

Zeit

ein Trugbild?

R. Sydow, Niederfinow (Deutschland)
(2024)

abstrakt: Die Zeit mit der „Stellung des kleinen Zeigers meiner Uhr“ ([Ein] S. 893) gleichzusetzen, geht nicht konform mit Einsteins Aussage: „Das Zeigen des kleinen Zeigers meiner Uhr auf 7 und das Ankommen des Zuges sind gleichzeitige Ereignisse“ (ebd.). Selbst wenn er sicherlich recht hat, dass die zeitliche Bewertung eines Ereignisses mit dem Vergleich der auf der Uhr angezeigten Zeit eine Gleichzeitigkeit darstellt, unterliegt die Zeigerstellung auf der Uhr der willkürlichen Einstellung des Uhrentaktes.

Die Frage, der hier nachgegangen wird, ist, wie mit der Uhr die Zeit gemessen werden soll und ob es der Takt der Uhr ist, der den Lauf der Zeit abbildet. Das geht soweit, dass zu fragen ist, ob es die Zeit überhaupt gibt oder als was die Zeit aufzufassen sein könnte.



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Abkürzungen	2
Einleitung	3
Zeit als Existenzform	6
„Was also ist Zeit?“	10
Schlussfolgerungen	14
Literatur	16

Abkürzungen

ART	allgemeine Relativitätstheorie
DE	Doppler-Effekt
GPS	Global Positioning System
SRT	spezielle Relativitätstheorie

Einleitung

In diesem Artikel geht es nicht um die Analyse aller Auffassungen von der Zeit. Die Historie, so interessant und wissenswert sie sein mag, spielt an dieser Stelle eine untergeordnete Rolle.

Es ist auch müßig, alle möglichen Interpretationen der Zeit zu ergründen.

Hier soll lediglich vom Stand der modernen Physik ausgegangen werden, um von dieser Basis aus zu einer Auffassung der Zeit zu gelangen, die es ermöglicht, die Probleme der SRT zu lösen.

Was kann man sich unter der Zeit vorstellen?

Zu Erklärung dieser Frage hilft einem die Erkenntnis Augustinus' nicht weiter, der sagte: „Was also ist die Zeit? Wenn keiner mich fragt, weiß ich es; wenn einer mich fragt und ich es erklären soll, weiß ich es nicht mehr“ ([Hat] S. 508). Dieser Ausspruch von Augustinus um 400 der Zeitrechnung weist aber schon damals darauf hin, dass es sich bei dieser Frage um ein kompliziertes Problem handelt.

Heutzutage findet man die Antwort in Fachbüchern. Die Zeit ist die 4. Dimension (vgl. [Mes1] S. 624 ff.). Mit der Entwicklung der SRT durch Einstein etablierte sich diese Auffassung in der Physik.

Selbst wenn jedermann klar ist, dass die Raumdimensionen Längen sind und die Zeit keineswegs als solche aufzufassen ist, lässt sich der Gedanke der Zeit als räumliche Dimension akzeptieren, wenn man die Zeit grundsätzlich als Produkt mit der Lichtgeschwindigkeit verwendet. Das Produkt Lichtgeschwindigkeit mal Zeit ergibt allemal eine Länge.

Aber unabhängig davon kann man sich zu diesem Zweck einen Vektorraum vorstellen. Dieser Vektorraum müsste 4-dimensional sein. Das bedeutete, dass jedes seiner Elemente durch 4 physikalische Größen zu beschreiben wäre. Die physikalische Größe entspricht einer Dimension. Damit kann eine dieser Größen auch die Zeit sein, die somit per Definition eine Dimension darstellt (vgl. [Str] S. 5).

Das Bild 1 zeigt einen Körper (vgl. auch [Pet] Abb. 6), der wie ein total verbeulter Tubus aussieht. Er entsteht, wenn ein Kreis, der in der x-y-Ebene liegt, zum Zeitpunkt $-1s$ einen Durchmesser von D_1 hat und mit seinem Mittelpunkt bei den Koordinaten $P(x_1, y_1)$ liegt und sich der Kreis mit der Zeit sowohl im Durchmesser als auch in seiner Mittelpunktlage ändert. Zum Zeitpunkt $t = 0$ ist der Durchmesser eben D_2 und der Mittelpunkt liegt bei $P(x_2, y_2)$. Es ist nun müßig, das Schema für jeden beliebigen Zeitpunkt aufzuschreiben. Will ein Beobachter den Zustand des Kreises messen oder auch nur erfassen wollen, wird er das immer gerade zum Zeitpunkt $t = 0$ machen – also in der Gegenwart. Mit der Skizze ist der komplette Vektorraum zum Zeitpunkt $t = 0$ angedeutet, der hier in den Dimensionen x und y sowie der Zeit t dargestellt ist. Der Körper ist, wenn es einem gelingt, sich noch die z -Achse dazu zu denken, eine 4-dimensionale größenveränderliche Kugel.

Quellenangabe: Sydow, R. Zeit, ein Trugbild? Niederfinow (Deutschland) 20.05.2024
<https://rolfswelt.de/physik/#rt-zeit>

Revision: 2.0.0.1 vom 11.01.2025

copyright ©: alle Rechte vorbehalten, 2024, Rolf Sydow

Wollte man sich in dem im Bild 1 dargestellten Koordinatensystem als ruhender Beobachter wähen, so würde man den Tubus mit der Zeit nach unten rutschen sehen. Besser gesagt ist das, was man sieht, immer nur die Gegenwart.

