

Zeit

(ausführliche Fassung)

Inhaltsverzeichnis

1. Begründung für die Untersuchung: „Was ist Zeit?“
2. Zielstellung
3. Vorstellungen zur „Zeit“ in meinen Ausführungen beim Stand von 2010
4. Verständnis von Zeit (Stand 2016)
 - 4.1 Abgrenzung des Begriffes Zeit
 - 4.2 Die Zeit als Gegenstand von Diskussionen
 - 4.2.1 Zeit und Raum bei Newton und Leibnitz und die Einordnung der Betome
 - 4.2.1.1 Zeit und Raum bei Newton und Leibnitz
 - 4.2.1.2 Zeit und Raum und Betome
 - 4.2.2 Gelungene Verbindung von absoluter Zeit und relativer Zeit
 - 4.2.3 Die Zeit ist heute noch Gegenstand von Diskussionen
 - 4.2.3.1 Zitat ohne Kommentar
 - 4.2.3.2 Craig Callender: Ist Zeit eine Illusion?
 - 4.2.3.3 Zeit und Quantenphysik
 - 4.3 Die Zeit als Gegenstand von Diskussionen
5. Zeit und räumliche Konstellation von Dingen
 - 5.1 Beispiele zu räumlichen Konstellationen
 - 5.2 Zeit und Erinnerung
 - 5.3 Zeitmessung ist Vergleich von räumlichen Konstellationen
 - 5.4 Räumliche Konstellation und Zeitstillstand
6. Die Bedeutung der räumlichen Konstellation von Dingen aus Sicht der Evolution
7. Zeit ist nichts Materielles
8. Schlussfolgerung
9. Anmerkungen
10. Literaturverzeichnis

1. Begründung für die Untersuchung: „Was ist Zeit?“

Diese Untersuchung ergibt sich aus den Abhandlungen über Teilchen (Betome).

Eigentlich wollte ich nur wissen, wie die Gravitation materiell funktioniert. Die mathematischen Formeln waren ja bekannt.

Schon bei der Festlegung der grundlegenden Denkrichtungen zur Klärung der Funktionsweise der Gravitation sollte die Zeit intuitiv möglichst ausgeschlossen werden. Sie wurde als „menschliche Gefühlgröße“ angesehen und deshalb nicht vergleichbar mit der Länge. Grund dafür war, dass die

Zeit nur indirekt gemessen werden kann und keinerlei materielle Eigenschaft hat. Der Ausschluss wurde umgesetzt, indem die Zeit nicht als Variable zugelassen wurde für Beschreibung der Struktur und Funktionsweise der Materie/1.-1/ und /1.-2/.

Bis zur Zusammenfassung der Ergebnisse, die dann weit über Gravitation hinausgingen, im Jahr 2003 war von Relativitätstheorie keine Rede. Erst ein ehemaliger Mitschüler brachte während eines Telefongesprächs die Relativitätstheorie ins Spiel. Die daraufhin angestellten Untersuchungen sind in /1.-3/ angegeben. Es zeigte sich, dass ein gravierender Unterschied zwischen der Relativitätstheorie einerseits und der Naturbeschreibung mittels Teilchen (Betome) andererseits in der Rolle der Zeit besteht. Die Zeit spielt in der Relativitätstheorie eine gleiche Rolle wie der Raum (Raumzeit). Der Raum wird dabei durch Längen (Koordinaten) beschrieben. Bei der Naturbeschreibung mittels Teilchen (Betome) spielt die Zeit überhaupt keine Rolle, wohl aber die Länge. Bei der Berechnung einiger Naturkonstanten auf Basis der Betome sind nur zwei Abstände bzw. Längen verwendet worden. Das sind zum einen der mittlere Abstand zweier Betome sowohl im Weltraum wie im Proton und zum anderen die häufigste Wellenlänge in der kosmischen Hintergrundstrahlung (3-K-Strahlung). Der mittlere Abstand zweier Betome ist so etwas wie der mittlere Abstand zweier Luftmoleküle. Aus diesen beiden Längen wurde auf Basis der Betome die Rydberg-Konstante und die 21cm-Strahlung des Wasserstoffs berechnet. Für die Berechnung der Masse des Protons sind neben den beiden Längen noch die Naturkonstanten Lichtgeschwindigkeit und Planck-Konstante erforderlich, für die Berechnung der Masse des Elektrons diese beiden Naturkonstanten und nur eine Länge, und zwar der mittlere Abstand zweier Betome.

