit" (1958) aus:

Die meisten von uns treten in die Veränderungswelt mit der falschen Vorstellung ein, dass die geringste Veränderung in der Vergangenheit — ein verschobenes Staubkorn — die ganz Zukunft verändern muss. Es dauert seine Zeit, bis wir seelisch und intellektuell das Gesetz der Bewahrung der Realität akzeptieren: dass nämlich bei einer Veränderung der Vergangenheit die Zukunft sich gerade nur soweit wie nötig verändert, gerade ausreichend, um die neuen Daten aufzunehmen. Die Veränderungswinde treffen stets auf höchsten Widerstand. Sonst hätte der allererste Einsatz in Babylon bereits New Orleans, Sheffield, Stuttgart und Maut Davis' Geburtsort auf Ganymed ausgelöscht!

Leiber fährt fort:

Überdenkt doch einmal, wie die durch Roms Zusammenbruch entstandene Lücke durch die imperialistischen und christianisierten Germanen ausgefüllt wurde. Nur ein erfahrener Historiker vermag in den meisten Zeitaltern den Unterschied zwischen der ehemaligen römisch- und der jetzigen gothisch-katholischen Kirche zu benennen. Im Kiewwasser der Großen Veränderung werden Kulturen und Individuen transportiert, das stimmt, doch bleiben sie im Wesentlichen, was sie waren, abgesehen von der üblichen Zahl bedauerlicher, aber statistisch bedeutungsloser Unfälle.

Zahlreiche andere Autoren vertreten eine ähnliche Auffassung, unter anderem *Isaac Asimov* ("Das Ende der Ewigkeit") oder *Sprague de Camp* ("Lest Darkness fall"). Besonders eindrucksvoll ist in dieser Hinsicht *Robert Sheckleys* "Die wandelbare Zukunft" (1960). Die Menschen der Zukunft können nur noch mit Masken atmen, denn die großen Wälder sind alle zerstört, der Sauerstoff wird knapp. (Ein

technisches Missverständnis: Der Sauerstoff der irdischen Atmosphäre kommt zum Großteil von den Algen der Meere!) Die Wissenschaftler der Zukunft haben herausgefunden, dass es *ein* Ereignis der Vergangenheit gibt, wo die Weichen gestellt wurden: Die Begegnung zweier Geschäftsleute. Der eine besucht den anderen in seinem Büro, und als er es wieder verlässt, ist der andere tot, der Vertrag über den Schutz der Wälder kommt nicht zustande, mit den bekannten fatalen Folgen.

Die Geschichtsmanipulatoren probieren es nun gleich in drei verschiedenen Parallelwelten, das Ereignis - das Treffen der beiden - rückgängig zu machen. Zweimal gelingt es nicht, beim dritten Mal schon, doch das Resultat ist aus unterschiedlichsten (psychologisch wunderbar geschilderten) Gründen immer das Gleiche: Der Geschäftsmann ist nach dem Treffen tot: einmal im Zorn vom Besucher attackiert, einmal durch ein vergiftetes Schwert versehentlich getötet, einmal durch Selbstmord geendet. Sheckley schildert mit raffinierter Psychologie die schicksalhaften Ereignisse und zeigt: auch dreimalige Manipulationsversuche bringen nichts.

Vom strengen Determinismus unterscheidet sich diese Einstellung ähnlich wie die statistische Thermodynamik von der klassischen Mechanik: Unwahrscheinliche Zustände sind möglich, aber man muss nicht wirklich mit ihnen rechnen. Kurzum: Die Geschichte zu ändern ist nicht ganz einfach.

Nun seien Sie mal ehrlich: Wäre es Ihnen möglich, das Attentat auf Kennedy zu verhindern oder das auf Hitler zum Erfolg zu bringen? Und wenn ja, welchen Weg würde die Geschichte dann nehmen? Sicherlich einen anderen, als Sie sich vorstellen. In den zahlreichen Gedankenspielen zu alternativen Geschichtsentwürfen (siehe Literaturliste) wird die Möglichkeit eines erfolgreichen Attentats auf Hitler 1944 sehr negativ beurteilt: Die SS würde die Macht übernehmen, der Angriffskrieg würde gemildert oder eingestellt werden, die Nazis hätten mehr Mittel, sich zu verteidigen und würden den Krieg hinausögern - bis es den Amerikaner endlich gelingt, eine Atombombe

zu bauen. Und die würde möglicherweise über Deutschland abgeworfen werden.

Eine solche fatalistische Einstellung haben viele SF-Autoren, wobei der Übergang vom Determinismus zur Beeinflussbarkeit der Geschichte fließend ist. Und wie steht es im privaten Bereich? Könnte man das eigene Leben ändern, wenn man bestimmte Ereignisse der Vergangenheit anders gestaltet? Es ist zu bezweifeln. Zu diesem Thema gibt es zwei ausgezeichnete, wenngleich wenig bekannte Filme. In dem Film *Mord um Mitternacht (Turn back the clock)* (1989) gerät eine Frau am Sylvesterabend mit ihrem Mann wegen seiner Affäre in einen heftigen Streit. Er beginnt sie zu würgen, sie greift in eine Schublade, in der zufällig eine geladene Pistole liegt, und erschießt ihn. Entsetzt wankt sie nach unten zur Feier - und da begrüßt sie ihr Mann, munter und fröhlich, als ob nichts geschehen wäre. So kommt sie drauf, dass sie ein ganzes Jahr in die Vergangenheit gerutscht ist und jetzt ein Jahr Zeit hat, die Zukunft zu korrigieren.

Als erstes verhindert sie die Zusammenkunft der Geliebten mit ihrem Mann. Vergeblich - er lernt sie eben später kennen. Und am Sylvesterabend kommt es wieder zum Streit. Diesmal allerdings hat sie die Pistole vorsorglich entfernt. Ebenfalls vergeblich: Ein guter Bekannter hat die Sache mitgekriegt, ist den beiden nachgeschlichen und erschießt jetzt (mit seiner eigenen Pistole) ihren Mann, bevor der seine Frau erwürgt. Fazit: Auch das private Schicksal kann man nicht ändern.

So ähnlich beginnt auch der Film *Lieber gestern als nie (The Man with Rain in His Shoes)* (1999), mit umgekehrten Rollen. Hier fängt die Freundin des künstlerischen Helden eine Affäre mit einem Mann an, der nicht nur stark ist (sie lernt ihn im Fitnessstudio kennen), sondern auch edel: Er will in ein Entwicklungsland gehen. Diesmal wird der Held nur drei Monate zurückversetzt und verhindert erst mal erfolgreich das Treffen im Fitnessstudio. Vergeblich: Am nächsten Tag bringt ihn ihre beste Freundin mit, und die Geschichte nimmt den bekannten Verlauf. Allerdings endet die Sache glücklich, denn

durch die Trennung rafft sich der träge Lebenskünstler endlich auf und macht etwas aus seinem Leben. Er lernt sogar die richtige Frau kennen, während es mit seiner Ex bergab geht, bis auch sie die Chance einer Lebenskorrektur erhält.

Manchmal mache ich mir die Mühe, das eigene Leben oder das guter Bekannter alternativ aufzurollen ("Was wäre geschehen, wenn ich damals nicht ... sondern ..."). Ergebnis: Manche Entwicklungen hätten sich beschleunigt, manche verzögert, insgesamt wäre aber ungefähr das Gleiche herausgekommen, mit leichten Gewichtsverschiebungen bezüglich Interessen, Partnerschaften und beruflicher Karriere.