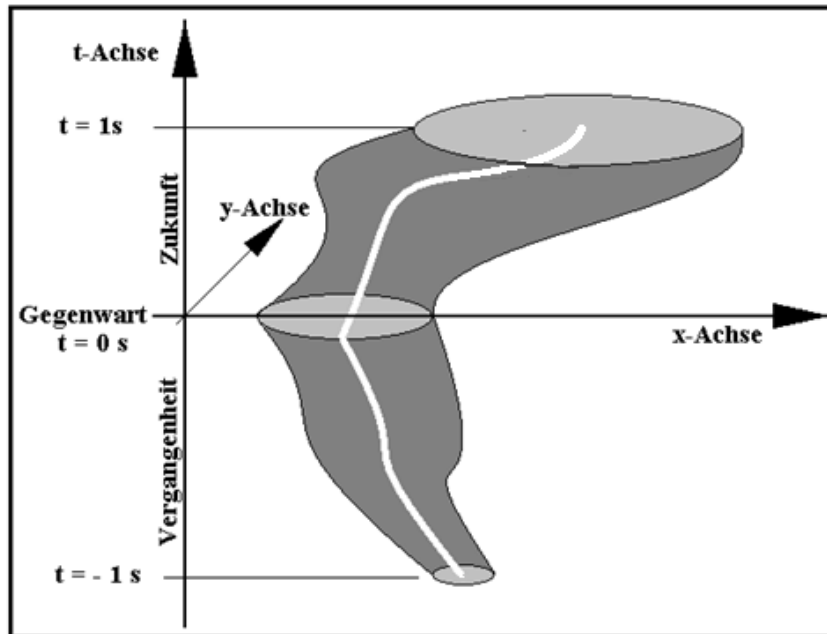


Bild 1: Vektorraum eines sich mit der Zeit t verändernden Kreises

Dieser Gesichtspunkt, dass einem Beobachter grundsätzlich nur die Gegenwart zugänglich ist, wirft die Frage nach der realen Existenz des betrachteten Objekts in Vergangenheit und Zukunft auf. Es gibt in der Literatur Meinungen, „dass es das besondere Charakteristikum der Gegenwart sei, dass nur die sich dort befindenden Ereignisse existieren, vergangenen und zukünftigen Ereignissen komme hingegen keine Existenz zu“ ([Sta] S. 4).

Damit ist nicht gemeint, dass Objekte in der Vergangenheit nicht existiert haben. Die Frage zielt nur darauf ab, dass es keine parallele Existenz eines Objekts in Vergangenheit und Zukunft geben darf.

Definiert sich das Objekt durch seine Eigenschaften, so bedeutete eine parallele Existenz die Kumulation dieser Eigenschaften. Ist also dem Objekt eine Masse zugeordnet, würde bei mehrfacher Existenz des Objekts die Masse entsprechend zu summieren sein. Dass das Objekt dann, so wie jedes andere Objekt auch, als unendlich schwer einzuschätzen wäre, folgte aus der Unendlichkeit der im Bild 1 eingetragenen Zeitskala.

Ebenso erzeugt der Gedanke von in der Zukunft existierenden realen Objekten ein Unbehagen. Dass die, die in der Gegenwart existieren, irgendwann auch in der Zukunft existent sein werden, steht dabei außer Frage. Das wird genau in dem Moment passieren, wenn die Zukunft zur Gegenwart wird. Um aber vorausszusagen, welche Parameter die Eigenschaften eines Objektes in der Zukunft haben werden, ist nicht messbar. Messbar sind

Quellenangabe: Sydow, R. Zeit, ein Trugbild? Niederfinow (Deutschland) 20.05.2024
<https://rolfswelt.de/physik/#rt-zeit>

Revision: 2.0.0.1 vom 11.01.2025

copyright ©: alle Rechte vorbehalten, 2024, Rolf Sydow



diese Parameter nur in der Gegenwart. Und auch dann handelt es sich bei Messungen nur um eine Näherung.

Wie lange dauert denn die Gegenwart? Ist sie eine Sunde, Minute, Sekunde oder noch kürzer? Die Gegenwart ist offensichtlich ein infinitesimal kleiner Abschnitt der Zeitskala. Messergebnisse beruhen dann darauf, dass sich in diesem Zeitbereich der zu messende Parameter nicht oder nur vernachlässigbar ändert.

Und es ist diese Änderung von Parametern, die die Zukunft so unbestimmt macht. Das beste Beispiel ist das Wetter. Der Wetterbericht ist über die Vielfalt der Einflüsse auf die Parameter der Atmosphäre eben nur eine Abschätzung. Mehr kann er nicht sein.

Aber selbst wenn man ein Objekt hätte, dessen Änderung von den es beschreibenden Parametern absolut bekannt wäre, beispielsweise weil diese Änderung null ist, dann könnte man das Objekt nicht als in der Zukunft existierend bezeichnen, weil man als Beobachter die Existenz eines Objekts in der Zukunft nicht registrieren und damit nachweisen könnte.

Der Rückschluss dieser Überlegungen könnte auf die philosophische Frage führen, ob ein Objekt die Existenz erlangt, wenn es in die Gegenwart kommt und sie sofort wieder verliert, wenn es zur Vergangenheit wird.

Hier erscheint es ganz vorteilhaft, wenn man sich als Beobachter in den Mittelpunkt der Betrachtung rückt und behauptet, alles existiert nur in der Gegenwart.

Andernfalls wäre die Frage zu beantworten, ob es ein Abbild der Vergangenheit auf die Zukunft geben muss. Muss zu jedem Elementarteilchen und zu jedem Energiequant der Vergangenheit auch ein Äquivalent in der Zukunft existieren? Die Gesetze von Energie- und Masseerhaltung sollten das so fordern.

Wie allerdings dieses Abbild aussehen kann, ist unergründlich. Wollte man ein solches Abbild generieren, müssten alle Einflüsse auf jedes einzelne Quant des Universums bekannt sein. Die Wirkungsweisen und Gesetzmäßigkeiten für jedes Quant müsste Beachtung finden. Und wie dann stochastische Prozesse zu bewerten wären, steht in den Sternen.

Es stellt sich die Frage nach der Sinnfälligkeit der Betrachtung von Vergangenheit und Zukunft. Welchen Gewinn würde die Wissenschaft haben, wenn Vergangenheit und Zukunft Existenzen wären, die sich letztlich nur darin unterscheiden, dass alles in der Vergangenheit bestimmt ist, in der Zukunft aber unbedingt unbestimmt bleibt?

Die Zeit spielte dann lediglich die Rolle eines Zählmaßes des Übergangs von der Vergangenheit zur Zukunft.

Doch wird dieses Zählmaß nicht vordergründig durch die Änderung von Bewegungen bestimmt? Ist dieses Zählmaß nicht grundsätzlich ein Vergleichswert zu einem Bewegungsnorm?

Insofern stellte sich die Frage, ob denn die Zeit selbst eine eigenständige Existenz hat.



Doch mit der Einführung der SRT wird gerade diese Frage beantwortet. Der Zeit kommt die Funktion zu, Bewegungsabläufe in relativ zueinander bewegten Systemen unterschiedlich wahrzunehmen.

Unter diesem Aspekt sind die folgenden Ausführungen zur Auffassung der Zeit richtungsweisend für das Verständnis der SRT.

