

Über das Wesen der Zeit



*Dieses Wikibook basiert auf dem Buch „Über das Wesen der Zeit“ vom 3.1.2007 aus dem freien Lehrbuch-Projekt [Wikibooks](#). Der Text steht unter der **GNU Lizenz für freie Dokumentation**. Die Lizenzinformationen der Bilder, Lizenztexte, Copyrightinweise, Links und Autoren sind im Anhang B zu finden.*

Inhalt

Einleitung.....	Seite 2
Einige grundsätzliche Gedanken über Zeit	Seite 3
Einige Gedanken über den Raum	Seite 6
Eine Neue Sicht der Zeit	Seite 18
Was ist mit der Erkenntnis geworden?.....	Seite 20
Anhang A	
Literatur	Seite 80
Weblinks	Seite 80
Anhang B	
GNU Lizenz für freie Dokumentation	Seite 81
Urheberrechtshinweise und Autorenverzeichnisse.	Seite 85

Über das Wesen der Zeit

ein Wikibook

Dieses Buch können sie im Internet unter de.wikibooks.org editieren und verbessern. Es steht unter der *GNU Freie Dokumentationslizenz* und darf so frei unter dessen Bedingungen genutzt werden.

Falls sie irgendetwas an diesem Buch finden, was falsch ist, fühlen sie sich frei es zu editieren und so auch anderen zu helfen, die Zeit zu verstehen zu versuchen.

Einleitung

Unser Leben verläuft in Raum und Zeit: Im Raum, der uns umgibt, und von dem wir einen Teil einnehmen, und in der Zeit, die in diesem Raum unaufhaltsam verrinnt und die wir durch Uhren zu erfassen und zu messen versuchen.

Und nicht nur unser Leben, auch alle physikalischen Vorgänge verlaufen in Raum und Zeit, wobei der Raum unsere Erde, unser Sonnensystem oder das Weltall überhaupt sein kann. Raum und Zeit zusammen stellen gleichsam die Bühne dar, auf der sich alle physikalischen Vorgänge – und nicht nur sie – abspielen. Die Physik versucht diese Vorgänge zu erfassen, zu beschreiben, zu verstehen. Die Bühne selbst, Raum und Zeit und deren Wesen sind für Kosmologen, Astronomen, Astrophysiker und Messwissenschaftler aufregend, während vom Techniker und den Menschen auf der Straße Raum und Zeit meist so selbstverständlich hingenommen werden, dass bei der Befriedigung der täglichen Dinge kein Gedanke mehr daran verschwendet wird. Dabei wäre ohne dieses Wissen kein geordneter Bahn- und Flugverkehr mehr möglich, die Navigation mit Satellitenfunktechniken "GPS" würde mit steigenden Fehlern weder für den Flug-, Schiffs-, noch Landfahr- oder Wanderverkehr funktionieren, die Atomuhren würden es uns nicht erlauben mit einer Basis die an den Erddurchmesser heranreicht, uns mit Radioteleskopen hochaufgelöste Bilder unserer astronomischen Umgebung zu verschaffen.

Mit der Speziellen und der Allgemeinen Relativitätstheorie Albert Einsteins und in den darauf aufbauenden kosmologischen Theorien ist man den Antworten auf Fragen nach Raum Zeit und Materie soweit nahe gekommen, dass sich viele naturwissenschaftliche und technische Probleme ausreichend gut beantworten lassen, es fehlt aber noch vieles um Makrokosmos und Mikrokosmos mit einer allgemein umfassenden Theorie beschreiben zu können.

Einige grundsätzliche Gedanken über die Zeit

Die Zeit ist eines der geheimnisvollsten Phänomene. Schon vor zweieinhalb Jahrtausenden beschäftigten sich die Philosophen des Abendlandes mit ihr – mit dem etwas dürftigen Ergebnis, dass sich die Zeit zwar messen lässt und dass sich ihre Eigenschaften beschreiben lassen, dass sie selbst aber nicht erklärt werden kann. „Soweit wir heute wissen, ist es nicht möglich, die Zeitlichkeit der Natur mittels Theorien auf fundamentalere Eigenschaften zurückzuführen.“ (Brockhaus Enzyklopädie, 19. Aufl., Stichwort „Zeit“)

Während sich Raumrichtungen und Bewegungsrichtungen umkehren lassen, ist dem Zeitablauf nur ein Vorzeichen zuschreibbar. Diese Zeiteigenschaft ist mit der Thermodynamik verknüpfbar, da analog zur Zeit, entsprechend dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik die Entropie eines Systemes sich nur vergrößern kann.

Die Entwicklung der Begriffe über physikalische Größen ordnete die Zeit von jeher als "Grundgröße" oder "Basisgröße" ein, d.h. als Größe, die sich nicht von anderen Grundgrößen ableiten lässt.

Der Messung der Zeit geht eine Modellbildung über das Wesen der Zeit und die Eigenschaften der Messeinrichtungen voraus, da nur dann die Daten aus Zeitmessexperimenten interpretiert werden können. Dabei sind auch Überlegungen zur Messung der Gleichzeitigkeit notwendig, da die Zeitanzeigen von Uhren miteinander verglichen werden müssen. Es werden Modelle für zeitabhängige Vorgänge verwendet und dabei vorausgesetzt dass diese Zeitabläufe unabhängig davon sind in welchem Abschnitt auf der Zeitskala sie stattfinden. Man spricht davon, dass der Ablauf von zeitabhängigen Abläufen die zur Zeitmessung verwendet werden können, zeitinvariant sein müssen.

Bevorzugt werden Messsysteme verwendet, die darauf beruhen, dass sich periodisch abspielende Vorgänge mit möglichst geringer Störung der Periodizität beobachten lassen. Außerdem soll der periodische Vorgang mit möglichst geringer Dämpfung ablaufen.

Bei einem Pendel zum Beispiel soll die Reibung in der die Winkelbewegungen ermöglichenden Aufhängestelle je Periode einen möglichst geringen Anteil der im Pendel gespeicherten mechanischen Energie je Pendelperiode in Reibungswärme umsetzen. Das gilt auch für die durch die Luftreibung erzeugte Reibungswärme. Periodische Bewegungen von Himmelskörpern wie die Relativbewegungen zwischen Erde und Sonne oder Mond und Erde erscheinen dafür günstig. Jedoch die durch Verlagerungen von Massen auf der Erde sich ändernden Massenträgheitsmomente und sich dadurch ändernden Winkelgeschwindigkeiten der Erdrotation verändern die Tageslänge. Außerdem sind Himmelskörper, die sich in Umlaufbahnen zueinander stabilisieren, starken Wechselwirkungskräften ausgesetzt, die Verlustwärme in den Himmelskörpern erzeugen, die aus der gespeicherten Bewegungsenergie gedeckt wird. Die Einheit der Zeit(abläufe) möchte man so festlegen, dass die Sekunde jederzeit und an allen Orten wieder mit der durch die Definition gegebenen Sicherheit wieder reproduziert werden kann. Daher können solche Uhren nur auf Oszillatoren beruhen deren Periodendauern nicht vom Geschick der Erbauer oder mit mehr oder weniger zufälligen Parametern von der astronomischen Vorgeschichte abhängen, sondern müssen auf atomaren oder molekularen Strukturen beruhen, da diese keine unterscheidbaren Individuen sind und ein Vorkommen im ganzen Kosmos wahrscheinlich ist.