Die andere Auffassung von der Möglichkeit, die Zukunft zu ändern, ist der *Schmetterlingseffekt* (Edward N. Lorenz, 1963). Der Meteorologe Lorenz hat ihn poetisch so formuliert: "*Kann der Flügelschlag eines Schmetterlings zu einem Wirbelsturm in Texas führen?*" Die Antwort lautet: Manchmal schon. Wie üblich, hat ein Science-Fiction-Autor die Sache, sogar mit dem gleichen Titel, um Jahrzehnte vorausgenommen. In der Erzählung "A sound of thunder" (1952; auch in der Sammlung "Die goldenen Äpfel der Sonne") von Ray Bradbury geschieht genau dies: Zeitreisende in die Kreidezeit schauen sich das Treiben der Saurier an, aber einer der Männer verlässt den geschützten Bereich der Zeitmaschine und zertritt einen Schmetterling. Als sie wieder zurückkommen, ist die Welt verändert: Anstelle der gewohnten Demokratie finden die Männer nun eine üble Diktatur vor.

Etwas amüsanter behandelt William Tenn das Thema in der Erzählung "Me, myself and I" (1947). Der zerstreute Professor, ein eingefleischter Junggeselle namens Ruddle, schickt einen Penner namens Gooseneck McCarthy ebenfalls in die Kreidezeit, wo dieser einen Stein wegschiebt, unter dem ein Tausendfüßler davon kriecht. Als er zurückkommt, ist der Professor mit einem Drachen von Ehegattin gesegnet und heißt jetzt Guggles. Er schickt den Penner nochmals in die Vergangenheit, um die Sache mit dem Tausendfüßler rückgängig zu machen, weil er ja eigentlich Junggeselle bleiben wollte. In

der Kreidezeit begegnet McCarthy sich selbst, vielmehr einem McCarney, der sich weigert, den Stein wieder zurück zu hieven. Die Sache wird noch komplizierter, als ein drittes Exemplar auftaucht. Im Verlauf der Erzählung wechseln sowohl der Professor als auch der Penner als auch die Bank, auf die der Scheck für den Penner ausgestellt ist, zweimal den Namen.

Als besonders pessimistisch erweist sich *Sprague de Camp* in seiner Erzählung "Aristotle and the gun" (1958). Hier reist ein Wissenschaftler ins alte Griechenland, um Aristoteles, dem einzigen halbwegs modernen Gelehrten, Dampf unterm arbeitsscheuen Hintern zu machen: Er will ihm sagen, dass Experimentieren gut ist und den Fortschritt der Menschheit beschleunigen hilft. Indes, es geschieht das genaue Gegenteil: Der Zeitreisende wird als Spion verdächtigt, und gerade rechtzeitig vor seiner Massakrierung entkommt er in seine Zeit - aber nicht in seine Welt. Er landet in einer modernen Form der Aztekenherrschaft, ohne Wissenschaft, ohne Freiheit, ohne Zukunft. Denn durch sein Erscheinen in der Vergangenheit war Aristoteles so desavouiert worden, dass ihn niemand mehr ernst nahm. Der wissenschaftlich-technische Fortschritt wurde dadurch derart blockiert, dass die Europäer Amerika nie eroberten, mit dem geschilderten Ergebnis. Guter Wille, schlechte Folgen!

Die physikalische Grundlage für diese Art der Geschichtsmanipulation ist die von *Henri Poincaré* zu Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts aufgestellte *Chaostheorie*. Sie wurde später von *Benoit Mandelbrot* ausgebaut, der dem "deterministischen" Chaos ein wunderbares Symbol verpasste: das Apfelmännchen. "Deterministisch" ist das Chaos deshalb, weil die Ereignisse immer noch den strengen Regeln der Newtonschen Physik folgen. Doch führen infolge eines Regelkreises (positive Rückkopplung: ein Prozess beeinflusst sich selbst unzählige Male) winzige Abweichungen zu Beginn des Kreises zu großen Abweichungen am Ende, wegen der Wiederholung. Auch unvermeidliche Ungenauigkeiten der Messung oder sogar des Computers zeitigen das gleiche Resultat: Mann kann die Entwicklung nicht mehr voraussagen. Solche chaotischen Zustände treten aber nur

unter bestimmten Bedingungen auf. Im Bereich der Geschichte sind dies absolut unberechenbare Entwicklungen wie etwa Revolutionen.

Irgendwie scheinen echte Zeitreisen in die Vergangenheit, ohne die Möglichkeit der Flucht in Parallelwelten, gewisse Probleme zu berieten. Die Geschichte der Menschheit können wir ja doch nicht ändern, und die private Geschichte offenbar auch nicht so recht. Da helfen uns vielleicht virtuelle Welten weiter. Für einen Artikel im PM-Magazin habe ich mir ein Programm ausgedacht, das natürlich (ohne mein damaliges Wissen) schon jemand vor mir hatte, nämlich der gute Doktor Asimov in seinem Roman "Das Ende der Ewigkeit". Ich stelle das Programm TEMPORAL jetzt trotzdem vor. Es funktioniert als neuronales Netzwerk etwa so:

Nach Installation des Programms muss der Benutzer sämtliche Daten des eigenen Lebens eingeben, alle Ereignisse, Krankheiten, Gefühle und Erinnerungen, je vollständiger, desto besser (Phase 1). Danach wird das Programm kalibriert. Es geht in bestimmte Situationen der Vergangenheit und versucht, die sich daraus ergebenden Ereignisse vorauszusagen. Die Voraussage wird mit der Wirklichkeit verglichen, und so nähert sich das Programm in seinen Berechnungen immer mehr der Realität (Phase 2). Auch bei der Vorhersage künftiger Ereignisse wird ständig nachgeeicht. Der Benutzer kann nach dieser Phase nun das Programm für Reisen in virtuelle Parallelwelten benutzen (Phase 3). Dazu ändert er eine Situation der Vergangenheit und bekommt vom Programm drei wahrscheinliche Welten vorgestellt, zusammen mit den Entwicklungen, die sich daraus ergeben würden. Eine schöne und ungefährliche Art, die eigene Vergangenheit, Zukunft und Parallelwelt zu erforschen.

Soweit zur Zukunft, aber kann man die Vergangenheit überhaupt ändern? Es gibt tatsächlich einen Hinweis, wenngleich auf esoterischem Gebiet. Beginnen wir mit einer Kunst die zwar mit Wissenschaft nichts zu tun hat, dafür aber immer für interessante Gespräche sorgt: die Kunst des Handlesens. Der Verfasser dieses Buchs hat sich früher damit beschäftigt und wurde dabei immer wieder mit einer seltsamen Tatsache konfrontiert. Die Linien in einer Hand zeigen,

laut Überlieferung der Handliniendeuter, auch eine zeitliche Entwicklung an. Dies würde bedeuten, dass die gesamte Zukunft eines Menschen auf Grund seiner Handlinien bereits festgelegt ist. Doch das stimmt nicht: Linien können sich ändern, und damit auch die Zukunft - oder die Vergangenheit! Es hängt davon ab, in welchem Bereich sich die Linie ändert. Wie aber kann die Vergangenheit, die ja schon geschehen ist, eine andere werden?