Zeit als Existenzform

Ja, der Augustinus hat sich gut aus der Affäre gezogen mit seiner Aussage zur Zeit (s. S. 3). Doch worauf läuft die Frage hinaus, wenn Augustinus sie zwar stellt und dann aber nicht beantworten kann? Allein die Frage so zu stellen, zeigt die Wichtigkeit, sich über die Zeit im Klaren zu werden.

Die Zeit muss etwas sein. Man kann jemandem Zeit geben, etwas zu tun. Man kann demjenigen auch die Zeit stehlen, indem man ihn in Anspruch nimmt. „Man verliert die meiste Zeit damit, daß [sic] man Zeit gewinnen will“ ([Ste]).

Letztendlich kann man die Zeit auch messen. Und „was man messen kann, das existiert auch“ ([Pla] S. 40). Also muss sie sein. Der Zeit muss eine Existenz zukommen.

Doch wenn auch im menschlichen Denken die Existenz der Zeit fest verankert ist, so ist sie damit allein nicht bewiesen. Letztlich kann man gestohlene Zeit nicht speichern, um sie für sich später zu verwenden. Interessanterweise kann man jemandem Zeit geben, obwohl man gerade selbst keine Zeit hat.

Der Verdacht, dass das Thema ‚Zeit‘ sich nur im Denken des Menschen abspielt, liegt nahe. Das wäre auch kein Problem. Ist doch die Materie eine „philosophische Kategorie zur Bezeichnung der objektiven Realität, die dem Menschen in seinen Empfindungen gegeben ist, die von unseren Empfindungen kopiert, photographiert [sic], abgebildet wird und unabhängig von ihnen existiert“ ([Uhl1] S. 666).

Damit ist die Zeit, wenn man sie als Materie auffasst, zwar objektiv aber nur in unserem Bewusstsein abgebildet.

Doch diese Auffassung hilft nicht weiter. Ist die Zeit existent, muss sie sich auch nachweisen lassen.

Die Frage nach der Existenz der Zeit in dem hier betrachteten Zusammenhang ist letztlich ein physikalische. Neben verschiedenen Auffassungen wird in der modernen Physik die Zeit zusammen mit dem Raum als „Existenzform der Materie“ ([Scü] S. 745; [Uhl1] S. 666; [Uhl2] S. 854) definiert.

Rein aus der Semantik des Wortes ‚Existenzform der Materie‘ lässt sich der Schluss ableiten, dass die Zeit als Materie aufzufassen ist. Jede Existenzform der Materie sollte auch selbst Materie sein. Dieser Umstand wird durch Definition derart aufgelöst, dass die Materie nicht in einer „[...] Substanz zu suchen [ist], noch kann sie mit einer ihrer Arten oder Formen gleichgesetzt werden“ ([Scü] S. 563).



Die Frage, ob die Zeit eine objektive Realität und damit Materie ist, bleibt bis hierhin offen.

Auch wenn Lenin definiert: „In der Welt existiert nichts als die sich bewegende Materie, [sic] und die sich bewegende Materie kann sich nicht anders bewegen als im Raum und in der Zeit“ ([Scü] S. 745), bleibt offen, ob Raum und Zeit selbst auch Materie sein müssen.

Wird gesagt, dass die Zeit, „in der alle Veränderungen und Bewegungen der Materie erfolgen“ ([Uhl2] S. 854), eine solche Existenzform der Materie ist, müsste sie sich auch in sich selbst bewegen können, wenn sie als Materie anzusehen wäre. Wie sollte man sich so eine Bewegung der Zeit aber vorstellen?

Mit der SRT wird eine Veränderung der Zeit offeriert, die dann auch als Bewegung aufgefasst werden kann. Diese Veränderung der Zeit in der SRT bezieht sich aber nicht auf die Zeit im Allgemeinen, sondern nur auf den Zeitlauf in Abhängigkeit von der Relativgeschwindigkeit.

Dieser Zeitlauf, der sich nach der „Stellung des kleinen Zeigers meiner Uhr“ ([Ein] S. 893) bemisst, führt nach den Regeln der SRT zu erstaunlichen Schlussfolgerungen.

Entfernen sich zwei Uhren von einer als ruhend angenommenen Uhr in entgegengesetzter Richtung mit gleicher Geschwindigkeit, so laufen entsprechend SRT die sich bewegenden Uhren gegenüber der ruhenden in gleichem Maße langsamer. Für eine der bewegten Uhren sollten aber die anderen Uhren wegen der unterschiedlichen Relativgeschwindigkeiten unterschiedlich schnell gehen.

Diesem Umstand eine objektive Realität beizumessen, fällt schwer.

An dieser Stelle der Überlegung verkompliziert sich die Angelegenheit enorm.

Ist es nun der Lauf der Zeit, der hier zu betrachten ist? Sind Zeitlauf und Zeit unterschiedliche Dinge? Ist der Zeit auch eine Geschwindigkeit beizumessen? Gibt es eine Änderung der Zeit in der Zeit?

Oder muss die Zeit als physikalische Größe aufgefasst werden? Und welche Schlussfolgerungen ergeben sich dann auf die Frage nach der Existenz der Zeit?

Ist die Existenz der Zeit als Materie objektiv real? Dann stellt sich die Frage, was die Zeit eigentlich ist.

Die an dieser Stelle zu beantwortenden Fragen sind die folgenden. Was ist der Unterschied zwischen der Zeit und dem Lauf der Zeit? Und was wäre die Zeit, wenn man sie als Materie auffassen wollte?

Die beiden folgenden Beispiele sollen verdeutlichen, dass es für das Verständnis der Zeit wichtig ist, ob man sie vom Standpunkt der Philosophie oder der Physik betrachtet.

Die Geschwindigkeit ist eine physikalische Größe, die vom Standpunkt der Philosophie objektiv real ist. Sie ist definiert als die Veränderung des Ortes nach der Zeit. Diese Veränderung bezieht sich zwar auf ein sich bewegendes Objekt und kann als eine den Zustand beschreibende Größe desselben klassifiziert werden, aber sie wird wahrgenommen und im



Bewusstsein des Menschen widerspiegelt. Der Betrachter des Vorgangs empfindet diese Geschwindigkeit. Für ihn ist sie real. Sie dient ihm zur Beschreibung seiner Realität.

Damit stellt sich der Beobachter des bewegten Objekts ins Zentrum seiner Empfindungen. Er muss den betrachteten Vorgang verabsolutieren und auf sich beziehen. Andere Beobachter würden diesen Vorgang in anderer Weise reflektieren, es sei denn, dass sie ein mit dem ersteren Beobachter gemeinsames und so für beide als absolut anzusehendes Koordinatensystem vereinbaren.