Diese Differenz zwischen der Raumzeit und den Betomen mit den zwei Längen aus der 3-K-Strahlung ist der Grund gewesen für die Untersuchung „Was ist Zeit?“.

Wenn schon so eine Differenz festgestellt ist, erhebt sich die Frage, ob nicht einfach mit der „Zeit“ alles beim alten belassen werden soll oder ob diese Differenz zum Zweifeln am Althergebrachten führt? Für die Beschreibung der Natur ist es von Bedeutung, ob die Zeit eine physikalische Größe mit materiell wirksamen Eigenschaften ist (oder nicht). Doch warum sollte man daran zweifeln? Nun, ein Gedanke oder die Beziehung zwischen Menschen (Chemie stimmt oder nicht) sind auch keine physikalischen Grundgrößen. Warum also die materiell ebenso wenig fassbare Zeit?

Zweifeln ist durchaus sinnvoll, sonst wäre die Erde heute noch eine Scheibe und die Sonne würde sich um die Erde drehen.

Es gibt noch einen Grund:

Im Rahmen der Beschäftigung mit dem Wesen der Zeit fand ich das Buch von Thomas de Padova, „Leibniz, Newton und die Erfindung der Zeit“ /1.-4/. Er schreibt bei der Behandlung der Relativitätstheorie auf Seite 315: „Völlig offen bleibt jedoch, wie ein relationales Verständnis von Zeit mit der anderen großen modernen Theorie, der Quantenphysik, in Einklang gebracht werden könnte.“ Und weiter: „Alle Versuche, sie in einer Quantengravitationstheorie miteinander zu verbinden, sind

bisher gescheitert. Und es ist schwer vorstellbar, dass dies ohne eine vorherige Klärung des Zeitbegriffs gelingen kann“.

Auch R. Breuer schreibt in /1.-5/: „Denn: Was wir als Zeit in unserem subjektiven Alltag erleben, ist in den Theorien der Forscher entweder nur eingeschränkt brauchbar oder gänzlich umstritten. Doch solange die Rolle der Zeit nicht wirklich geklärt ist, wird- so sehen es jedenfalls prominente Experten – auch eine einheitliche Theorie aller Fundamentalkräfte außerhalb unserer Reichweite sein.“

Während ich intuitiv die Zeit aus den Betrachtungen heraushalten wollte (siehe oben „menschliche Gefühlsgröße“), beschreibt R. Breuer in /1.-5/ den Bedeutungsverlust der Zeit so: “Zudem ist vielen gar nicht bewusst, welche Qualitäten jeder Zeitbegriff im Prinzip haben sollte: Ereignisse zu markieren, Chronologien, kausale Beziehungen und Veränderungen zu bestimmen und ihr im Zeitpfeil eine eindeutige, nichtumkehrbare Richtung zu geben.

Keine Theorie der Physik verfügt über einen Zeitbegriff, der dies alles leistet. So legt bisher kein Naturgesetz für den Zeitpfeil eine Richtung fest. Am meisten kann noch Newtons „absolute Zeit“, die jedoch von Einsteins Relativitätstheorien und der Quantenphysik in ihrem absoluten Charakter stark beschnitten wurde. Und in den Theorien zur Vereinheitlichung von Schwerkraft und Quantenphysik verlor die Zeit noch weiter an Bedeutung. So taucht in Formulierungen der Quantengravitation, deren endgültige Fassung noch aussteht, Zeit gar nicht mehr auf. Fachleute wie der Kölner Physiker Claus Kiefer konstatierten „die fundamentale Zeitlosigkeit der Quantengravitation“.

Wenn aber in solchen Theorien Zeit als fundamentaler Parameter verschwindet, wie lässt sich dann verstehen, warum uns die Welt stets der Zeit unterworfen scheint?“ (Ende des Zitates).