Mit Hilfe der Quantenphysik, behauptet der Physiker *Fred Alan Wolf*, der in seinem Buch "Star Wave" (1984) die Ideen und den mathematischen Formelapparat der Quantenphysik auf die Psyche des Menschen anwendet und dabei zu der Erkenntnis kommt: Die Zukunft ist für die Gegenwart wichtiger als die Vergangenheit. Und: Die Zukunft existiert bereits, die Vergangenheit dagegen wird ständig neu erschaffen, und zwar durch Erinnern. Wolf verwendet für seine Erkenntnisse den Formelapparat von Dirac in einer originellen Interpretation. Aber das hier darzustellen wäre technisch zu aufwändig.

Parallelwelten

Die Idee, dass es nicht nur eine, sondern unzählige Welten gibt, die in einer höheren Dimension aneinander parallel liegen (wie ein Stapel Blätter), stammt wie üblich aus der Science Fiction und wurde später auch in der Quantenphysik propagiert ("Vielwelten-Interpretation", *H. Everett, B. de Witt, D. Deutsch*). Sie umgeht geschickt alle Paradoxien, denn wenn die Vergangenheit geändert wird, bildet sich automatisch eine neue Welt, sozusagen eine Variante. Diese Auffassung ist für Physiker traumhaft, weil sie alle Zeit-Paradoxien sowie eine Menge unerklärlicher Phänomene der Quantenphysik vermeidet. Sie ist für SF-Autoren uninteressant, weil es keinerlei Verwicklungen gibt, die gute Literatur erst ausmachen.

Deswegen hat sich der Erfinder der Parallelwelttheorie, der SF-Autor *Murray Leinster*, in seiner Erzählung "Sidewise in Time" (1934) gleich die Variante ausgedacht, die spätere Autoren übernommen

haben: Die Parallelwelten sind nicht "dicht", was bedeutet, dass Personen von einer Welt zur anderen übertreten können. Die Verwirrung ist perfekt: römische Legionäre tauchen in den USA auf, Wikingerschiffe überfallen einen Hafen in Massachusetts. Ein Vertreter bekommt Schwierigkeiten beim Übertritt in einen Südstaat, denn der hat den Bürgerkrieg gewonnen. Chinesische Reisbauern verkaufen ihre Waren in Washington, DC. Usw. Später hat *Jack Williamson* einen ganzen Erzählzyklus daraus gemacht ("The Legion of Time", 1938), und *Robert Silverberg* hat aus dem Konzept eine menschlich ansprechende Erzählung gezaubert ("Trips" in: Final Stage, 1974), in der der Held ziellos durch die Parallelwelten wandert, endlich seine Frau findet, aber von ihrem Ehemann freundlich begrüßt und wieder freundlich verabschiedet wird und sich als Heimatloser um Universum der Parallelwelten verläuft.

Auch ein bekannter Schriftsteller hat diese Idee zu einer Kurzgeschichte verarbeitet, wiederum lange bevor die Wissenschaftler ähnlich dachten. In *Jorge Luis Borges'* Erzählung "Der Garten der Pfade, die sich verzweigen" (1944) schildert der argentinische Autor das Konzept so:

Der Garten der Pfade, die sich verzweigen, ist ein zwar unvollständiges, aber kein falsches Bild des Weltganzen, so wie es (ein chinesischer Gelehrter) auffasste. Im Unterschied zu Newton und Schopenhauer glaubte Ihr Ahne nicht an eine gleichförmige, absolute Zeit. Er glaubte an unendliche Zeitreihen, an ein wachsendes, Schwindel erregendes Netz auseinander- und zueinander strebender und gleichgerichteter Zeiten. Dieses Webmuster aus Zeiten, die sich einander nähern, sich verzweigen, sich schneiden oder jahrhundertlang nicht voneinander wissen, umfasst alle Möglichkeiten. In der Mehrzahl dieser Zeiten existieren wir nicht; in einigen existieren Sie, ich jedoch nicht; in anderen ich, Sie aber nicht; in wieder anderen wir beide. In dieser Zeit nun, die mir ein günstiger Zufall beschert, sind Sie in mein Haus gekommen. In einer anderen haben Sie mich, da Sie den Garten durchschritten, als Toten gefunden; in wieder einer

anderen sage ich dieselben Worte wie jetzt, aber ich bin ein Trug, ein Scheinbild.

Kann es Parallelwelten geben? Es gibt da Probleme physikalischer Natur, vor allem mit der Energie. Denn die unendlich vielen Universen brauchen nicht nur Platz, sie produzieren auch jede Menge Wärme, Strahlung, Schwerkraft und andere Energieformen. Selbst wenn wir uns unendlich-dimensionale Räume vorstellen, in denen diese Welten eingebettet sind - die Energie hält sich nicht an räumliche Grenzen. Sie müsste überschwappen und alles vernichten.

Genug der Spekulationen. Lasst uns konkret werden und eine Zeitmaschine basteln!

Zeitmaschinen

Übersicht:

<i>wer</i>	<i>Beruf</i>	<i>wann</i>	<i>Grundlage</i>	<i>Technik</i>
<i>Edward Page Mitchell</i>	Schriftsteller	1881	keine	Wanduhr
<i>H. G. Wells</i>	Schriftsteller	1895	keine	Fahrrad
<i>Will Stuart (= Jack Williamson)</i>	SF-Autor	1942	Wheeler-Feynmann-Theorie der Zeitumkehr	Antimaterie
<i>Kurt Gödel</i>	Matematiker	1949	ART ^(*) : rotierendes Universum	schnelles Raumschiff (70% Lichtgeschwindigkeit)
<i>Frank Tipler</i>	Physiker	1974	ART ^(*) : rotierender Körper	rotierende Zylinder aus exotischer Materie
<i>Kip Thorne</i>	Physiker	1988	ART ^(*) : Singularitäten	verbundene Wurmlöcher

<i>Marlin B. Pohlmann</i>	Erfinder	2006	ART ^(*) : Singularitäten	Kerr-Singularitäten (rotierende Schwarze Löcher)
---------------------------	----------	------	-------------------------------------	--

(*) ART = Allgemeine Relativitätstheorie oder Feldgleichungen der Gravitation (Einstein/Hilbert 1915)

Ich weiß, eine konkrete Zeitmaschine hat noch niemand gebastelt, aber wie wäre es mit Ihnen, lieber Leser? Immerhin hat *Marlin B. Pohlmann* aus Tulsa (USA) 2006 ein US-Patent auf eine Zeitmaschine angemeldet, und den Anfang der Patentschrift ("Method of gravity distortion and time displacement") will ich hier übersetzt präsentieren (soweit ich ihn verstanden habe):

Es wird eine Methode vorgestellt zur Anwendung sinusoidaler Schwingungen einer elektrischen Bombardierung auf der Oberfläche einer Kerr-Singularität in enger Nachbarschaft zu einer zweiten Kerr-Singularität, wobei Vorteile gezogen werden aus dem Lense-Thirring-Effekt, um die Wirkung zweier Punktmassen auf beinahe kreisförmigen Umlaufbahnen in einer 2+1-dimensionalen Anti-de Sitter-Welt zu simulieren, was zur Schaffung einer kreisförmigen zeitähnlichen Geodätischen führt, in Übereinstimmung zur van Stockum unter der Van Den Broeck Modifikation einer Alcubierre-Geometrie, was die Änderung der Topologie erlaubt, von einer raumähnlichen zu einer anderen in Übereinstimmung mit Gerochs Theorem, was zu einer Methode der Schaffung einer Gödelartigen, geodätisch vollständigen Raumzeiteinbettung führt, komplett mit geschlossenen zeitartigen Raumzeitlinien.