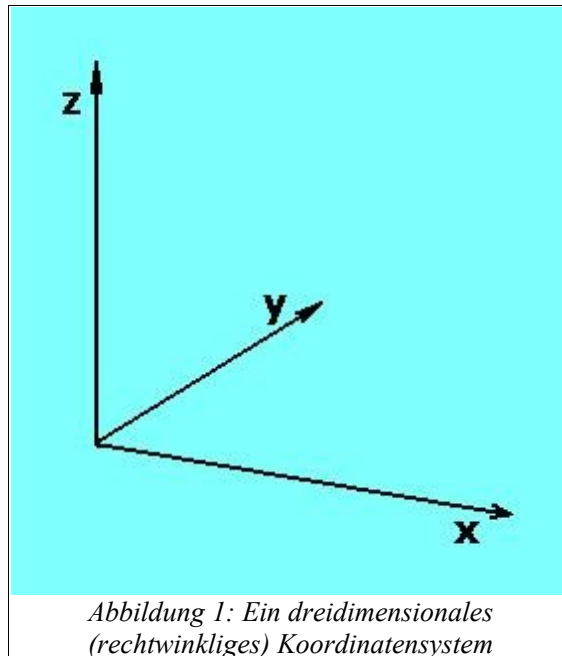
Neben Uhren, die auf der fortgesetzten Wiederholung von Schwingungsperioden beruhen, liefern auch instabile Atomkerne vielfältige Möglichkeiten zur Zeitmessung, da die Zerfallswahrscheinlichkeit dieser Atomkerne von den Vorgängen in der Atomhülle weitestgehend unabhängig ist, so dass aus den Konzentrationsverhältnissen von Ausgangsatomen zu Zerfallsprodukten in ungestörten Ablagerungen oder aus der Teilnahme von Atomen an Aktivierungsprozessen und den daraus entstehenden stabilen oder radioaktiven Isotopen von Tochteratomen, aus Konzentrationsanalysen Zeitabläufe auf Grund der einfachen exponentiellen Zerfalls- oder Aktivierungsgesetze gemessen werden können. F.H.

Gleichfalls nach Brockhaus (der auch hier die in der Physik geltende Auffassung korrekt wiedergibt) ist „nach Einsteins spezieller Relativitätstheorie (genauer: nach deren von Minkowski vorgenommenen und allgemein übernommenen Interpretation, Anm. d. Verf.) die Zeit eine von dem umfassenderen Begriff der Raum-Zeit künstlich abgespaltene Dimension“, meines Erachtens ein (auf Minkowski zurückgehender) fundamentaler Irrtum. Einzelheiten dazu finden sich im Wikibook Spezielle Relativitätstheorie (<http://de.wikibooks.de>)

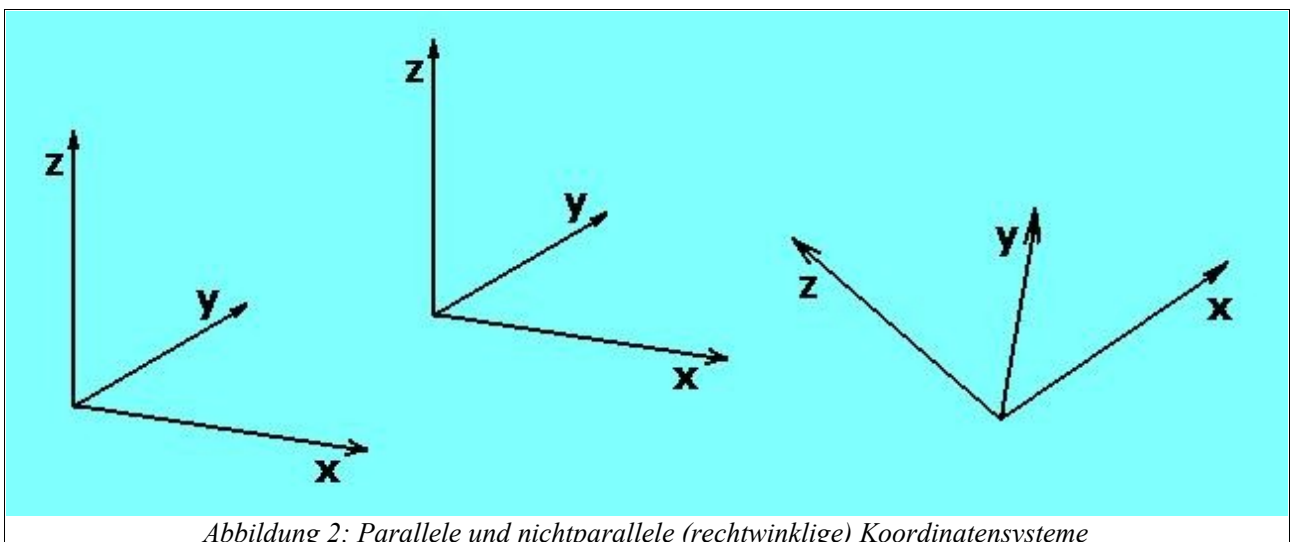
Einige Gedanken über den Raum

Den Raum, in dem wir leben, unseren „Erfahrungsraum“ – von unserer unmittelbaren Umgebung bis in die Tiefen des Weltalls –, erleben wir als dreidimensional. Das heißt: Es gibt – nach unserer Wahrnehmung – drei voneinander unabhängige Ausdehnungsrichtungen: Länge, Breite und Höhe.

Zur "Kartierung" eines solchen Raumes braucht man ein dreidimensionales Koordinatensystem, und mit genau drei Zahlen kann man die Lage eines Punktes relativ zu diesem Koordinatensystem beschreiben. Diese drei Zahlen heißen meistens die x-, die y- und die z-Koordinate des Punktes.



Dabei ist die Lage des Koordinatensystems im Prinzip gleichgültig: man kann es beliebig verschieben und sogar drehen; nur ist es für die Kommunikation mit anderen notwendig, sich jeweils auf ein bestimmtes Koordinatensystem zu einigen oder aber mitzuteilen, welches man gerade benutzt. (Im letzteren Fall kann man nämlich mit Hilfe von Formeln die Koordinaten der verschiedenen Systeme ineinander umrechnen.)