Diese Frage lässt sich aus dem weiter unten beschriebenen Verhältnis von Zeit und Evolution beantworten: wegen der Erinnerung. Die hier wesentliche Aussage des Zitates soll jedoch in der angestrebten Zeitlosigkeit der eben genannten Theorien liegen. Eine Zeitlosigkeit, wie sie Betome mit nur den beiden Längen aus der 3-K-Strahlung haben.

C. Callender schreibt in /1.-6/ über einen Wettbewerb im Jahr 2008 mit Teilnahme prominenter Physiker, bei dem es um das Wesen der Zeit ging: „Viele behaupteten, eine einheitliche Theorie müsse eine zeitlose Welt beschreiben. Anderen widerstrebe das. Einig war man sich nur in einem: Ohne tiefes Nachdenken über die Zeit wird man der großen Vereinigung kaum näherkommen.“

Diese Klärung des Wesens der Zeit wird meiner Meinung nach durch die Begründung des Zeitbegriffes auf der Basis der Evolution erreicht.

2. Zielstellung

Das Ziel dieser Ausführungen ist das Erkennen des Wesens der „Zeit“ in physikalischer Hinsicht.

Eine Erläuterung der Problematik soll zumindest versucht werden:

Es ist unbestritten, dass sich alles verändert. Diese Tatsache kann als Zeitverlauf bezeichnet werden.

Das Treiben eines Holzes im Fluss ist eine räumliche Veränderung. Sie fand schon statt, lange bevor

ein Lebewesen überhaupt ein Erinnerungsvermögen hatte. Ob es sich aber langsam oder schnell oder überhaupt bewegt, bedarf eines Erinnerungsvermögens, eines Vergleiches. Die räumliche Konstellation von Dingen hat es bis zu einer physikalischen Größe geschafft: Die Stellung eines Zeigers der Uhr. Das wird auch als Zeit bezeichnet.

Anders sieht es z.B. bei dem Verhältnis zwischen zwei sich kennenden Menschen aus. Die Änderung kann von Liebe bis Scheidung reichen, eine physikalische Größe ist es noch nicht geworden.

In der folgenden Argumentation ist zu zeigen, dass die Zeit keine materielle physikalische Grundgröße wie die Länge oder die Masse ist und dass sie keine materiell wirksamen Eigenschaften hat, wie man aus folgendem Zitat /2.-1/ schlussfolgern könnte: „Verkürzt gilt: Die Materie sagt der Raumzeit, wie sie sich zu krümmen hat; die Raumzeit sagt der Materie, wie sie sich zu bewegen hat.“

Dazu ist auch der Unterschied von Zeit im historischen Sinn einerseits und Uhrzeit (Zeitdifferenz, Zeitmessung) andererseits deutlich zu machen, weil nur Zeitdifferenz physikalisch benutzt wird.

3. Vorstellungen zur „Zeit“ in meinen Ausführungen beim Stand von 2010

Die Vorstellungen sind wörtlich in /3.-1/:

„Zeit ist im Grunde genommen nur ein Vergleich von räumlich stattgefundenen Veränderungen. Das betrifft das Auslaufen einer kleinen oder großen Sanduhr genau so wie die Schwingungen einer Atomuhr. Der Vergleich muss jedoch durch eine „Erinnerung“ ermöglicht werden. Wenn sich nichts verändert, gibt es auch keine Zeit. Gleichwohl kann es einen Raum geben. Die Zeit ist eine Erfindung von Wesen, die so komplex sind, dass sie eine „Erinnerung“ speichern können und darauf aufbauend vergleichen können. Als physikalische Größe scheint sie daher nicht notwendig zu sein, obwohl sie für uns sehr praktisch ist. Wir sprechen heute noch von Sonnenaufgang und Sonnenuntergang weil es praktisch ist. Für den physikalischen Sachverhalt trifft es schon seit einigen Jahrhunderten nicht mehr zu (seitdem gemerkt wurde, dass sich die Erde um die Sonne dreht). Wir sprechen nicht von „Erddrehung hat Sonnensicht erreicht“ oder „Erddrehung beendet Sonnensicht“.