Na bitte, geht doch. Und wenn Sie's nicht ganz verstanden haben: Auf den folgenden 30 Seiten (plus Abbildungen) werden alle Unklarheiten beseitigt. Hoffentlich.

Die erste Zeitreise mit einem technischen Gerät vollführte der amerikanische Schriftsteller *Edward Page Mitchell* in der Zeitschrift "Sun" schon im Jahre 1881. Die Zeitmaschine war eine Uhr! Diese Idee wurde in der satirischen Comicserie "Herbie" aufgenommen, wo der

fette faule Herbie mittels Pendeluhr als Zeitmaschine ins alte Ägypten reist, um für seinen Vater die schöne Cleopatra zu entführen. Die erweist sich allerdings als fette faule Schlampe, welcher merkwürdiger Zufall. Lässt uns wieder ernsthaft werden: Mitchell erfand auch schon 1877 die Teleportation ("The Man without a Body", ebenfalls in der Sun) und beschäftigte sich wohl als erster mit dem Zeitparadoxon.

Die erste Zeitmaschine als technisches Gerät hat sich bekanntlich *H.G. Wells* in seinem weltberühmten Roman "Die Zeitmaschine" ausgedacht. Gedanken über deren technische Realisierung (oder auch nur das zugrunde liegende physikalische Konzept) machte er sich nicht, da die Zeitmaschine nur als literarisches Vehikel diene, die ferne Zukunft Englands zu beschreiben. Der Produzent und Regisseur *George Pal* dagegen hat sie in seinem gleichnamigen Film (1960) unsterblich gemacht, als eine Art Schlitten mit Antriebsrad im Rücken. Diese Zeitmaschine gibt es auch zum Selberbasteln hier: <http://spaceart.de/produkte/uf014.php>

Die erste Zeitmaschine mit physikalischem Hintergrund stammte von *Will Stuart* (Pseudonym für *Jack Williamson*), der sie in "Astounding" 1942 veröffentlichte und dabei, wie so oft in der SF-Literatur, wissenschaftliche Ideen vorausnahm, diesmal die Idee von Wheeler-Feynman, Antimaterie sei Materie mit rückwärts laufender Zeit.

Einsteins Gleichungen von 1915 erlaubten Lösungen, die zu abgefahrenen physikalischen Spekulationen Anlass gaben. Die erste dieser Lösungen stammt von seinem besten Freund, dem Mathematiker *Kurt Gödel*, der 1949 ein um eine vierdimensionale Achse rotierendes Universum postulierte. Zufällig ergaben sich daraus "zeitartig geschlossene Raumzeitkurven", was bedeutet: Wenn jemand lange (und schnell) genug in die Zukunft reist, kommt er in der eigenen Vergangenheit an. Kurzum: In Gödels Universum sind Zeitreisen möglich, eine Tatsache, die Gödel nicht störte, Einstein aber sehr wohl. Denn nun ergeben sich all die Paradoxien, die dem Physiker das Leben schwer machen. Paradoxien sind aber des Mathematikers täglich Brot, daher Gödels Gleichmut.

Ebenfalls mit rotierenden Objekten versuchte es der theoretische Physiker ("Physik der Unsterblichkeit") *Frank Tipler*. Tiplers Zeitmaschine aus dem Jahr 1974 sieht so aus: Man nehme überdichte (= exotische) Materie (so dicht wie in einem Neutronenstern, wo ein Kubikmillimeter soviel wiegt wie ein Schlachtschiff), bastle daraus einen sehr dünnen, sehr langen Zylinder (mindestens 100 km lang, etwa 10 km breit), der dann so schnell gedreht wird, dass seine Oberfläche mit halber Lichtgeschwindigkeit rotiert, das sind etwa 2000 Umdrehungen pro Sekunde. Dann bilden sich in seinem Äußeren zeitartig geschlossene Weltlinien, was Zeitreisen ermöglicht (wenn uns das Gerät nicht um die Ohren fliegt oder vorher schon zusammenbricht), mit einem Nachteil: Die Zeitreisen sind nur auf seiner Karussell-Oberfläche möglich und auch nur innerhalb der Zeit, da diese Maschine existiert. Das bringt wohl nicht viel, aber immerhin war Tipler der erste ernsthafte Wissenschaftler, der ein Konzept vorstellte, welches sich auf eine allseits anerkannte Theorie stützte, nämlich auf die Allgemeine Relativitätstheorie von Albert Einstein, die für alle Zeitreisen und -maschinen seit Gödel zur Vorlage wurde.

Einsteins Gleichungen erlaubten auch noch andere Lösungen, und zwar solche, in denen "Singularitäten" vorkommen. Das sind physikalisch nicht tragbare Zustände, die indes bei spekulativen theoretischen Physikern sehr beliebt sind. (Einstein gehörte nicht dazu.) Wiederum war es John A. Wheeler, der sich mit ihnen intensiv beschäftigte und ihnen auch den heute üblichen Namen gab: *Schwarze Löcher*. Später erfand er auch noch "Wurmlöcher", sozusagen die Nano-Ausgabe der Schwarzen Löcher, und mit ihnen wurden nun, überraschenderweise, Zeitreisen möglich.

So machte sich Wheelers Schüler *Kip Thorne* auf die Suche nach Wurmlöchern, die Zeitreisen erlauben. In dem Buch "Black Holes and Time Warps: Einstein's Outrageous Legacy" (1994) nahm er zwei Wurmlöcher als Ein- und Ausgang eines Tunnels durch die Raumzeit (wieder ein Konzept, das SF-Autoren schon viel früher hatten: Sie nannten diesen Tunnel "Hyperraum"). Ausgehend von Einsteins Formeln zur Allgemeinen Relativitätstheorie konnten er

und Wheeler zeigen, dass Schwarze Löcher nicht immer gänzlich "schwarz" sein müssen. Es gibt auch welche, die auf der anderen Seite "weiß" sind, was, in die Alltagssprache übersetzt, bedeutet, dass sie alles, was sie verschlucken, auf der anderen Seite wieder ausspucken. Die andere Seite könnte ein anderes Universum sein, oder unser eigenes, aber dann in einer anderen Zeit. Das Geschluckte wird dann *vor* dem Verschlucktwerden wieder ausgespuckt.

Zwar sind Wurmlöcher kleiner als Atomkerne und sie leben kürzer als ein Lichtblitz, aber man könnte sie ja irgendwie aufblasen und mit dem entsprechenden Raumzeitkleber stabilisieren. Woher die Wurmlöcher kommen, ist eine andere Sache (durch Energiefluktuationen aus dem "Quantenschaum"), wie man ihre Öffnungen ("Münder") vergrößert, desgleichen; und erst recht, wie sie stabilisiert werden sollen. All das reicht aber nicht: Jetzt muss auch noch das eine Wurmloch gegenüber dem anderen auf nahezu Lichtgeschwindigkeit beschleunigt werden, damit es zur Zeitverschiebung ("Zeitdilatation" nach Einstein) kommt. Weil das nun wirklich nicht funktionieren würde, haben sich Thorne und Mitarbeiter eine andere Methode ausgedacht, die ebenfalls auf Einstein zurückgeht: Schwere Massen verlangsamen den Zeitfluss. Es würde also genügen (!), das eine Wurmloch in die Nähe einer großen Masse (z.B. eines Weißen Zwergs) zu bringen, um dort die Zeit zu verlangsamen. Wenn das alles bewerkstelligt wurde, kann ein Mensch durch den Übergang von einem Wurmloch-Mund zum anderen in der Zeit reisen (in jeder Richtung). Abgesehen von all den technischen Problemen bleibt auch hier die unangenehme Tatsache, dass man nur jene Zeiten bereisen kann, in denen beide Wurmlöcher existieren. Davon hat die Wissenschaft wenig, dafür handelt sie sich die Paradoxa ein, die nicht sein dürfen. Davon im nächsten Kapitel mehr!