Aus physikalischer Sicht stellt sich die Frage, ob die Geschwindigkeit als Materie aufzufassen ist. In der Literatur wird die physikalische Materie als „Stoff im Unterschied zur Energie“ ([Uhl1] S. 666) beschrieben. Damit ist im Unterschied zur philosophischen Definition der Teil der Widerspiegelung entkoppelt. „Des Weiteren hat sich in der modernen Physik auch der Gegensatz zwischen massebehafteter Materie und masselosem Feld aufgelöst“ ([Ble]). Verantwortlich dafür ist die Energie-Masse-Äquivalenz. Es geht darum, dass Teilchen zwar massebehaftet sind, sie aber kein nachweisliches Volumen haben und Felder zwar ein Volumen einnehmen, aber keine Masse haben (siehe ebd.).

Die Geschwindigkeit hat aber keine dieser Eigenschaften. Sie hat keine Masse und ist auch nicht auf ein Volumen beschränkt. Die Geschwindigkeit ist lediglich eine physikalische Größe, die den Zustand eines Objektes beschreibt, dass seinerseits sehr wohl Materie ist.

Das zweite Beispiel ist die Kraft.

Schon in der Schule lernte man, dass man eine Kraft nicht sehen kann, sondern nur ihre Wirkung. Eine Kraft ist nur „[...] ein Maß dafür, welche Bewegungsänderung oder Verformung bei einem Körper hervorgerufen wird“ ([Hoc] S. 72).

Mit der Vorarbeit bei der Geschwindigkeit ist es nun einfach, auch die Kraft als nicht zur Materie zugehörig zu entlarven. Zwar wird der Mensch, dem eine Kraft widerfährt, diese sehr wohl empfinden. Aus philosophischer Sicht ist die Kraft damit real und objektiv. Sie gehörte damit zur Materie. Aus physikalischer Sicht hingegen hat sie weder Masse noch Volumen.

In diesem Sinne ist auch die Zeit weder massebehaftet, noch nimmt sie ein Volumen ein. Die Zeit zur Materie zählen zu wollen, verbietet sich damit aus physikalischer Sicht. Sie ist somit nicht existent. Dass sie gemessen werden kann, bedeutet nur eine Relativierung von Bewegungsabläufen. Diese Relativierung allerdings ist dann wieder objektiv, wenn man Uhren als geeignete Werkzeuge zur Relativierung benutzt.

Es bleibt also die Frage, was eine Existenzform der Materie ist.

Während der Begriff ‚Existenzform‘ darauf hinweist, dass etwas Existierendes in einer sich ggf. änderbaren Form vorliegt, ist nicht gesagt, wie diese Form der Materie aussieht, wenn es sich um Raum oder Zeit handelt.

Zu sagen, dass es eine Existenzform der Materie gibt, die selbst aber nicht zur Materie gehört (s. o.), ist irritierend, solange der Begriff der Existenzform nicht dazu erklärt wird.

Quellenangabe: Sydow, R. Zeit, ein Trugbild? Niederfinow (Deutschland) 20.05.2024

<https://rolfswelt.de/physik/#rt-zeit>

Revision: 2.0.0.1 vom 11.01.2025

copyright ©: alle Rechte vorbehalten, 2024, Rolf Sydow

Würde man verallgemeinernd festlegen, dass all diese physikalischen Größen, denen weder Masse oder Volumen zugeordnet werden kann, in die Gruppe der Existenzformen der Materie gehören, fielen diese Größen alle aus der Gruppe der Materie heraus. Existenzformen der Materie wären dann lediglich Größen, die zur Beschreibung der objektiven Realität materieller Objekte notwendig wären.

Der Begriff ‚Existenzform‘ wäre unglücklich gewählt, wenn diese physikalischen Größen als quantifizierte Eigenschaften eines Objektes die Änderung desselben bestimmte. Diese als Messergebnis aufzufassenden Größen sollten keine Rückwirkung auf Objekt haben, dessen Eigenschaften sie beschreiben.

Zur Unterscheidung von Objekten der Materie und solchen beschreibenden Größen sollte ein weiteres Kriterium eingeführt werden. Als Materie sollte nicht nur das bezeichnet werden, das „Platz braucht und Masse hat“ ([Ble]), respektive Kraftfelder jeglicher Art, sondern gerade das, was wechselwirkt.

Materie wechselwirkt

Bild 2: Merksatz

Bedenkt man, dass Materie, die zu keinerlei Wechselwirkung fähig ist, nicht registriert werden kann, kann sie auch im Bewusstsein des Menschen nicht reflektiert werden. Für ihn ist diese Materie nicht existent. Das bedeutet, dass im philosophischen Sinne der Materie diese ausschließlich durch Wechselwirkung registriert werden kann.

Bestes Beispiel dafür ist, dass Einstein wohl gesagt haben soll: „Da der Äther keinen Einfluss auf die Lichtgeschwindigkeit hat und sich auch sonst nicht nachweisen lässt, kann es keinen Äther geben“ ([Ruf] „Erfindung und Verschwinden des ÄTHERS“).

Der Grund für die Annahme, dass es da Materie gibt, ist also grundsätzlich die Wechselwirkung der Materie. Im physikalischen Sinne wäre es allerdings denkbar, dass da Materie ist, die keine Wechselwirkung entfaltet. Schließlich ist der Materiebegriff in physikalischer Bedeutung vom Bewusstsein des Menschen losgelöst. Zur objektiven Realität wird diese Materie aber erst, wenn sie im Bewusstsein reflektiert wird.

Beispiele dafür könnten die dunkle Materie und die Neutrinos sein.

Die dunkle Materie existierte über die Jahrtausende der Menschheitsgeschichte nicht. Erst mit der Entdeckung von Auswirkungen, die auf die Existenz solcher dunkler Materie schließen lassen, rückt die Idee ‚dunkle Materie‘ in den Focus der Untersuchungen. Dass sie aber noch nicht nachgewiesen werden konnte, liegt an ihrer Wechselwirkungsträgheit. Außer den beobachteten Effekten scheint sie keinerlei Wechselwirkung zu haben. Insofern ist ihre Existenz nicht nachgewiesen, sondern lediglich zu vermuten. Solange kann es möglich sein,



die beobachteten Effekte, die sicherlich durch eine Art Wechselwirkung hervorgerufen werden, auch durch andere Ursachen zu erklären.