Aus diesem Grunde wurde versucht, die Zeit aus den Wirkungen der Teilchengemeinschaften herauszuhalten und nur die beiden Längen λ_{\max} und $\Delta\lambda_{\Delta n=1}$ zu verwenden. Die Lichtgeschwindigkeit c dient dabei als „Übersetzung“ aus der Sprache des Raumes in unsere gewohnte Physik. Natürlich muss die Zeit, sofern sie in den üblichen Formeln enthalten ist, dort auch berücksichtigt werden. Mit der Lichtgeschwindigkeit c ist sie aber problemlos in eine Strecke zu übersetzen.“

4. Verständnis von Zeit (Stand 2016)

4.1 Abgrenzung des Begriffes Zeit

Geschichte ist nicht gemeint.

Mit Zeit sei hier nicht das gemeint, was man z.B. unter Steinzeit oder Bronzezeit versteht. Auch nicht das Mittelalter oder überhaupt der Geschichtsverlauf und auch nicht die Entstehungsgeschichte des

Sonnensystems. Hier geht es um Zeit als physikalische Größe, wie es Masse oder Kraft oder Länge sind, ja sogar um eine physikalische Grundgröße, wie man am System der Maßeinheiten sieht: kg-m-s.

4.2 Die Zeit als Gegenstand von Diskussion

4.2.1 Zeit und Raum bei Newton und Leibniz und die Einordnung der Betome

4.2.1.1 Zeit und Raum bei Newton und Leibniz

Schon Newton und Leibniz hatten unterschiedliche Auffassungen von Raum und Zeit. Die historischen Gegebenheiten und die Ansichten über Raum und Zeit von Newton und Leibniz sind ausführlich in /1.-4/ beschrieben. Hier ein Zitat von Seite 231: „In Newtons Physik liegen Raum und Zeit allen Dingen und Ereignissen zugrunde. Alles ist eingebettet in ein festes Raum- und Zeitgefüge. Insbesondere kann es leere Räume zwischen den Partikeln geben, durch die sie sich bewegen. Raum und Zeit sind für Newton etwas Eigenständiges. Seine „absolute Zeit“ existiert unabhängig von unseren sinnlichen Erfahrungen.

Im Unterschied dazu versteht Leibniz Raum und Zeit vom erkennenden Subjekt her und sieht in ihnen keine Entitäten für sich, sondern „Gedankendinge“.

Ebenda auf Seite 232: „Auch Leibniz hält Zeit für ein Konstrukt unseres Geistes.“

4.2.1.2 Zeit und Raum und Betome

Bemerkenswert ist die Übereinstimmung der „leeren Räumen zwischen den Partikeln“ bei Newton und den leeren Räumen zwischen den Betomen. Bemerkenswert ist weiterhin die Übereinstimmung zwischen der Einordnung der Zeit als „Gedankending“ beziehungsweise als „Konstrukt des Geistes“ durch Leibniz und der Einordnung der Zeit bei den Betomen („menschliche Gefühlsgröße“) und in den hier vorliegenden Ausführungen weiter unten im Punkt über Zeit und Evolution.

Was spricht dagegen, den Raum mit Newton zu beschreiben und die Zeit mit Leibniz?

Für die Beschreibung der Natur mittels der Betome wurde die Zeit nicht als physikalische Größe angesehen.

4.2.2 Gelungene Verbindung von absoluter Zeit und relativer Zeit

Nach /4.2.2-1/ ist die Zeit in der Schrödinger-Gleichung gleichsam absolut: „So setzt die Schrödinger-Gleichung gleichsam eine absolute Zeit voraus und steht damit im Widerspruch zur Speziellen Relativitätstheorie, der zufolge raumzeitliche Abstände stets vom Bezugssystem abhängen.“ Den Widerspruch bereinigte Dirac mit seiner Gleichung /ebenda/: „Sie verbindet die berühmte Schrödinger-Gleichung der Quantenmechanik mit der Speziellen Relativitätstheorie Albert Einsteins.“ Trotz dieser gelungenen Verbindung von absoluter und relativer Zeit ist der physikalische Sinn von „Zeit“ auch heute noch in der Diskussion.