Zwar ist es meist zweckmäßig, aber nicht unbedingt nötig, dass die Koordinatensysteme rechtwinklig sind, die Achsen dürfen auch beliebig schief zueinander sein. Aber: Es müssen genau drei Achsen sein, und sie dürfen nicht in ein und derselben Ebene liegen.

Und genau dies, die Notwendigkeit von drei Achsen zur eindeutigen Beschreibung der Lage irgendeines Punktes im Raum, ist das formale Charakteristikum eines dreidimensionalen Raumes.

Unser „Erfahrungsraum“, d. h. der Raum unserer alltäglichen Erfahrung und Wahrnehmung, ist ein solcher dreidimensionaler Raum.

Es ist bezeichnend, dass wir beim Stichwort „Raum“ – wenn nicht ausdrücklich etwas anderes gesagt wird – zunächst immer an einen dreidimensionalen Raum denken. Aber wir können uns auch einen zweidimensionalen Raum vorstellen, etwa eine Welt, in der es keine Höhe (und Tiefe) gibt, daher auch keine „Dicke“, sondern nur Länge und Breite. Man mag einwenden: Aber das ist dann doch gar kein Raum, sondern eine Ebene. In der Mathematik ist es jedoch üblich und hat sich als sinnvoll erwiesen, den dreidimensionalen Raum lediglich als Spezialfall zu betrachten und daneben auch zwei- und selbst eindimensionale Gebilde (Flächen bzw. Linien) als Räume gelten zu lassen. Das formale Charakteristikum eines zweidimensionalen Raumes ist, dass man in ihm mit einem zweidimensionalen Koordinatensystem auskommt und nur zwei Zahlen braucht, um die Lage irgendeines Punktes in diesem Raum – in oder auf dieser Ebene – zu beschreiben.

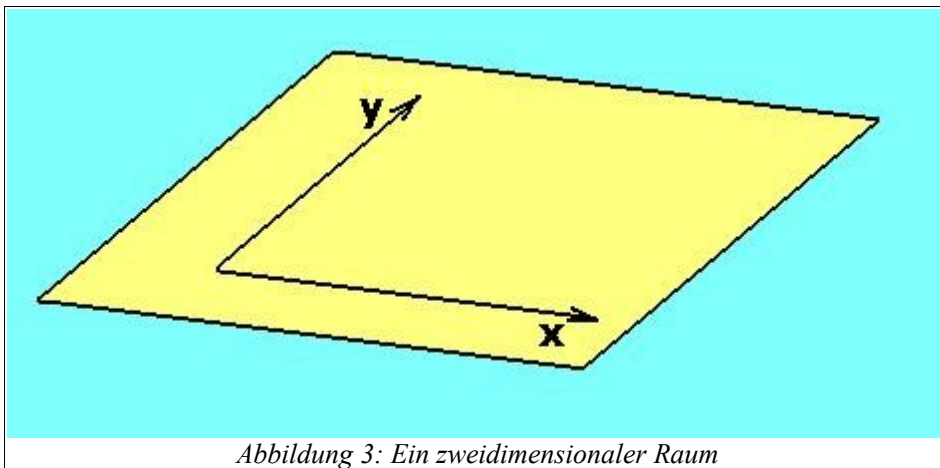


Abbildung 3: Ein zweidimensionaler Raum

Dazu eine wichtige Ergänzung: Zweidimensionale Räume (Flächen) müssen nicht unbedingt eben sein. Auch die Oberfläche(!) eines Globus ist ein zweidimensionaler Raum: Es genügen zwei Zahlen (die geographische Länge und Breite), um die Lage irgendeines Punktes zu charakterisieren.

Nun lassen Sie uns ein kleines Gedankenexperiment machen: Stellen Sie sich vor, auf einem Globus lebten zweidimensionale, also flache Lebewesen, die sich eine dritte Dimension einfach nicht vorstellen können. Sie bräuchten diese Vorstellung (zunächst) auch gar nicht, weil in ihrer Welt dafür keine Notwendigkeit und keine Anwendungsmöglichkeit besteht. Wozu sollte ihnen die Vorstellung einer dritten Dimension auch dienen? Unter diesen Lebewesen („Flachlingen“) gebe es eines Tages einen zweidimensionalen Euklid, und dieser entwickelte eine Euklidische Geometrie, die übrigens völlig identisch mit unserer Euklidischen Geometrie der Ebene wäre. Er entdeckte dabei auch den Satz, dass die Winkelsumme in jedem Dreieck exakt 180 Grad beträgt.

Über 2000 Jahre später kommt ein kühner Geist auf die Idee zu fragen, ob die Euklidische Geometrie tatsächlich auf die Wirklichkeit zutrefte, ob die ihr zugrunde liegende Vorstellung, der Lebensraum sei eben, überhaupt der Wirklichkeit entspreche. Er überlegt, wie das überprüft werden könne und kommt schließlich darauf, dass er dazu die Winkel eines hinreichend großen Dreiecks messen und zusammenzählen müsse (eine Idee übrigens, die kein Geringerer als Carl Friedrich Gauß – erinnern Sie sich noch? Er war auf dem 10-DM-Schein abgebildet – tatsächlich erdachte und ausführte, nur sind irdische Dreiecke zu klein, als dass man daran eine Abweichung bemerken könnte). Nehmen wir einmal an, dem zweidimensionalen Mathematiker wäre es anders ergangen und er hätte tatsächlich eine Differenz festgestellt. Nach einigen weiteren Messungen in anderen Richtungen wäre er dann darauf gekommen, dass der Lebensraum der Flachlinge – die vermeintliche Ebene – nach allen Richtungen gleichmäßig gekrümmt ist und so etwas wie eine „Kugel“ darstellt. Zwar könnte keiner der Flachlinge sich darunter etwas (anschaulich) vorstellen, denn dazu bedürfte es einer dreidimensionalen Vorstellungskraft, aber ihr genialer Mathematiker – zwar hoch geehrt, aber doch für etwas sonderbar gehalten – hätte bald eine Geometrie der Kugel (eine sphärische Geometrie) entwickelt, für seine Zeitgenossen eine Abstrusität. Und er hätte seinen Mitmenschen verkündet, dass sie nur etwa 40 000 km immer geradeaus gehen müssten, dann würden sie zu ihrem Ausgangspunkt zurückkommen.

Und wenn sie ihn nicht in ein Irrenhaus gesperrt hätten, dann hätte er es sogar selbst ausprobiert. Aber irgendwann gab es unter ihnen einen Kolumbus...