Wie es sich bei den Neutrinos verhält, denen man eine sehr geringe Wechselwirkung mit Materie nachsagt, bleibt zu untersuchen. Wenn auch die unglaublich hohe Anzahl der im Kosmos existierenden Neutrinos einer gewissen Logik entspringt, ist deren Nachweis nicht gesichert.

Letztlich bleibt die Existenz der Zeit eine Frage. Um diese Frage zu beantworten, muss man also wissen, in welchem Sinne die Frage zu verstehen ist.

Aus philosophischer Sicht reduzierte sie sich auf die Frage der Wechselwirkung, die zur Erkennbarkeit der Zeit führen würde. Doch welche Wechselwirkungen mit der Zeit sind bisher bekannt?

Abgesehen davon, dass in der SRT angenommen wird, dass durch die Geschwindigkeit eine Rückwirkung auf die Zeit erfolgen kann, ist es im Rahmen der ART als nachgewiesen zu betrachten, dass durch die Gravitation der Lauf von Uhren beeinflusst werden kann.

Damit bleibt vorerst und an dieser Stelle die Frage noch offen. Es sind weitere Überlegungen notwendig, die Widerspiegelung der Zeit im Bewusstsein zu erklären.

Aus physikalischer Sicht reduzierte sich die Frage nach der Existenz der Zeit auf die Frage nach der Stofflichkeit der Zeit. Diese Frage sollte eindeutig zu verneinen sein. Es ist nicht anzunehmen, dass der Zeit eine Masse zuzuordnen wäre. Auch ist der Zeit keine räumliche Ausdehnung beizugeben.

Das bedeutet, dass die Zeit zumindest als physikalisches Objekt abzulehnen ist. „Die Zeit ist kein stoffliches Objekt [...]“ ([The]) S. 176).

„Was also ist Zeit?“

([Pad] S. 305)

„Die Menschen verschwenden sie, sparen sie, schlagen sie tot und schaufeln sie sich frei - die Zeit ist ein wesentlicher Faktor im Leben eines jeden. Doch Physiker haben auf die Frage, was Zeit eigentlich ist, eine überraschende Antwort. Sie haben nämlich nicht die geringste Ahnung. Und was noch überraschender ist: Das dem Menschen innewohnende Gefühl der verstreichenden Zeit könnte nichts anderes als eine Sinnestäuschung sein“ ([Gre] Teil 1). Während Newton versuchte, noch eine Definition der Zeit ([New] S. 25) abzugeben, ist es heute üblich, die Zeit im System der Raumzeit als 4. Dimension untergehen zu lassen.

Doch diese Abstraktion der Zeit ist nicht befriedigend, wenn es um das Verständnis der Zeit geht. Die Frage, was die Zeit im Wesen ist, bleibt offen.

Als ein erster Ansatzpunkt zur Lösung dieses Dilemmas muss man sich fragen: „Sind Raum und Zeit eigentlich etwas Wirkliches?“ ([Scl] S. 195). Schlick bezieht sich zur Lösung dieser Frage auf Poincarè ([Poi] S. 81 ff.). Dieser stellt heraus, dass der Ort im Raum nur

Quellenangabe: Sydow, R. Zeit, ein Trugbild? Niederfinow (Deutschland) 20.05.2024
<https://rolfswelt.de/physik/#rt-zeit>

Revision: 2.0.0.1 vom 11.01.2025

copyright ©: alle Rechte vorbehalten, 2024, Rolf Sydow



durch Streckenverhältnisse zu bestimmen ist. Schlick erweiterte diesen Gedanken auf die Zeit. Er schlussfolgerte, dass sowohl dem Raum als auch der Zeit keine absolute Größe zukommen kann. Raum und Zeit können jede beliebige Größe haben, die sie auch beliebig ändern können. Wenn sich dann aber alles im Raum in derselben Weise ändert, ist diese Änderung nicht registrierbar.

Der Rückschluss Schlicks ist, dass man sehr wohl eine Messung von Raum und Zeit durchführen kann. Das Ergebnis würde ggf. immer gleich ausfallen. Daraus aber abzuleiten, dass man die Größe des Raums oder der Zeit bestimmt hätte, ist nur eine Fiktion.

Für Schlick sind Raum und Zeit nichts Wirkliches.

Dieser gedankliche Schlenker führt nochmal vor Augen, dass es berechnete Zweifel an der Zeit als objektive Realität gibt. Das Wesen der Zeit ist damit aber noch nicht erklärt.

Geht man von dem Ausspruch Plancks (s. S. 6 ff.) aus, dass das existiert, was man messen kann, folgt die Frage, ob man die Zeit messen kann. Gerade dieser Ansatz verspricht, dem Wesen der Zeit näher zu kommen.

„Die Grundlage jeder Raum- und Zeitmessung ist die Festlegung der Einheit“ ([Bor] S. 6). Diese Voraussetzung einer jeden Messung geht konform mit den Aussagen Pointcarès und Schlicks (s. o.), dass Veränderungen der Raumzeit als Ganzes sich auf die Einheiten niederschlagen und somit eine Veränderung nicht registrierbar ist. Damit begründete sich der Schluss Newtons, der die Zeit als „[...] absolute, wahre und mathematische Zeit [...]“ ([New] S. 25) auffasste.

Die Zeit birgt aber auch etwas Absolutes in sich. Wäre doch jede Festlegung einer Einheit immer subjektiv. Sie ist abhängig vom Messenden und seinen Möglichkeiten (vgl. [Pad] S. 305). Somit ist jede Messung subjektiv, was an der oben genannten Problematik nichts ändert. Die Objektivierung der Festlegung der Einheiten ist dann herstellbar, wenn sich jeder Messende auf ein für alle gleiches Normal bezieht. Ob dieses Normal in Bezug auf die Länge in Relation zum Erdumfang steht oder bezüglich der Zeit auf das Ticken einer Uhr, ist dabei unerheblich (vgl. [Bor] S. 6). Beim Messen „handelt sich also immer um Verhältniszahlen, relative Angaben bezüglich der Einheiten“ (ebd.).

Das probate Mittel in der Moderne zur Zeitmessung ist heutzutage die Atomuhr. Die Schwingungen der Atome in dieser Uhr stellen nicht nur ein sehr feines Maß, sondern auch ein sehr gleichmäßiges Maß der Zeiteinteilung dar.