4.2.3 Die Zeit ist heute noch Gegenstand von Diskussionen

4.2.3.1 Zitat ohne Kommentar

Im Editorial /4.2.3.1-1/ steht: „Selbst den begnadetsten Wissenschaftlern aber ist es bis heute nicht möglich, genau zu erklären, was Zeit im physikalischen Sinn ist. Seit Albert Einstein seine

Relativitätstheorie veröffentlicht hat, wissen sie zwar, dass Raum, Zeit und Materie miteinander verbunden sind. Und die Wissenschaft hat erkannt, dass Zeit relativ ist und unterschiedlich schnell vergehen kann und dass etwa die Anziehungskraft eines riesigen Himmelskörpers die Zeit verlangsamt. Doch letztlich bleibt das Phänomen rätselhaft-und es gibt sogar Physiker, die die Zeit überhaupt für eine Illusion des menschlichen Geistes halten.“

4.2.3.2 Craig Callender: Ist Zeit eine Illusion?

Hier ein Beispiel für die Diskussion: Craig Callender schreibt in /4.2.3.2-1/ unter der Überschrift „Ist Zeit eine Illusion?“ einen Artikel. Über die Ausführungen in diesem Artikel schreibt Joachim Schulz in /4.2.3.2-2/: “Das mündet dann in der Feststellung, dass es die Zeit eventuell gar nicht gibt, dass sie also eine Illusion ist.“ An weiterer Stelle: „Zeit ist, so Callender, vielleicht ebenfalls nur ein nützliches Mittel um Abläufe miteinander zu vergleichen.“

In beiden Artikeln geht es auch um die Allgemeine Relativitätstheorie.

Schulz schließt dann:“Zeit gibt es in den tatsächlichen, messbaren Abläufen in der Natur und sie ist Gegenstand der Physik. Vielleicht ist sie nicht so fundamental wie wir glauben. Vielleicht wird sie sich in einer zukünftigen Theorie aus etwas anderem ableiten lassen. Aber deshalb ist sie noch lange keine Illusion.“

4.2.3.3 Zeit und Quantenphysik

Dass die „Zeit“ auch heute noch einer Klärung ihres Wesens bedarf, geht aus folgendem hervor. Dazu ein Zitat aus /4.2.3.3-1/, nach einigen Aussagen zur Relativitätstheorie schreibt de Padova: „Völlig offen bleibt jedoch, wie ein relationales Verständnis von Zeit mit der anderen großen modernen Theorie, der Quantenphysik, in Einklang gebracht werden könnte. Auf den ersten Blick ist das Ergebnis ernüchternd: Anders als die Relativitätstheorie setzt die Quantenphysik die newtonsche externe, „absolute Zeit“ voraus. Die beiden grundlegenden Theorien des 20. und 21. Jahrhunderts unterscheiden sich hinsichtlich des dahinterliegenden Verständnisses von Zeit so voneinander wie die leibnizsche von der newtonschen Perspektive. Alle Versuche, sie in einer Quantengravitationstheorie miteinander zu verbinden, sind bisher gescheitert. Und es ist schwer vorstellbar, dass dies ohne eine vorherige Klärung des Zeitbegriffs gelingen kann. Die Aufarbeitung der Leibniz-Clarke-Kontroverse als physikalische Grundlagendebatte steht immer noch aus.“

Dazu erklärend noch eine Aussage ebenda auf S.287, danach „wehrt sich Leibniz in seiner Kontoverse mit Newtons Stellvertreter Clarke gegen eine Verdinglichung von Raum und Zeit“.

Während über das Wesen von „Zeit“ im physikalischen Sinn noch diskutiert wird, kenne ich solche Diskussionen über Länge und Masse nicht (wenn man von der Vorstellung über Masse in /1.-2/ absieht).

Die Klärung des Zeitbegriffs soll in den nächsten Kapiteln erfolgen.

5. Zeit und räumliche Konstellation von Dingen

5.1 Beispiele

Grundlage der Zeit ist immer ein Vergleich zweier räumlicher Konstellationen von materiellen Dingen. Das wird an drei Beispielen erläutert.

Beispiel 1:

Im Meer treffen sich ein Wal und ein Heringsschwarm (kein Witz). Sie schwimmen weiter ihre Wege und treffen sich wieder.