Im übrigen: Wer sich eine Zeitmaschine zulegen will, dem sei zuvor wärmstens *John Brunners* "Der galaktische Verbraucher-Service: preiswerte Zeitmaschinen" zur Lektüre empfohlen (in: "Zielzeit", Heyne 1965). Damit keiner im zeitlichen Nichts landet und sich nachher bei den Verbraucherzentralen beklagt ...

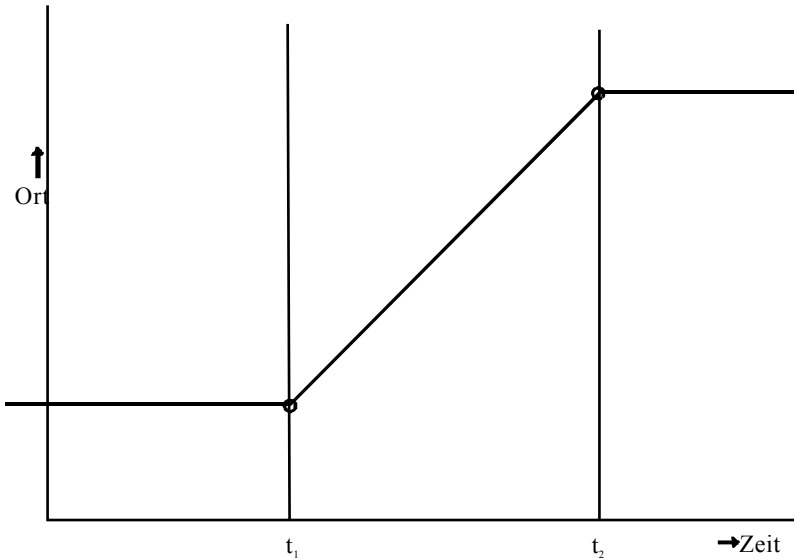
Das Zeitparadoxon: die Darstellung

Es gibt mehrere Zeitparadoxa, doch wenn wir von *dem Zeitparadoxon* sprechen, meinen wir das eine: Jemand reist in die Vergangenheit und verhindert entweder seine eigene Existenz ("Großvater-Paradoxon") oder einfach seine Abreise in die Vergangenheit. Dann aber kann er, wenn es nur eine Welt gibt, in der Vergangenheit gar nicht existieren, Also kann er dort auch keine Handlungen setzen. Also kann er doch existieren. Also kann er doch ... ad infinitum. In der englischen Fachliteratur heißt es das "bilking paradox" = das Paradoxon des Zechprellers weil man - z.B. in einer Zeitschleife - etwas erhält, ohne dafür was zu tun.

Das sieht man am besten beim Informationsparadoxon, das der Science-Fiction-Autor *Anthony Burgess* in seiner herrlich absurden Geschichte "Die Muse" am besten veranschaulicht (in: "Die Fußangeln der Zeit"). Ein Shakespeare-Verehrer besteigt eine Zeitmaschine, beladen mit sämtlichen Werken seines Idols, und sucht den Meister persönlich auf, zwecks Autogramm-Sammlung. Doch Shakespeare, in Wirklichkeit ein fauler, nichtsnutziger und völlig unbegabter elisabethanischer Playboy, nimmt ihm alle Bücher weg - und schreibt seine eigenen Werke ab. So erhebt sich nun die bange Frage: Wer hat Shakespeares Werke ursprünglich verfasst?

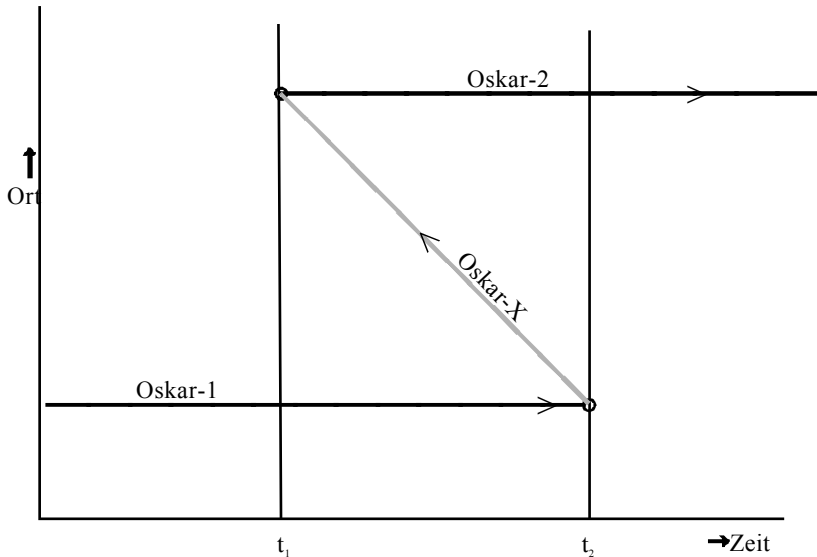
Robert Silberberg hat in seinem amüsanten Roman "Zeitpatrouille" (1969) eine ganze Reihe von Zeitparadoxien aufgezählt, darunter das Paradoxon des zunehmenden Publikums, der Transitversetzung, der Diskontinuität, der Akkumulation, und das äußerste Zeitparadoxon (letzteres bedeutet: In der Vergangenheit stellt irgendwer die Weichen so, dass Zeitreisen unmöglich werden. Also sind auch die Handlungen dieser Person unmöglich. Oder vielleicht doch?) Auf jeden Fall müssen wir uns jetzt die Sache grafisch anschauen. Wie üblich in einem Diagramm, bilden wir die Zeit in der waagrechten Achse ab, und die senkrechte Achse nehmen wir für den Ort. Die Linie, welche die Existenz eines Objekts in diesem Raum-Zeit-

Diagramm beschreibt, nennen wir "Weltlinie". Und noch etwas: Üblicherweise heißt der Zeitreisende "Oskar". Und weil der sich gelegentlich verdoppelt oder gar vervielfacht, wird er durch eine angehängte Zahl charakterisiert, z.B. "Oskar-1". Ein Mensch, der sich vor der Zeit t_1 und nach der Zeit t_2 nicht vom Fleck rührt, hat dann folgende Weltlinie:



*Bild 1: **Raum-Zeit-Diagramm.** Eingezeichnet ist die Weltlinie eines Objekts, das bis t_1 ruht, dann nach oben rückt und ab t_2 wiederum ruht.*

Eine Zeitreise in die Vergangenheit sieht dann so aus, wie im Diagramm unten gezeichnet. Wir haben Oskar als Zeitreisenden grau dargestellt, um zu zeigen, dass er möglicherweise nicht aus der bekannten Materie besteht, sondern als etwas, das wir "Schattenmaterie" nennen wollen.