Und nun stellen Sie sich vor, uns könnte es ähnlich ergehen wie den Flachlingen, nur eine Stufe, eine Dimension höher: Aufgrund unserer geistigen Struktur können wir uns höchstens dreidimensionale Räume vorstellen und können uns bei aller Anstrengung nicht denken, wohin denn eine vierte Dimension weisen sollte: es ist einfach kein Platz, keine weitere Richtung mehr da. Dennoch haben seit Gauß einige Mathematiker daran gearbeitet, die Gesetze hypothetischer vier- und mehrdimensionaler Räume zu erforschen und zu formulieren, nur aus Neugier und Spaß, zunächst ohne jeden praktischen Zweck. Aber immerhin mit dem Gedanken, es könnte so etwas geben, und dieser Gedanke war es auch, der Gauß dazu brachte, die vorhin genannten Messungen durchzuführen. (Leider ohne Erfolg: das vermessene Dreieck war zu klein, als dass eine Abweichung hätte bemerkt werden können. Aber wir wissen inzwischen aus anderen Beobachtungen, dass die Zweifel von Gauß berechtigt waren.)

Eine neue Sicht der Zeit

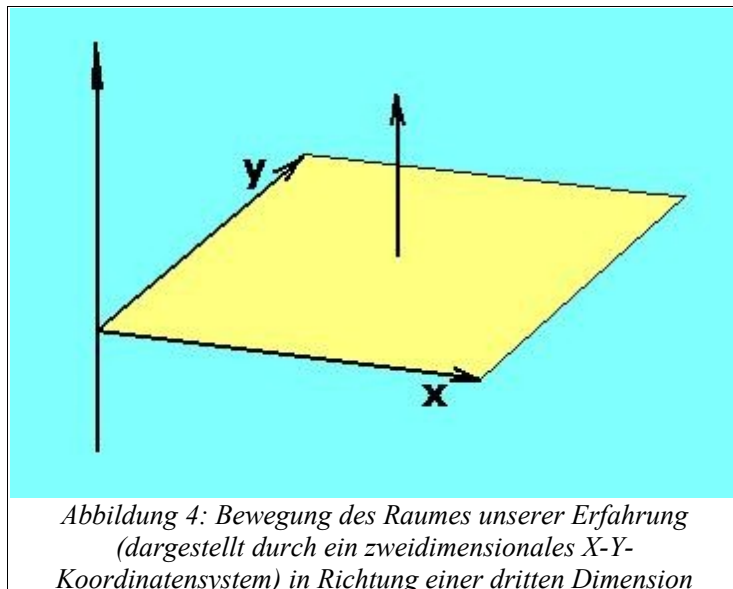
Nun endlich komme ich zu meinem eigentlichen Thema: Was ist die Zeit?

Um dies zu erklären, muss ich Sie – um Ihre (und meine eigene) Vorstellungskraft nicht zu überfordern – zunächst bitten, vorübergehend von der dritten Dimension unseres Raumes abzusehen und sich mit zwei Dimensionen zu begnügen, der Einfachheit halber mit einer Ebene, die nach allen Seiten beliebig ausgedehnt ist. Diese Ebene mache ich kenntlich durch ein (perspektivisch verzerrtes) Rechteck, das in der Ebene liegen soll, die aber nach allen Seiten darüber hinausgeht. In dieses Rechteck lege ich ein rechtwinkliges (gleichfalls perspektivisch verzerrtes) Koordinatensystem, das dann künftig für sich allein die Ebene vertreten soll (siehe Abbildung 3). Was ich nun erklären werde, ruht auf dem Boden der längst allgemein anerkannten Speziellen Relativitätstheorie, die 1905 von Albert Einstein veröffentlicht wurde, genauer noch: auf dem Boden der Veranschaulichung (oder Interpretation) der Theorie, die Hermann Minkowski 1908 veröffentlicht hat. Diese Darstellung, der sog. Minkowski-Raum, gilt seither als „die angemessene mathematische Beschreibung der speziellen Relativitätstheorie“ (Brockhaus Enzyklopädie, 19. Aufl., Stichwort "Relativitätstheorie"). Meine Beiträge dazu sind lediglich:

1. eine andere, und wie ich meine, nachweisbar richtige Interpretation des Minkowski-Raumes und
2. die sich daraus zwangsläufig ergebenden Folgerungen hinsichtlich des Wesens der Zeit.

Bei richtiger Interpretation des Minkowski-Raumes ergibt sich, dass der dreidimensionale (in der folgenden Abbildung zweidimensionale) Raum unserer Erfahrung sich mit Lichtgeschwindigkeit in Richtung einer vierten (in der Abbildung: einer dritten) räumlichen Dimension bewegt. Diese Bewegung ist für uns aus zwei Gründen nicht wahrnehmbar:

1. Eine gleichbleibende (das heißt: nicht beschleunigte) Bewegung ist „innerhalb des Bezugssystems“ (das heißt: ohne Blick „nach draußen“, auf ein anderes Bezugssystem) prinzipiell nicht erkennbar, nicht wahrnehmbar.
2. Die Bewegung erfolgt in Richtung einer nicht vorstellbaren vierten Dimension und kann schon darum nicht wahrgenommen werden: es gibt für uns gar keine Richtung, in der die Bewegung verlaufen könnte.



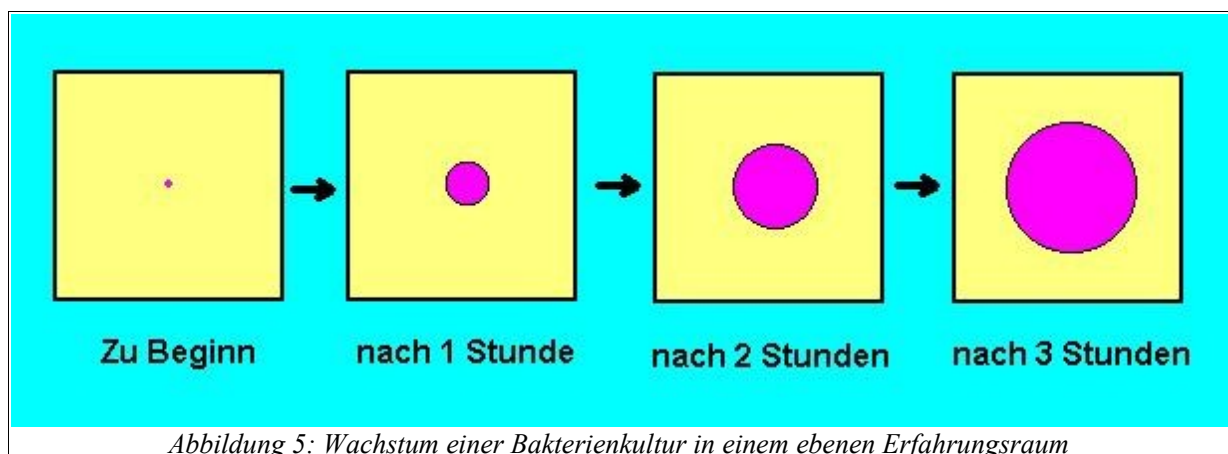
Statt der (uns unmöglichen) Wahrnehmung dieser Bewegung, die uns den Wechsel der Erscheinungen in der Welt mit einer Ortsveränderung im Raum von „unten“ über „hier“ nach „oben“ verknüpft erkennen ließe, erleben wir (gleichsam ersatzweise) den Eindruck einer von „früher“ über „jetzt“ nach „später“ verfließenden, im Übrigen aber schwer fassbaren Zeit, mit der der Wechsel der Erscheinungen verbunden zu sein scheint. Anders gesagt: Statt einer dreidimensionalen Welt, die sich in Richtung einer vierten (räumlichen) Dimension bewegt, nehmen wir eine dreidimensionale Welt wahr, in der etwas abläuft, das wir Zeit nennen und das – nach Kant – menschliche Erkenntnis erst möglich mache. Was in Wirklichkeit ein räumliches „Darüber“ oder „Darunter“ (in Richtung der vierten Dimension) ist, erscheint uns als zeitliches „Später“ bzw. „Früher“. Die „Gegenwart“ ist der gegenwärtige, ständig wechselnde Ort unserer dreidimensionalen Welt, unseres Erfahrungsraumes, innerhalb des vierdimensionalen Raumes; die Zukunft ist der „darüber“ liegende Teil des vierdimensionalen Raumes, die Vergangenheit der „darunter“ liegende. (Siehe dazu auch Abb. 5 und 6)