Behauptung: Das Verhältnis der beiden Weglängen ist eine Geschwindigkeit.

Alle stutzen.

Die beiden Weglängen werden in Meter (m) gemessen. Das Verhältnis der beiden Weglängen ergibt m/m. Bei einer Geschwindigkeit müsste das Verhältnis m/s ergeben. Schlussfolgerung: Die Behauptung ist falsch.

Zum Wal und zum Heringsschwarm wird nun noch ein Lichtsignal hinzugenommen. Das Licht möge in einem Vakuumrohr mit Spiegel laufen und eine spezielle Cs-Strahlung sein, wozu eine bestimmte Wellenlänge gehört. Nach Durcheilen ihrer Wegstrecken treffen sich alle drei Teilnehmer wieder. Der Wal hat eine Weglänge vorzuweisen, das Licht hat eine Weglänge vom 9 192 631 770-fachen seiner Wellenlänge vorzuweisen und der Heringsschwarm hat eine andere Weglänge zurückgelegt. Kein aus den Weglängen gebildetes Verhältnis ist eine Geschwindigkeit, es gibt nur [m/m]. Die Behauptung, das Verhältnis von Wal-Weglänge zu Licht-Weglänge sei eine Geschwindigkeit, ist hier ebenso falsch, wie bereits oben auch festgestellt war.

Nun ist aber obige Licht-Weglänge das Maß für eine Sekunde. Das Verhältnis Wal-Weglänge zu eine Sekunde ist eindeutig eine Geschwindigkeit. So wird Weg zu Zeit.

Beispiel 2:

Eine Menschengruppe will wandern, einen Tag und eine Nacht. Sie stehen am Äquator unter einem Baum im Schatten, denn die Sonne hat ihren höchsten Stand. Sie vereinbaren, am nächsten Tag wieder bei höchstem Sonnenstand am Baum zu sein. So ist es dann auch.

Bei der Betrachtung der zurückgelegten Wege seien die Wege unserer Galaxie, unseres Sonnensystems und auch der Erde um die Sonne zur Vereinfachung nicht berücksichtigt, nur die Drehung der Erde einmal um sich selbst.

Die zurückgelegten Weglängen sind also einmal der Äquatorumfang für die Erde (Baum als Markierung). Zum anderen für die Menschengruppe eine Strecke, die sich aus ihrem Mitdrehen mit der Erde und ihrer selbst gegangenen Strecke bestimmen lässt.

Bilden wir nun das Verhältnis der Wege von Baum und Menschengruppe. Das ist eindeutig keine Geschwindigkeit. Das umgekehrte Verhältnis, nämlich Menschenweg zu Äquatorumfang, ist auch (noch) keine Geschwindigkeit. Zu behaupten, es sei eine Geschwindigkeit, ist falsch.

Wenn wir den Weg des Baumes, also den Äquatorumfang aber als eine Zeit von 24 Stunden definieren, so erhalten wir eine Geschwindigkeit, nämlich Weg durch Zeit. Wir haben dabei die räumliche Veränderung des Baumes zu einer „Zeit“ gemacht.

In diesem Beispiel entspricht die Erde (Markierung Baum) mit ihrer Drehung dem Weg des Wals. Die Menschen entsprechen dem Heringsschwarm. Der Treffpunkt ist hier durch die Lage zur Sonne gekennzeichnet (höchster Sonnenstand am Baum). Das Licht ist hier nicht im Beispiel.

Beispiel 3:

Ein Schauspiel wird aufgeführt. Es wird auch als 3D-Film aufgenommen. Die räumlichen Konstellationen der Schauspieler zu den Kulissen sind natürlich auf der Bühne und im Film die gleichen.

Bei der Wiedergabe des Films macht die Technik nun aber leider eine „Zeitlupe“ daraus. Uns kommen die Bewegungen als „langsam“ vor. An der räumlichen Konstellation der Schauspieler zu den Kulissen hat sich aber nichts geändert.

Aus der räumlichen Konstellation der Schauspieler zu den Kulissen im Film lässt sich keine Zeit mehr rekonstruieren.