*Bild 2: Weltlinie einer **Reise in die Vergangenheit**. Oskar reist zur Zeit t_2 in die Vergangenheit, kommt zur Zeit t_1 an einer anderen Stelle seines Zimmers an und lebt als Doppelgänger ("Oskar-2") weiter. Als Zeitreisender ("Oskar-X") hat er eine andere Konsistenz; deswegen die andere Farbe dieses Teils der Weltlinie*

Das nächste Diagramm zeigt uns das Zeit-Paradoxon: Die Weltlinie von Oskar ist nicht mehr stetig (durchgezogen), sondern an der Stelle t_T ($T = \text{Tod}$) unterbrochen, weil zu dieser Zeit Oskar-2 den Oskar-1 tötet.

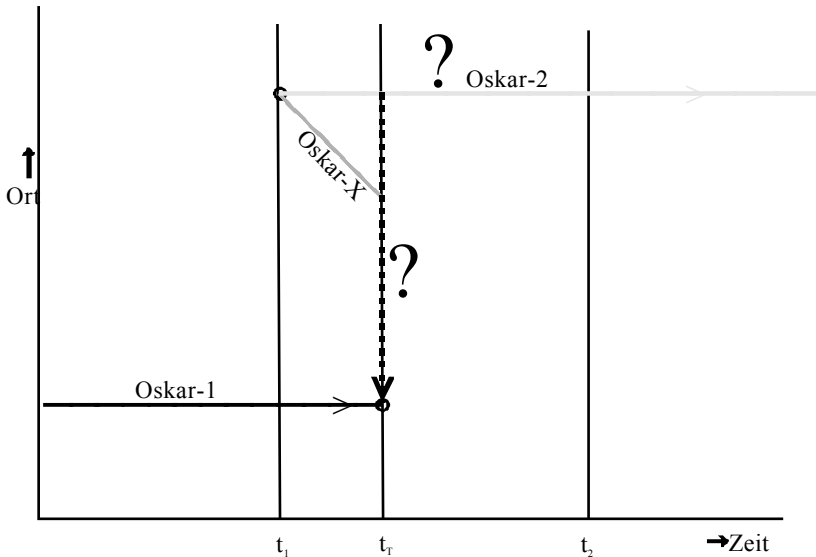


Bild 3: Zeit-Paradoxon. Oskar-2 tötet zur Zeit t_T den Oskar-1 oder hindert ihn an der Zeitreise. Wie aber kann er dann zu Oskar-2 werden?

Unlösbare Situation? Keineswegs. Wir müssen nur unsere Betrachtungsweise ändern. Was wir bisher taten: Wie haben die Ereignisse mit den Augen des Zeitreisenden gesehen. Diese Logik wollen wir *Zeitreiselogik* nennen. Jetzt aber schauen wir uns das Ganze mit den Augen eines stillstehenden Betrachters an. Diese Logik wollen wir *Kausallogik* nennen. Dazu müssen wir uns mit einer Zeitebene von links nach rechts bewegen, die Dinge also so sehen, wie es unser Bewusstsein - und die Physik! - erlebt. Dann sieht die normale Zeitreise aber ganz anders (viel komplizierter) aus. Erst mal konkretisieren wir die Zeiten zu $t_1 = 10$ Uhr und $t_2 = 11$ Uhr. Die Zeitreise beginnt also um 11 Uhr und endet eine Stunde früher. (Über die subjektive Zeit des Zeitreisenden wissen wir nichts; wir nehmen einfach an, dass alles sehr schnell geht und für den Zeitreisenden die Zeitreise nur ein paar Minuten dauert.) Dann ergeben sich höchst seltsame

Dinge, die wir im Buch grafisch illustriert haben. Hier also das Protokoll einer Zeitreise:

09:59 Uhr. Oskar-1 sitzt in seiner Zeitmaschine (rechts) und tut erstmal nichts.

10:00 Uhr. Plötzlich taucht aus dem Nichts ein zweiter Oskar auf (Oskar-2, links).

10:30 Uhr. Zwischen 10 und 11 Uhr ist ein dritter Oskar (Oskar-X, Mitte) schattenhaft zu sehen. Es handelt sich um den Zeitreisenden während der Reise.

10:59 Uhr. Kurz vor 11 Uhr verschmilzt Oskar-X (schattenhaft) mit Oskar-1 (rechts)

11:00 Uhr. Oskar 1 hat seine Zeitreise angetreten und ist damit verschwunden. Ab jetzt gibt es nur noch Oskar-2 (links).

Ganz schön kompliziert? Dann wiederholen wir das Ganze mit einem einfachen Experiment, der Erzeugung und Vernichtung eines Elektron-Positron-Paars. Das sieht so aus:

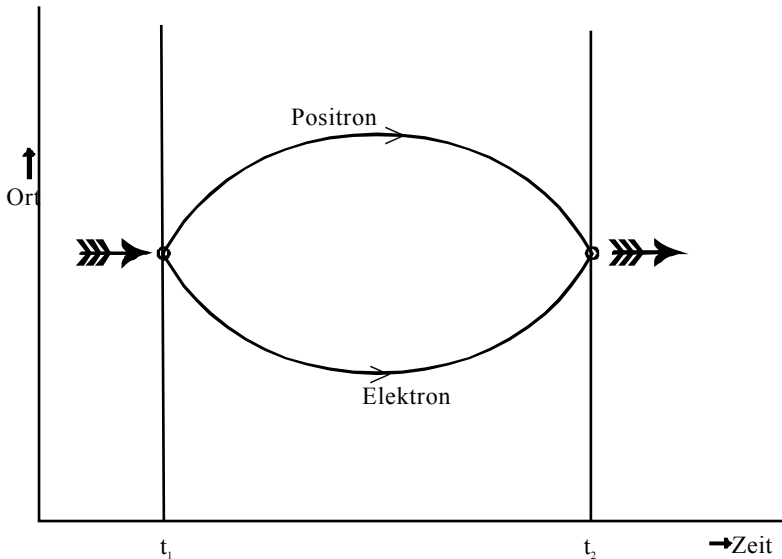


Bild 9: Erzeugung und Vernichtung eines Elektron-Positron-Paars

Zur Zeit t_1 bildet sich aus einem energiereichen Gammastrahlenblitz ein Elektron und ein Positron. Beide werden erst durch ein Magnetfeld getrennt, streben also auseinander. Dann wird das Feld abgestellt, die beiden Elementarteilchen streben wieder zueinander und verschmelzen zur Zeit t_2 miteinander. Ihre Massen lösen sich in Energie auf und erzeugen einen Gammastrahlenblitz.

Das alles ist physikalisch und logisch ganz einfach und experimentell oft erreicht. Wenn wir allerdings die Interpretation von Wheeler-Feynman zugrunde legen und das Positron als ein Elektron betrachten, welches sich verkehrt in der Zeit bewegt, dann sieht das Diagramm zwar genauso aus, erhält aber eine andere Beschriftung und damit Deutung: Das Elektron ist in einer *Zeitschleife* gefangen!