Was ist mit dieser Erkenntnis gewonnen?

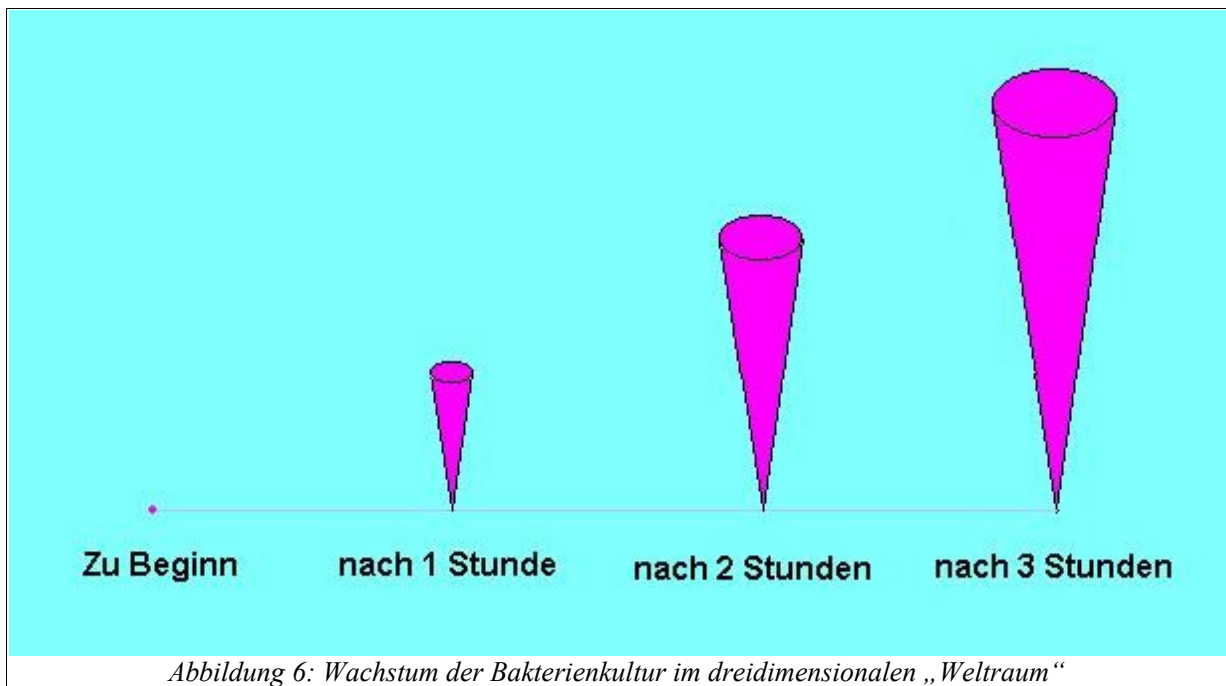
1. Das noch nie richtig erfassbare Phänomen „Zeit“ ist auf einen verständlichen, einsehbaren, „denkbaren“, wengleich (aus Gründen unserer geistigen Struktur) nicht anschaulich vorstellbaren Bewegungsablauf zurückgeführt.
2. Die von der Relativitätstheorie behauptete (und inzwischen durch zahlreiche Experimente bestätigte) „Relativität der Zeit“ wird verständlich: Die Zeitlichkeit der Natur ist keine fundamentale Eigenschaft. Fundamental ist vielmehr die Bewegung unseres Erfahrungsraumes in Richtung einer vierten Dimension, und diese Bewegung ist in allen Bezugssystemen (allen Erfahrungsräumen) – auch wenn diese sich relativ zueinander bewegen! – (subjektiv) die gleiche. (Das bedeutet: Jedes Bezugssystem – jeder Erfahrungsraum – bewegt sich in Richtung „seiner“ vierten Dimension mit Lichtgeschwindigkeit, aber im vierdimensionalen Raum sind die Bewegungsrichtungen relativ zueinander bewegter Bezugssysteme verschieden, und daher sind auch die Richtungen ihrer vierten Dimensionen verschieden.) Daraus resultiert eine unterschiedliche Bewertung des Zeitablaufs und der Gleichzeitigkeit in den einzelnen Systemen. Diese Tatsachen werden nun nicht nur verständlich und einleuchtend, sondern – bei Beschränkung auf einen zweidimensionalen Erfahrungsraum – sogar anschaulich vorstellbar.
3. Durch diese Erkenntnis ändert sich selbstverständlich nichts daran, dass unser Vorstellungsvermögens auf drei räumliche Dimensionen beschränkt ist. Wir werden daher die Zeit weiterhin brauchen als notwendige Kategorie zur Ordnung unserer Erfahrungen, und wir werden sie weiterhin mit herkömmlichen Uhren messen. Es wird sich in unserem Alltag nichts ändern durch das neu gewonnene Wissen, dass es die Zeit „an sich“, als Fundamentalgröße, gar nicht gibt. Aber wir können den Begriff „Zeitspanne“ neu und gründlicher definieren und nicht mehr lediglich als das, was unsere Uhren messen.