Wie wird nun die Zeit, um im volkstümlichen Jargon zu bleiben, mittels der Atomuhr gemessen? „Bei der Zeit, die wir als eindimensionales Gebilde vorstellen, genügt die Angabe eines Nullpunkts“ ([Bor] S. 7). So, wie man den Raum in Verhältnissen der Länge des Urmeters vermisst, so wird die Zeit durch Angabe der Anzahl von Schwingungen dieser Atomuhr angegeben. Man zählt von einem willkürlich festgesetzten Nullpunkt oder Zählbeginn die Schwingungen der Atomuhr bis zum gewünschten Messpunkt. Das Ergebnis



dieser Zählung ist dann ein Hinweis auf die zwischen Zählbeginn und Messpunkt vergangene Zeit. Nach der Festlegung der Beschreibung einer physikalischen Größe:

$$Gr_{\text{phys.}} = \text{Vorzeichen} * \text{Betrag} * \text{Maßeinheit} \quad \text{Gl. 1a}$$

würde sich die Zeit für den betrachteten Vorgang wie folgt berechnen:

$$\Delta t = +n * \frac{1}{9.192.631.770} * s, \quad \text{Gl. 1b}$$

wenn es sich um eine ^{133}Cs -Atomuhr handelte und n die Anzahl der gezählten Schwingungen im betrachteten Zeitintervall Δt ist. Dass das Vorzeichen positiv sein muss, liegt dann einfach daran, dass man bei 0 zu zählen angefangen hat und dann hochzählte.

Doch sollte bei diesem Vorgang eines klar geworden sein. Alles, was man mit der Uhr messen kann, sind Zeitdifferenzen – im Volksmund auch Zeitdauern oder Zeitspannen. Diese Zeitdifferenzen sind also nichts weiter als der Vergleich von Bewegungsabläufen. Im genannten Beispiel (siehe Gleichung Gl. 1b) würde es heißen: ‚Die Zeitdauer Δt eines Vorgangs ist gerade dann eine Sekunde, wenn die Atomuhr 9.192.631.770 Schwingungen vollführt hat‘. Dabei ist diese Anzahl der zu vollführenden Schwingungen eine willkürliche Festlegung.

In dieser Interpretation des Messvorgangs von Zeitspannen taucht aber nun der Begriff der Zeit gar nicht mehr auf. Kann man dann überhaupt noch davon sprechen, dass man die Zeit gemessen hat? Sind gemessene Zeitspannen eine Quantifizierung von Abschnitten der Zeit?

Wenn die Zeitdauer lediglich der Vergleich von Prozessen ist, der sich in einer Zahl ausdrückt, wie oft sich ein standardisierter Prozess im Vergleich zu einem betrachteten Prozess abspielt, dann kann das kein Hinweis auf die Zeit selbst sein (vgl. [Bri1] S. 30 ff). Selbst wenn man die Zeit als die Summe von hintereinander ablaufenden Prozessen auffassen würde, sollten es nach der physikalischen Meinung diese Prozesse sein, die in der Zeit ablaufen. Wichtig ist also die Erkenntnis, „[...] daß [sic] die Prozesse, die das Weltgeschehen ausmachen, zwar etwas ‚in der Zeit‘ Ablaufendes, aber eben deswegen doch etwas von ihr Verschiedenes sind. Die Zeit selbst ist hier nur die Dimension und die inhaltliche Richtung des Ablaufs. Denn jeder ablaufende Prozeß [sic] hat seine Dauer in der Zeit. Die Dauer ‚in der Zeit‘ aber verhält sich zur Zeit selbst wie die Ausdehnung im Raume zum Raume selbst. Dauer ist Ausdehnung in der Zeit“ ([Hart1] S. 141).

Damit ist der Bezug der Dauer zur Zeit hergestellt. Das Wesen der Zeit ist aber immer noch nicht erklärt.

Will man das Wesen der Zeit erfassen, ist es wichtig, die Frage nach der objektiven Realität der Zeit im Kopf zu behalten. Hat man eine Zeitdauer durch Messung ermittelt, so wird dadurch keine Zeit als eine solche Realität begründet. Schließlich ist die Zeitdauer lediglich eine Verhältniszahl.

Würde die Zeit als Materie aufgefasst, müssten ihr Eigenschaften zuordnet werden können. Diese „[...] Eigenschaften der Zeit sind im Alltag unmittelbar erfahrbar, in der Physik



indes nicht vorhanden“ ([Rip2] S. 7). Es ist somit wichtig, dass man sich im Bereich des Bewusstseins gerne auf einen Zeitbegriff einigen kann, dass aber in der Physik mit der Zeit immer nur eine Zeitdauer gemeint sein kann. Und immer, wenn man der Zeit Eigenschaften zuerkennen möchte, rutscht man in die Bewusstseinssebene und entfernt sich von der Physik. „Originalzitat Einstein 1955: Die Unterscheidung zwischen Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft ist bloße Illusion, wenngleich eine ziemlich hartnäckige“ (ebd.).

Im physikalischen Sinne ist zu konstatieren: „Weder fließt die Zeit [sic] noch hat sie eine Richtung oder gar so etwas wie ‚Substanz‘“ ([Rip2] S. 6).

Es ist an der Zeit [☺], den Sinn des Zeitbegriffs in physikalischer Hinsicht zu erfassen. Dazu wird von der unumstößlichen Position ausgegangen, dass nun einmal alles in der Zeit passiert. Von der Zeit im philosophischen Sinne muss sich streng distanziert werden.

Rein physikalisch ist „Zeit [...] nicht etwas, das selbständig existiert, sondern ein Maß für Veränderung“ ([Lan] S. 4). Es sind die Veränderung, die Bewegung und Vorgänge, die existieren und die Zeit ist nur ein Konstrukt, das zur Beschreibung derer erfunden wurde. „Wir sind ganz ausser [sic] Stande die Veränderung der Dinge an der Zeit zu messen. Die Zeit ist vielmehr eine Abstraktion, zu der wir durch die Veränderung der Dinge gelangen“ ([Mac1] S. 218). Damit muss geschlussfolgert werden: „[...] Zeit als solche existiert nicht, sondern nur die Veränderung“ ([Barb1]). Der Begriff der „[...] Zeit würde [...] sinnlos, wenn keine Vorgänge, keine Veränderungen in der Welt existierten“ ([Scl] S. 196). Würde alles so bleiben, wie es ist, dann wäre es zeitlos.

Damit löst sich die Frage nach der Existenz der Zeit auf. Je nachdem, was als Ursache und was als Wirkung angesehen wird, ergibt sich eine völlig andere Möglichkeit der Interpretation.