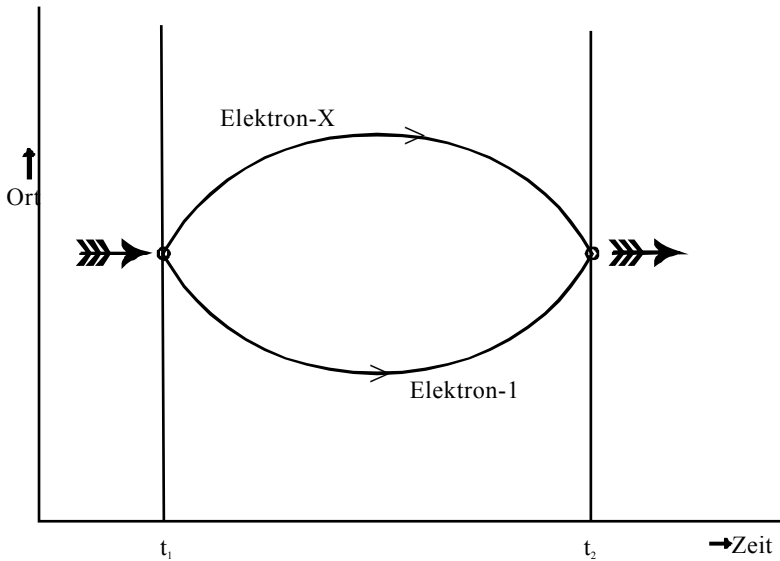


Bild 10: Zeitschleife eines Elektrons

Ein Elektron entsteht zur Zeit t_1 scheinbar aus dem Nichts, beschreibt eine leicht gekrümmte Bahn, wandert ab t_2 in der Zeit wieder zurück und beginnt seine Reise erneut bei t_1 . Das Ganze klingt jetzt ziemlich unlogisch, obwohl alles seine Ordnung hat (wir haben nur die Energien beiseite gelassen). Um einen Bezug zu unseren Oskars herzustellen, modifizieren wir den Versuch ein wenig. Das sieht dann so aus:

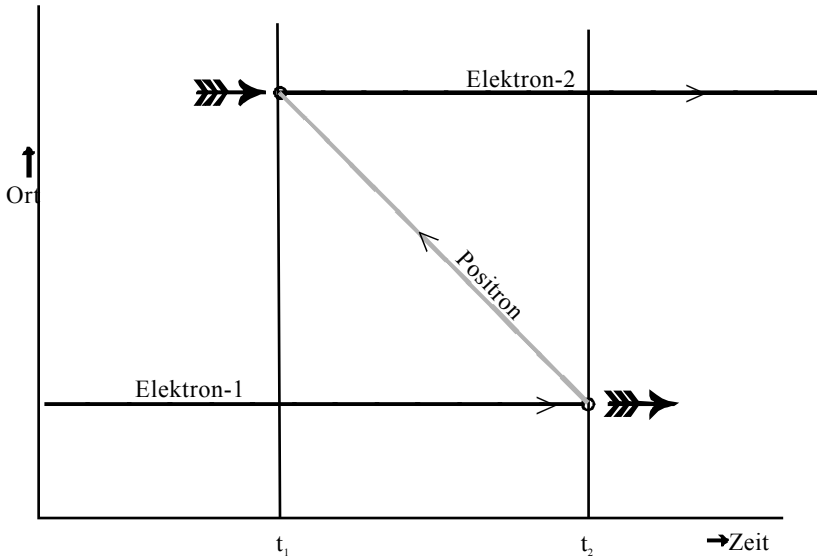


Bild 11: Zeitreise eines Elektrons

Dieses Bild sieht nun genauso aus wie Bild 2, die Reise eines Zeitreisenden in die Vergangenheit. Wir aber interpretieren das Bild gleich richtig, Routine haben wir ja schon. Also: Zur Zeit t_1 entsteht durch einen Gammastrahlenblitz ein Elektron-Positron-Paar (oben). Gleichzeitig zu dem jetzt entstandenen Elektron-2 existiert schon seit längerem Elektron-1 (unten), das zur Zeit t_2 mit dem Positron zusammenstößt und verschmilzt und die dabei entstehende Energie an die Umwelt abgibt (unten). Elektron-2 bleibt davon unberührt und existiert weiter.

Wie gesagt, die Sache ist vom Standpunkt des Zeitreisenden ganz einfach: Wir identifizieren Elektron-1 = Oskar-1, Positron = Oskar-X, Elektron-2 = Oskar-2. Dann erhalten wir Bild 2. Vom Standpunkt der Kausallogik klingt die Sache ein bisschen komplizierter - aber dieser Standpunkt zeigt uns die Lösung des Zeitparadoxons! Mehr dazu im nächsten Kapitel.

Das Zeitparadoxon: die Lösung

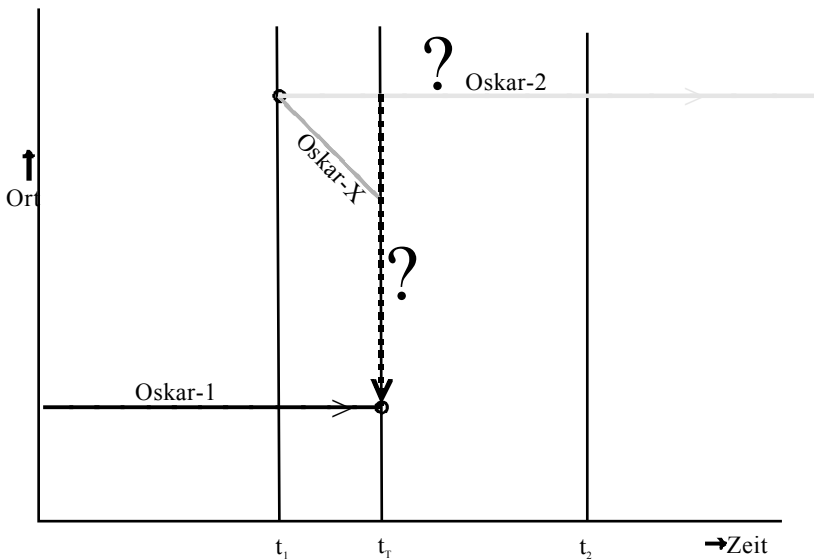
Mehrere Physiker, die sich mit Zeitreisen beschäftigten, darunter *Kip Thorne* und *Joseph Polchinski*, haben in den 1980er und 1990er Jahren folgende Situation konstruiert (also für theoretisch möglich erklärt): Eine Billardkugel, nennen wir sie "Oskar-1", wird durch die Öffnung eines Wurmlochs gestoßen. Sie kommt am anderen Ende der Raumzeitverbindung in der unmittelbaren Vergangenheit als Oskar-2 in einer solchen Bahn heraus, dass sie ihre eigene Bahn (also die von Oskar-1) stört, sodass sie nicht mehr ins Wurmloch fallen kann, sodass sie am anderen Ende auch nicht heraus kommt, sodass sie sich selber nicht stört, sodass sie also doch ... ad infinitum. Mit anderen Worten: Die Physiker haben, ganz ohne Einwirkung des freien Willens, das Zeitparadoxon erschaffen. Und wie haben sie sich heraus gewunden?

Eigentlich könnte man das, was ihnen einfiel, schamvoll verschweigen, so dumm sind die Ideen der größten Denker des 20. Jahrhunderts. Ich will nur zwei erwähnen, die alle auf das gleiche hinauslaufen, auf das "Morgenstern-Prinzip". In dem Gedicht "Die unmögliche Tatsache" von *Christan Morgenstern* wird dessen Antiheld Palmström "an einer Straßenbeuge und von einem Kraftfahrzeuge" überfahren. Im Krankenhaus studiert Palmström die Verkehrsordnung und muss erkennen, dass an diesem Ort gar keine Autos fahren durften. Der Schluss des Gedichts ist in die Deutsche Sprache eingegangen:

Und also schließt er messerscharf
dass nicht sein *kann*, was nicht sein *darf*.