4. Den heuristischen Wert des neuen, räumlich vierdimensionalen Minkowski-Raumes (das bedeutet: seinen Wert zur Gewinnung neuer oder zur neuen Grundlegung bereits vorhandener Erkenntnisse) zeige ich im Wikibook Spezielle Relativitätstheorie (<http://de.wikibooks.org>) auf, das unter anderem eine (fast) allgemein verständliche Einführung in die Spezielle Relativitätstheorie enthält. Ausgehend von der Annahme, dass sich unser dreidimensionaler Erfahrungsraum und jeder beliebige andere, relativ dazu bewegte Erfahrungsraum innerhalb eines vierdimensionalen Raumes (mit einer speziellen „pseudoeuklidischen“ Struktur) mit Lichtgeschwindigkeit in Richtung der vierten Dimension bewegt, lassen sich mühelos und unmittelbar anschaulich alle Eigenschaften herleiten, welche die verschiedenen Erfahrungsräume im vierdimensionalen Raum besitzen. Daraus wiederum können leicht die sogenannten Lorentz-Transformationen und damit das mathematische Fundament der Relativitätstheorie gewonnen werden. Das der Relativitätstheorie als Hypothese zu Grunde liegende Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit ergibt sich beiläufig als notwendige Konsequenz.
5. Schließlich aber ergibt sich aus der neuen Deutung auch eine neue Erkenntnis: Der zu irgendeinem Zeitpunkt gegenwärtige Zustand des Erfahrungsraumes verschwindet nicht spurlos, wenn sich der Erfahrungsraum selbst in Richtung der vierten Dimension bewegt, sondern bleibt erhalten. So entsteht ein vierdimensionales räumliches Gebilde, wovon „frühere“, in der „Vergangenheit“ liegende Zustände des Erfahrungsraumes lediglich dreidimensionale Ausschnitte in einer „tiefer gelegenen Etage“ sind. Auch dies kann wieder nur an einem Beispiel mit einem zweidimensionalen Erfahrungsraum in einem dreidimensionalen „Weltraum“ anschaulich gemacht werden:

In einem ebenen Erfahrungsraum befindet sich eine kleine, kreisförmige Bakterienkultur, die sich im Laufe einiger Stunden nach allen Seiten gleichförmig ausbreitet. Ein in der Ebene befindlicher, gleichfalls flacher Beobachter mit nur zweidimensionaler Wahrnehmungsfähigkeit erlebt das Wachsen der Bakterienkultur als zeitliches „Nacheinander“ von immer größeren Kreisen. Die Fotografien, die er stündlich davon herstellt, sehen etwa so aus:



Im dreidimensionalen „Weltraum“ aber, in dem sich der ebene Erfahrungsraum nach oben bewegt, ist die Bakterienkultur ein auf der Spitze stehender Kreiskegel. Die oben abgebildeten Momentaufnahmen in gleichen zeitlichen Abständen sind ebene Schnitte dieses Kegels in gleichen räumlichen Abständen.



Eine Fortführung dieser dreidimensionalen Veranschaulichung der Vierdimensionalen Welt sind wegen der Lichtgeschwindigkeit als Grenzgeschwindigkeit zwei Kegelräume, die mit den Spitzen auf dem Gegenwarts-Punkt stehen. Der eine Kegel weist in die Zukunft als Raumteil, für den allenfalls Prognosen möglich sind. Der andere Kegel ist der Raumteil, der dem Historiker (virtuell) zugänglich sein kann. Ein weiteres, fast perfektes Analogon ist das so genannte „Daumenkino“.

Anhang A

Literatur

- Buchhinweis: Der Zeitbegriff in der Physik. Peter Mittelstaedt Wissenschaftsverlag ISBN 3-411-01585-3 Mannheim Wien Zürich 1980
- Buch. Zeit: Von der Urzeit zur Computerzeit. Klaus Mainzer München: Beck, 1995; Beck'sche Reihe; 2011 ISBN 3-406-390110

Weblinks

- <http://de.wikibooks.org> – Wikibooks
- http://de.wikibooks.org/Über_das_Wesen_der_Zeit – Dieses Buch
- http://de.wikibooks.org/Spezielle_Relativitätstheorie – Ein anderes interessantes Wikibooks

Anhang B

GNU Lizenz für freie Dokumentation

Auf den nachfolgenden Seiten finden sie den für dieses Dokument gültigen Lizenstext der GNU FDL. Eine inoffizielle, unverbindliche Übersetzung finden sie unter:

<http://www.giese-online.de/gnufdl-de.html>

GNU Free Documentation License
Version 1.2, November 2002

Copyright (C) 2000,2001,2002 Free Software Foundation, Inc.
59 Temple Place, Suite 330, Boston, MA 02111-1307 USA
Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies
of this license document, but changing it is not allowed.

0. PREAMBLE

The purpose of this License is to make a manual, textbook, or other functional and useful document "free" in the sense of freedom: to assure everyone the effective freedom to copy and redistribute it, with or without modifying it, either commercially or noncommercially. Secondly, this License preserves for the author and publisher a way to get credit for their work, while not being considered responsible for modifications made by others.

This License is a kind of "copyleft", which means that derivative works of the document must themselves be free in the same sense. It complements the GNU General Public License, which is a copyleft license designed for free software.

We have designed this License in order to use it for manuals for free software, because free software needs free documentation: a free program should come with manuals providing the same freedoms that the software does. But this License is not limited to software manuals; it can be used for any textual work, regardless of subject matter or whether it is published as a printed book. We recommend this License principally for works whose purpose is instruction or reference.

1. APPLICABILITY AND DEFINITIONS

This License applies to any manual or other work, in any medium, that contains a notice placed by the copyright holder saying it can be distributed under the terms of this License. Such a notice grants a world-wide, royalty-free license, unlimited in duration, to use that work under the conditions stated herein. The "Document", below, refers to any such manual or work. Any member of the public is a licensee, and is addressed as "you". You accept the license if you copy, modify or distribute the work in a way requiring permission under copyright law.

A "Modified Version" of the Document means any work containing the Document or a portion of it, either copied verbatim, or with modifications and/or translated into another language.

A "Secondary Section" is a named appendix or a front-matter section of the Document that deals exclusively with the relationship of the publishers or authors of the Document to the Document's overall subject (or to related matters) and contains nothing that could fall directly within that overall subject. (Thus, if the Document is in part a textbook of mathematics, a Secondary Section may not explain any mathematics.) The relationship could be a matter of historical connection with the subject or with related matters, or of legal, commercial, philosophical, ethical or political position regarding them.

The "Invariant Sections" are certain Secondary Sections whose titles are designated, as being those of Invariant Sections, in the notice that says that the Document is released under this License. If a section does not fit the above definition of Secondary then it is not allowed to be designated as Invariant. The Document may contain zero Invariant Sections. If the Document does not identify any Invariant Sections then there are none.

The "Cover Texts" are certain short passages of text that are listed, as Front-Cover Texts or Back-Cover Texts, in the notice that says that the Document is released under this License. A Front-Cover Text may be at most 5 words, and a Back-Cover Text may be at most 25 words.

A "Transparent" copy of the Document means a machine-readable copy, represented in a format whose specification is available to the general public, that is suitable for revising the document straightforwardly with generic text editors or (for images composed of pixels) generic paint programs or (for drawings) some widely available drawing editor, and that is suitable for input to text formatters or for automatic translation to a variety of formats suitable for input to text formatters. A copy made in an otherwise Transparent file format whose markup, or absence of markup, has been arranged to thwart or discourage subsequent modification by readers is not Transparent. An image format is not Transparent if used for any substantial amount of text. A copy that is not "Transparent" is called "Opaque".