Wenn eine Bewegung nur stattfinden kann, wenn es Zeit gibt, muss die Zeit etwas Materielles sein. Ist hingegen die Bewegung ursächlich, braucht die Zeit nicht zu existieren. Sie ist dann nur eine die Bewegung beschreibende Eigenschaft. Da die Zeit als Materie lediglich in der Philosophie durch entsprechende Definitionen begründbar ist, bleibt für die Physik die Zeit nur als diese beschreibende Eigenschaft von Bewegungen. „In der Physik kommt die Zeit als gewöhnliche Variable t vor“ ([Rip2] S. 8).

Das führt zu der Frage: „Und wenn es die Zeit nicht gäbe?“ ([Rov] Titel). Rovelli argumentiert in seinem Buch ([Rov] S. 126 ff.), dass es nicht notwendig ist, die Zeit t in die physikalischen Formeln für zeitlich Veränderliche zu integrieren. Es muss auch möglich sein, diese Formeln durch Verhältnisse zu anderen solchen Veränderlichen auszudrücken. Damit rückt die Zeit in den Hintergrund. „Das bedeutet, dass wir niemals die Zeit selbst messen. Wir messen immer physikalische Variablen $A, B, C \dots$ (Schwingungen, Pulsschläge, den Lauf der Sonne und eine Menge anderer Dinge), [sic] und wir vergleichen immer eine Variable mit einer anderen“ ([ebd. S. 136]).

„Die Zeit existiert nicht. Man muss die Welt in nichtzeitlichen Begriffen denken, auch wenn das intuitiv als schwierig erscheint“ (ebd. S. 132). „Ich glaube, dass es eine Möglichkeit gibt,



das Funktionieren der Natur zu beschreiben, ohne die Begriffe Raum und Zeit zu benutzen (Rovelli in [Sut] S. 110).

Solange man sich aber im Formalismus der klassischen Physik befindet (die Quantenphysik ist hier ausgeschlossen), hat man es aber mit zeitlich Veränderlichen zu tun. Diesem Umstand verdankt man Galileo, der die Idee verfolgte (siehe [Rov] S. 133), die Bewegungsgleichungen in der Zeit t zu formulieren. Dieser Gedanke ist auch allemal genial, denn dass man dafür eine Uhr verwenden kann, wurde von ihm noch nicht unterstellt. Aber selbst wenn man eine Uhr zur Beschreibung von Bewegungsabläufen benutzen würde, täte man ja nichts anderes, als einen Vergleich mit den Schwingungen dieser Uhr herzustellen.

Dass die Uhr als Chronometer (Zeitmesser) bezeichnet wurde, musste zwangsläufig zu der Vorstellung einer existierenden Zeit führen. Diese fand mit Newtons Definition (siehe [New]) ihren Platz in der Landschaft der Physik. Mit der Festlegung der Zeit als absolute und überall gleichlaufende war die Verwendung einer Standarduhr auch völlig gerechtfertigt.

Durch die Erkenntnisse aus der SRT wurde klar, dass man solche Standarduhren nicht mehr voraussetzen kann. Einstein fordert: „[...] daß [sic] die Angabe der Uhr (im ruhenden System betrachtet) pro Sekunde um $(1 - \sqrt{1 - (v/V)^2})$ Sek. [...] zurückbleibt“ ([Ein]) S. 904).

Es ist also gar nicht die Zeit, die langsamer vergeht. Einstein erklärt lediglich das Nachgehen einer bewegten Uhr. Damit ist es sein Vergleichsnormal, das seine Schwingungsdauer verändert hat. In der SRT fällt also der Vergleich von gegeneinander bewegten Uhren unterschiedlich aus. Der Begriff der Zeit und damit die Zeit selbst sind nicht zur Beschreibung des Sachverhalts erforderlich.

Tritt also in einer Formel oder Gleichung die physikalische Größe t , der der Name ‚Zeit‘ zugeordnet ist, auf, stellt diese eine Anzahl von Bewegungselementen¹ einer zur Messung oder zum Vergleich verwendeten Uhr dar. Dem Begriff der Zeit kommt somit keine eigenständige Existenz zu. Die Größe t ist eine Hilfsgröße, die komfortabel ausdrückt, dass man die Änderung eines Zustands mit der Anzahl t an Bewegungselementen einer Uhr vergleichen kann.

Schlussfolgerungen

Stellt Augustinus also die Frage, was die Zeit ist, findet er keine Antwort darauf. Er hätte lieber fragen sollen, was die Zeit nicht ist.

Mit den hier angestellten Überlegungen wird klar, dass die Zeit keine Substanz ist. Sie ist nicht materiell. Die Zeit selbst geht keinerlei Wechselwirkung (siehe Bild 2, S. 9) mit irgendeiner Materie ein. Sie ist ein Produkt des menschlichen Geistes und wird nur per Definition zur Materie in philosophischer Betrachtung.

¹ Schwingungen eines Pendels, einer Unruh, eines Atoms usw.

Quellenangabe: Sydow, R. Zeit, ein Trugbild? Niederfinow (Deutschland) 20.05.2024
<https://rolfswelt.de/physik/#rt-zeit>

Revision: 2.0.0.1 vom 11.01.2025

copyright ©: alle Rechte vorbehalten, 2024, Rolf Sydow



Die Zeit findet ausschließlich ihre Anwendung als Zeitspanne oder zeitliche Dauer, die sich auf einen Vorgang bezieht.

Und hier findet sich der Ansatzpunkt zum Verständnis der Problematik.

Wenn eine Zeitspanne einen Vergleichswert von Abläufen oder Bewegungen darstellt, dann ist dieser Vergleichswert als Quotient zweier physikalischer Größen dimensionslos. Die Dimension der physikalischen Größen ist dabei unerheblich, wenn sie nur identisch sind.

Diese physikalischen Größen in Dimensionen der Zeit umzurechnen, ist unnötig. An einer Pendeluhr könnte an der Stelle ,1 Uhr‘ auch ,3600 Schwingungen‘ stehen. Jedwede Rechnung von Verhältnissen solcher Werte ergäbe dasselbe Ergebnis, wie es die Rechnung in Dimensionen der Zeit tut.

Die Zeit als physikalische Größe zu verwenden ist sicherlich historisch gewachsen. Die Auslegung aller Formeln für Bewegungen und Veränderungen als Funktion der Zeit ist sicherlich auch vorteilhaft. Diese Verfahrensweise ist gewachsen und gewohnt.