So ähnlich argumentiert *Igor Novikov* mit seinem "Prinzip der Selbst-Konsistenz (= Widerspruchsfreiheit)". Es besagt: Zeitparadoxa kann es nicht geben, weil es sie nicht geben darf. Auf dem gleichen Nivo bewegt sich *Stephen Hawkings* "chronology protection conjecture", auf deutsch etwa: die Vermutung, dass die korrekte Abfolge von Ereignissen gewahrt bleibt, und zwar durch die bestehenden Naturgesetze. Und das war's.

Da wollen wir doch unser Hirschmalz einsetzen und zeigen, wie man dem Paradoxon entgehen könnte. Zur Erinnerung noch mal die Situation, also Bild 3 des vorigen Kapitels:



Ersetzen wir nun Oskar-1 und Oskar-2 durch Elektronen, Oskar-X durch ein Positron, so müssten wir Elektron-2 an der Stelle t_1 vernichten, was nicht ganz einfach ist, denn Elektronen sind ziemlich zählebig. Indes, es genügt, Elektron-1 (unten) an der Kollision mit dem Positron (zur Zeit t_2) zu hindern, z.B., indem wir es in seiner

Bahn ablenken. Wie das geschieht, soll uns nicht kümmern; es genügt, wenn Elektron-1 aufhört, für das Positron eine Gefahr darzustellen. Dann haben wir eine ähnliche Situation wie beim Zeitparadoxon mit den drei Oskars, und die sieht so aus:

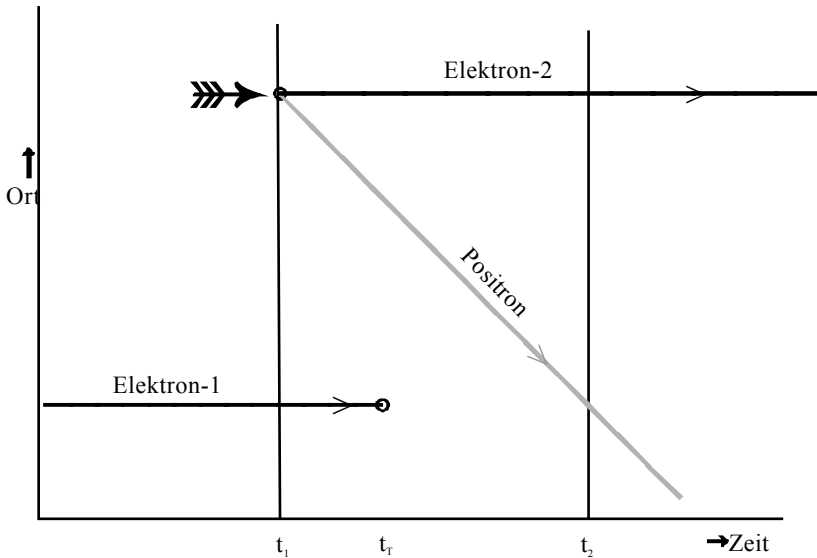


Bild 12: Das Zeitparadoxon mit zwei Elektronen und einem Positron als "Zeitreisendem"

Ein verblüffendes Bild: Das Zeitparadoxon betrifft weder Oskar-1 noch Oskar-2, sondern den zeitreisenden Oskar-X in seiner Schattenwelt! Und der hat, von seinem Standpunkt aus ("Zeitreiselogik"), eine unendliche Vergangenheit, von unserem Standpunkt aus (Kausallogik) eine unendliche Zukunft in seinem Zeitreise-Schatzenreich:

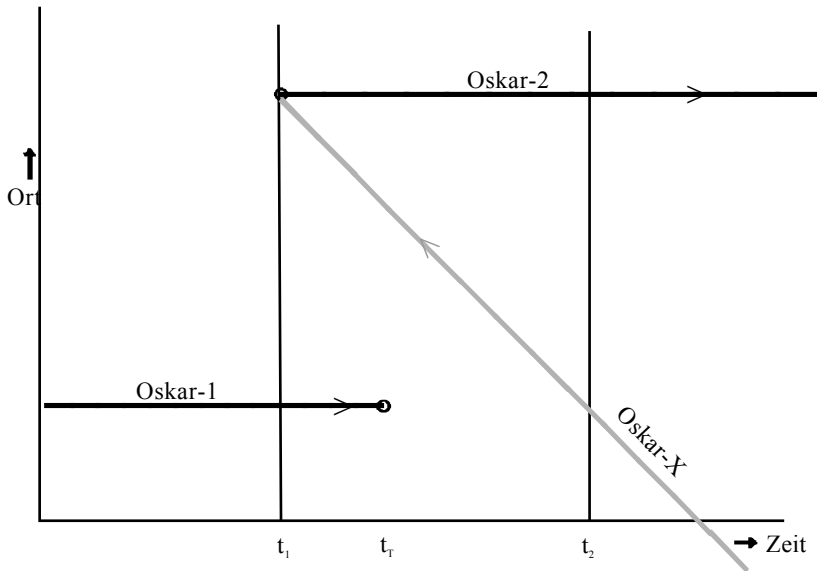


Bild 13: Das Zeitparadoxon gelöst

Sollte dieses Bild zutreffen, sollten also die Wheeler/Feynman-Analogien etwas taugen, dann ergeben sich daraus ein paar höchst nüchterne Schlussfolgerungen. Zum Beispiel:

- Um in der Zeit rückwärts reisen zu können, muss der Zeitreisende erst in Antimaterie verwandelt werden. Der Energieaufwand dazu entspricht dem Gegenwert von einem Dutzend Wasserstoffbomben. *Isaac Asimov* hat das erkannt und in seinem Roman "Am Ende der Ewigkeit" als Energiequelle für seine Zeitreise-Schächte eine Supernova (die eigene Sonne in ferner Zukunft) verwendet. Zudem ist kaum vorstellbar, wie der Zeitreisende vor den Atomen der normalen Welt geschützt werden kann und wie die frei werdende Energie zur Zeit t_2 entsorgt werden soll.

Sollte der Zeitreisende allerdings aus "Schattenmaterie" oder gar "Spiegelmaterie" bestehen, dann wäre die Sache anders. Auch dazu gibt es interessante Spekulationen ernsthafter Physiker, siehe dazu

Literatur "Foot, Robert" sowie das Kapitel " Robert Foot: Schattenwelten" in meinem Buch "Symmetrien".

- Die Zeitreise in die Vergangenheit muss offenbar in der Vergangenheit initiiert werden. Das schränkt Zeitreisen erheblich ein, unter anderem nur in den Teil der Vergangenheit, in dem Zeitreisen schon möglich sind.

- Auftretende Selbst-Interferenzen ("Zeitparadoxa") können dazu führen, dass Zeitreisende in einer Schatten- oder Spiegelwelt für immer verloren gehen.

Nicht den Mut verlieren: Unsere Überlegungen sind genauso spekulativ wie diejenigen aller andern, Wissenschaftler wie Schriftsteller. Wenden wir uns lieber den erstaunlichen Gedankengängen versierter SF-Autoren zu ...