Examples of suitable formats for Transparent copies include plain ASCII without markup, Texinfo input format, LaTeX input format, SGML or XML using a publicly available DTD, and standard-conforming simple HTML, PostScript or PDF designed for human modification. Examples of transparent image formats include PNG, XCF and JPG. Opaque formats include proprietary formats that can be read and edited only by proprietary word processors, SGML or XML for which the DTD and/or processing tools are not generally available, and the machine-generated HTML, PostScript or PDF produced by some word processors for output purposes only.

The "Title Page" means, for a printed book, the title page itself, plus such following pages as are needed to hold, legibly, the material this License requires to appear in the title page. For works in formats which do not have any title page as such, "Title Page" means the text near the most prominent appearance of the work's title, preceding the beginning of the body of the text.

A section "Entitled XYZ" means a named subunit of the Document whose title either is precisely XYZ or contains XYZ in parentheses following text that translates XYZ in another language. (Here XYZ stands for a specific section name mentioned below, such as "Acknowledgements", "Dedications", "Endorsements", or "History".) To "Preserve the Title" of such a section when you modify the Document means that it remains a section "Entitled XYZ" according to this definition.

The Document may include Warranty Disclaimers next to the notice which states that this License applies to the Document. These Warranty Disclaimers are considered to be included by reference in this License, but only as regards disclaiming warranties: any other implication that these Warranty Disclaimers may have is void and has no effect on the meaning of this License.

2. VERBATIM COPYING

You may copy and distribute the Document in any medium, either commercially or noncommercially, provided that this License, the copyright notices, and the license notice saying this License applies to the Document are reproduced in all copies, and that you add no other conditions whatsoever to those of this License. You may not use technical measures to obstruct or control the reading or further copying of the copies you make or distribute. However, you may accept compensation in exchange for copies. If you distribute a large enough number of copies you must also follow the conditions in section 3.

You may also lend copies, under the same conditions stated above, and you may publicly display copies.

3. COPYING IN QUANTITY

If you publish printed copies (or copies in media that commonly have printed covers) of the Document, numbering more than 100, and the Document's license notice requires Cover Texts, you must enclose the copies in covers that carry, clearly and legibly, all these Cover Texts: Front-Cover Texts on the front cover, and Back-Cover Texts on the back cover. Both covers must also clearly and legibly identify you as the publisher of these copies. The front cover must present the full title with all words of the title equally prominent and visible. You may add other material on the covers in addition. Copying with changes limited to the covers, as long as they preserve the title of the Document and satisfy these conditions, can be treated as verbatim copying in other respects.

If the required texts for either cover are too voluminous to fit legibly, you should put the first ones listed (as many as fit reasonably) on the actual cover, and continue the rest onto adjacent pages.

If you publish or distribute Opaque copies of the Document numbering more than 100, you must either include a machine-readable Transparent copy along with each Opaque copy, or state in or with each Opaque copy a computer-network location from which the general network-using public has access to download using public-standard network protocols a complete Transparent copy of the Document, free of added material. If you use the latter option, you must take reasonably prudent steps, when you begin distribution of Opaque copies in quantity, to ensure that this Transparent copy will remain thus accessible at the stated location until at least one year after the last time you distribute an Opaque copy (directly or through your agents or retailers) of that edition to the public.

It is requested, but not required, that you contact the authors of the Document well before redistributing any large number of copies, to give them a chance to provide you with an updated version of the Document.

4. MODIFICATIONS

You may copy and distribute a Modified Version of the Document under the conditions of sections 2 and 3 above, provided that you release the Modified Version under precisely this License, with the Modified Version filling the role of the Document, thus licensing distribution and modification of the Modified Version to whoever possesses a copy of it. In addition, you must do these things in the Modified Version:

- A) Use in the Title Page (and on the covers, if any) a title distinct from that of the Document, and from those of previous versions (which should, if there were any, be listed in the History section of the Document). You may use the same title as a previous version if the original publisher of that version gives permission.
- B) List on the Title Page, as authors, one or more persons or entities responsible for authorship of the modifications in the Modified Version, together with at least five of the principal authors of the Document (all of its principal authors, if it has fewer than five), unless they release you from this requirement.
- C) State on the Title page the name of the publisher of the Modified Version, as the publisher.

- D) Preserve all the copyright notices of the Document.
- E) Add an appropriate copyright notice for your modifications adjacent to the other copyright notices.
- F) Include, immediately after the copyright notices, a license notice giving the public permission to use the Modified Version under the terms of this License, in the form shown in the Addendum below.
- G) Preserve in that license notice the full lists of Invariant Sections and required Cover Texts given in the Document's license notice.
- H) Include an unaltered copy of this License.
- I) Preserve the section Entitled "History", Preserve its Title, and add to it an item stating at least the title, year, new authors, and publisher of the Modified Version as given on the Title Page. If there is no section Entitled "History" in the Document, create one stating the title, year, authors, and publisher of the Document as given on its Title Page, then add an item describing the Modified Version as stated in the previous sentence.
- J) Preserve the network location, if any, given in the Document for public access to a Transparent copy of the Document, and likewise the network locations given in the Document for previous versions it was based on. These may be placed in the "History" section. You may omit a network location for a work that was published at least four years before the Document itself, or if the original publisher of the version it refers to gives permission.
- K) For any section Entitled "Acknowledgements" or "Dedications", Preserve the Title of the section, and preserve in the section all the substance and tone of each of the contributor acknowledgements and/or dedications given therein.
- L) Preserve all the Invariant Sections of the Document, unaltered in their text and in their titles. Section numbers or the equivalent are not considered part of the section titles.
- M) Delete any section Entitled "Endorsements". Such a section may not be included in the Modified Version.
- N) Do not retitle any existing section to be Entitled "Endorsements" or to conflict in title with any Invariant Section.
- O) Preserve any Warranty Disclaimers.

If the Modified Version includes new front-matter sections or appendices that qualify as Secondary Sections and contain no material copied from the Document, you may at your option designate some or all of these sections as invariant. To do this, add their titles to the list of Invariant Sections in the Modified Version's license notice. These titles must be distinct from any other section titles.

You may add a section Entitled "Endorsements", provided it contains nothing but endorsements of your Modified Version by various parties--for example, statements of peer review or that the text has been approved by an organization as the authoritative definition of a standard.

You may add a passage of up to five words as a Front-Cover Text, and a passage of up to 25 words as a Back-Cover Text, to the end of the list of Cover Texts in the Modified Version. Only one passage of Front-Cover Text and one of Back-Cover Text may be added by (or through arrangements made by) any one entity. If the Document already includes a cover text for the same cover, previously added by you or by arrangement made by the same entity you are acting on behalf of, you may not add another; but you may replace the old one, on explicit permission from the previous publisher that added the old one.