Letztlich ist die Verwendung der Zeit als physikalische Größe aber nicht notwendig. Man könnte allemal auch mit der ausschließlichen Verwendung der beschriebenen Verhältnisse von Prozessen auskommen, denn nichts anderes tut man bei der Verwendung von Uhren.

Schlussendlich läuft diese ganze Diskussion auf den folgenden Punkt hinaus. Wenn eine Zeitspanne als ein Teilstück der Zeit nur ein dimensionsloses Verhältnis darstellt, wozu muss dann die Zeit ins Verhältnis gesetzt werden, um alle möglichen Zeitspannen zu repräsentieren?

Man könnte es auch wie folgt formulieren. Die Zeitspanne ist eine Rechengröße. Wie kann die Zeit etwas anderes sein, als ebenfalls nur eine Rechengröße. Keineswegs ist sie etwas Existentes.



Literatur

- [Ble] Bleck-Neuhaus, J. et al.: Materie (Physik)
wikipedia unbekannt (16.05.2024) 30.05.2024
[https://de.wikipedia.org/wiki/Materie_\(Physik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Materie_(Physik))
- [Bor] Born, M.: Die Relativitätstheorie Einsteins, und ihre physikalischen Grundlagen
gemeinverständlich dargestellt Bd. 3
Verlag von Julius Springer Berlin 1920 cited 01.07.2023
https://ia801607.us.archive.org/7/items/bub_gb_1PhYAAAAYAAJ/bub_gb_1PhYAAAAYAAJ.pdf
- [Ein] Einstein, A.: Zur Elektrodynamik bewegter Körper
Annalen der Physik, Jg. 17, 1905, S. 891-921 Bern Juni 1905
http://www.pro-physik.de/Phy/pdfs/ger_890_921.pdf
- [Gre] Greene, B.: Der Stoff, aus dem der Kosmos ist
ARTE F unbekannt (2012) load 26.04.2013
<http://www.artetv.de/der-stoff-aus-dem-der-kosmos-ist/4183506,CmC=6986772.html>
- [Hat] Hattrup, D.: Augustinus Bekenntnisse, Confessiones I - XIII
Edition Europa 2000 Paderborn (10/2010) cited 20.05.2024
https://www.unifr.ch/dogmatik/de/assets/public/files/Dokumentation/Online-Bibliothek/Klassiker/Augustinus_Bekenntnisse.pdf
- [Hoc] Hoche, D. et al.: Physik Abitur, Duden - Basiswissen Schule
PAETEC Verlag für Bildungsmedien Berlin Mannheim Leipzig Wien Zürich 2003
www.schuelerlexikon.de
- [Lan] Lang, M.: Die logischen Fehler der Relativitätstheorie
google unbekannt 20.09.2003
<http://home.arcor.de/gruppederneuen/Seiten/Publikationen/Lang%20Fehler%20d%20Relativit%E4tstheorie.pdf>
- [New] Newton, I.; Wolfers, J. Ph. (Hrsg.): Mathematische Principien der Naturlehre
Verlag von Robert Oppenheim Berlin (1872) cited 10.05.2022
<https://books.googleusercontent.com/books/>
- [Pad] Padova, T. de: Leibniz, Newton und die Erfindung der Zeit
Pieper Verlag GmbH München 3. Aufl. 2014
- [Pet] Petry, S.: über das Wesen der Zeit
google unbekannt load 18.10.2008
<http://home.vrweb.de/~si.pe/Ueber%20das%20Wesen%20der%20Zeit.pdf>
- [Pla] Planck, M.: Neue Bahnen der physikalischen Erkenntnis
Rektorwechsel an der Friedrich-Wilhelms-Universität Berlin (15.10.1913) read 28.09.2015
http://edoc.hu-berlin.de/ebind/hdok/H39_Planck/XML/index.xml?part=page&page=23&resolution=low



- [Poi] Poincaré, H.: Wissenschaft und Methode
B. G. Teubner Berlin (1914) cited 31.05.2024
https://ia800602.us.archive.org/34/items/B-001-002-289/Wissenschaft_und_Methode.pdf
- [Rov] Rovelli, C.; Niehaus, M. (Übers.): und wenn es die Zeit nicht gäbe?
Rowohlt Taschenbuch Verlag Reinbek bei Hamburg 2. Aufl. 06/2018
- [Ruf] Ruffing, R.: Kleines Lexikon wissenschaftlicher Irrtümer, Von Aderlass bis Zeitreise
Gütersloher Verlagshaus Gütersloh (2011) load 24.06.2014
books.google.de/books?isbn=364106323X
- [Scl] Schlick, M.: Moritz Schlick Gesamtausgabe Bd. 1
Springer Verlag Rostock, Tübingen, Wien (12/2005) load 01.12.2014
http://www.moritz-schlick.de/fileadmin/user_upload/downloads/MSG_A_I_2.pdf
- [Scü] Schütz, G. et al.: Kleines politisches Wörterbuch
Dietz Verlag Berlin 3. Aufl. 1978
- [Sta] Staffel, J.: McTaggart's Beweis der Irrealität der Zeit
Humboldt-Universität Berlin Berlin load 27.09.2015
https://www.philosophie.hu-berlin.de/de/lehrbereiche/natur/mitarbeiter/mueller/gelungene-texte-von-studierenden/staffel_mctaggart
- [Ste] Steinbeck, J.: ohne
google unbekannt cited 05.03.2015
[http://www.seppel.de/weisheit.html /](http://www.seppel.de/weisheit.html/)
- [Str] Straumann, U.: Relativitätstheorie, Ergänzendes Scriptum zur Vorlesung Physik II
Physik - Institut Universität Zürich Zürich (19.03.2013) read 25.10.2015
<http://www.physik.uzh.ch/>
- [Sut] Sutter, W.: Noumenale Wirklichkeiten, wie Bewusstseinsformen Wirklichkeiten erzeugen
Books on Demand GmbH Norderstedt 2010
<https://books.google.de>
- [The] Theimer, W.: Die Relativitätstheorie, Lehre Wirkung Kritik
Edition Mahag Graz 2005
- [Uhl1] Uhlmann A. M. et al.: Meyers Neues Lexikon, in acht Bänden Konfektion - Muskarin Bd. 5
VEB Bibliografisches Institut Leipzig Leipzig 1. Aufl. 1964
- [Uhl2] Uhlmann A. M. et al.: Meyers Neues Lexikon, in acht Bänden Tembe - ZZ Bd. 8
VEB Bibliografisches Institut Leipzig Leipzig 1. Aufl. 1964