The author(s) and publisher(s) of the Document do not by this License give permission to use their names for publicity for or to assert or imply endorsement of any Modified Version.

5. COMBINING DOCUMENTS

You may combine the Document with other documents released under this License, under the terms defined in section 4 above for modified versions, provided that you include in the combination all of the Invariant Sections of all of the original documents, unmodified, and list them all as Invariant Sections of your combined work in its license notice, and that you preserve all their Warranty Disclaimers.

The combined work need only contain one copy of this License, and multiple identical Invariant Sections may be replaced with a single copy. If there are multiple Invariant Sections with the same name but different contents, make the title of each such section unique by adding at the end of it, in parentheses, the name of the original author or publisher of that section if known, or else a unique number. Make the same adjustment to the section titles in the list of Invariant Sections in the license notice of the combined work.

In the combination, you must combine any sections Entitled "History" in the various original documents, forming one section Entitled "History"; likewise combine any sections Entitled "Acknowledgements", and any sections Entitled "Dedications". You must delete all sections Entitled "Endorsements".

6. COLLECTIONS OF DOCUMENTS

You may make a collection consisting of the Document and other documents released under this License, and replace the individual copies of this License in the various documents with a single copy that is included in the collection, provided that you follow the rules of this License for verbatim copying of each of the documents in all other respects.

You may extract a single document from such a collection, and distribute it individually under this License, provided you insert a copy of this License into the extracted document, and follow this License in all other respects regarding verbatim copying of that document.

7. AGGREGATION WITH INDEPENDENT WORKS

A compilation of the Document or its derivatives with other separate and independent documents or works, in or on a volume of a storage or distribution medium, is called an "aggregate" if the copyright resulting from the compilation is not used to limit the legal

rights of the compilation's users beyond what the individual works permit. When the Document is included in an aggregate, this License does not apply to the other works in the aggregate which are not themselves derivative works of the Document.

If the Cover Text requirement of section 3 is applicable to these copies of the Document, then if the Document is less than one half of the entire aggregate, the Document's Cover Texts may be placed on covers that bracket the Document within the aggregate, or the electronic equivalent of covers if the Document is in electronic form. Otherwise they must appear on printed covers that bracket the whole aggregate.

8. TRANSLATION

Translation is considered a kind of modification, so you may distribute translations of the Document under the terms of section 4. Replacing Invariant Sections with translations requires special permission from their copyright holders, but you may include translations of some or all Invariant Sections in addition to the original versions of these Invariant Sections. You may include a translation of this License, and all the license notices in the Document, and any Warranty Disclaimers, provided that you also include the original English version of this License and the original versions of those notices and disclaimers. In case of a disagreement between the translation and the original version of this License or a notice or disclaimer, the original version will prevail.

If a section in the Document is Entitled "Acknowledgements", "Dedications", or "History", the requirement (section 4) to Preserve its Title (section 1) will typically require changing the actual title.

9. TERMINATION

You may not copy, modify, sublicense, or distribute the Document except as expressly provided for under this License. Any other attempt to copy, modify, sublicense or distribute the Document is void, and will automatically terminate your rights under this License. However, parties who have received copies, or rights, from you under this License will not have their licenses terminated so long as such parties remain in full compliance.

10. FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE

The Free Software Foundation may publish new, revised versions of the GNU Free Documentation License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns. See <http://www.gnu.org/copyleft/>.

Each version of the License is given a distinguishing version number. If the Document specifies that a particular numbered version of this License "or any later version" applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that specified version or of any later version that has been published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document does not specify a version number of this License, you may choose any version ever published (not as a draft) by the Free Software Foundation.

ADDENDUM: How to use this License for your documents

To use this License in a document you have written, include a copy of the License in the document and put the following copyright and license notices just after the title page:

```
Copyright (c) YEAR YOUR NAME.
Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document
under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.2
or any later version published by the Free Software Foundation;
with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts.
A copy of the license is included in the section entitled "GNU
Free Documentation License".
```

If you have Invariant Sections, Front-Cover Texts and Back-Cover Texts, replace the "with...Texts." line with this:

```
with the Invariant Sections being LIST THEIR TITLES, with the
Front-Cover Texts being LIST, and with the Back-Cover Texts being LIST.
```

If you have Invariant Sections without Cover Texts, or some other combination of the three, merge those two alternatives to suit the situation.

If your document contains nontrivial examples of program code, we recommend releasing these examples in parallel under your choice of free software license, such as the GNU General Public License, to permit their use in free software.

Copyrightinweise und Autorenverzeichnisse

Bilder

Das Coverbild ist vom Autor, Judi Seiber, für jede Verwendung freigegeben worden.

Die übrigen Bilder wurden vom Autor, de.wikibooks.org-Benutzer Siegfried Petry, unter der GNU-Lizenz für freie Dokumentation veröffentlicht.

Ursprungstext aus de.wikibooks.org

Hier ist die Liste der Autoren zu entnehmen, wobei beachtet werden sollte, dass nicht unbedingt die Autoren mit den meisten Edits das meiste daran geleistet haben. Über die Größe und Qualität der einzelnen Edits wird nichts genannt. Hauptautor war Siegfried Petry.

Autor	Editierungen	Autor	Editierungen
Siegfried Petry	3	IP: 195.93.60.105	31
Möchtegern	2	IP: 85.72.8.200	2
Montaron	2	IP: 217.251.75.230	1
Berni	2	IP: 84.130.95.66	1
Burkhard Alexander Pranke	2	IP: 80.121.70.104	1
DanielB	2	IP: 139.18.183.101	1
E^(nix)	1	IP: 217.94.160.48	1
Klartext	1	IP: 84.132.255.111	1
Rudolf73	1	IP: 217.232.77.144	1
Adiendorfer	1	IP: 212.41.250.206	1
Merkel	1	IP: 213.21.174.216	1

Eine genaue Versionsgeschichte kann unter http://de.wikibooks.org/Über_das_Wesen_der_Zeit und dessen Unterseiten nachgelesen werden.

Enddokument

Modifikationen gegenüber Ursprungstexten

Die Modifikationen beschränken sich zur ersten Version hin hauptsächlich auf die bessere Les- und Druckbarkeit (Design, Bildauswahl, Tabellen, Links etc.) und die Beseitigung kleinerer Rechtschreibfehler. Abgesehen von der für diese Publikation nötigen rechtlichen Anhänge ist der Inhalt nicht geändert oder erweitert worden.

Transparent Copy

Die Spezifikationen dieses Dateityps sind frei im Internet erhältlich, weshalb die von der Lizenz geforderte „transparent copy“ vernachlässigt werden kann. Das Dokument selbst ist „transparent“.

Historie

Datum	Beschreibung
3.1.07	• Fertigstellung der ersten Version 1.0 (Zualio)

Konvertierung und Überarbeitung

Christopher Schlosser (alias de.Wikibooks.org-Account „Zualio“)