Nun sei die Erde die Schauspielerin vor den Kulissen Sonne und Sterne.

Aus der räumlichen Konstellation der sich drehenden Schauspielerin Erde zu den Kulissen bestehend aus Sonne und Sternen lässt sich ebenfalls keine Zeit ableiten. Ist es Zeitlupe oder Zeitraffer?

Bei der Zeit geht es also immer um den Vergleich von räumlichen Konstellationen der Dinge.

5.2 Zeit und Erinnerung

Der Begriff Zeit hängt eng mit „vorher“ und „nachher“ zusammen, also mit der räumlichen Konstellation von Materie (Dingen) und mit der Erinnerung daran.

Vergangenheit ist die Konstellation aller Atome, wie sie als Erinnerung gespeichert ist (Wo war Karl der Große als sein Feind ein Glas Wein trank?). Zukunft ist die Konstellation aller Atome, wie sie sich nach den physikalischen Gesetzen für jedes Atom entwickeln wird (Determinismus). Wenn alles am gleichen Ort bleibt, gibt es kein Vorher und Nachher. Ändert sich die Konstellation nicht, bleibt die Zeit stehen. Manchmal bleibt sogar eine Uhr stehen.

Erinnerung ist die Basis für Zeit, Erinnerung an zwei räumliche Konstellationen: Pendel links und Pendel rechts. Erinnerung ist aber nicht materiell.

5.3 Zeitmessung ist Vergleich von räumlichen Konstellationen

Es wurde schon früh versucht, die Zeit zu messen. Herausgekommen sind immer nur Vergleiche von räumlichen Konstellationen (Bei einer Sanduhr: „Aller Sand unten“, oder bei der Schwingung einer Pendeluhr: „Pendel links, Pendel rechts“ und bei einer Atomuhr: „Punkt eines elektrischen Feldes wieder am Ausgangspunkt“).

Der Vergleich einer räumlichen Konstellation mit einer anderen ist keine physikalische Grundgröße wie Länge und Raum. Der Vergleich ist aber ein Maß für „Zeit“.

Es gibt auch eine chemische Uhr der Lebewesen. Selbst die innere Uhr der höheren Lebewesen beruht auf periodischen chemischen Reaktionen in den Zellen. Letztlich ist das auch nur eine andere räumliche Konstellation der elektrischen Felder der Moleküle in den Zellen.

Auch die Pflanzen haben eine Uhr. Sie sagt aber erst nach einer bestimmten Anzahl von Grad-Tagen „Tick“, was z.B. „Austrieb“ bedeutet.

Um die Zeitmessung zählbar zu machen, wurden periodische räumliche Änderungen gewählt. Das Umdrehen der Sanduhr führte über die Anzahl der Pendelschwingungen bis zur Zählung von Cs-Schwingungen bei der Atomuhr.

5.4 Räumliche Konstellation und Zeitstillstand

Zwei Bausteine stehen still nebeneinander. Steht für sie auch die Zeit still?

Ein Beispiel für den Zusammenhang von räumlicher Konstellation, Erinnerung und Zeit:

Jemand (A) und jemand (B) sitzen an einem Gartentisch und schauen sich Kaleidoskope an, drei an der Zahl und sogar elektrisch angetrieben. Schön anzusehen ändern sich die räumlichen Konstellationen der farbig-bunten Glasteilchen in den Geräten. Die Wolken ziehen an der Sonne vorbei und unterschiedliche Vögel zwitschern.

A: „Oh, im ersten ändert sich die räumliche Konstellation nicht mehr, dort ist wohl die Zeit stehen geblieben?“

B: „Nein, da ist bestimmt ein Draht locker. Die Zeit ist nicht stehen geblieben. Das siehst du doch am zweiten Kaleidoskop und an den Wolken, die nach wie vor an der Sonne vorbeiziehen und erkennst es an dem Vogelgezwitscher.“

A: „Oh, im ersten und zweiten ändert sich die räumliche Konstellation nicht mehr, dort ist wohl die Zeit stehen geblieben?“

B: „Nein, da ist bestimmt ein Draht locker. Die Zeit ist nicht stehen geblieben. Das siehst du doch am dritten Kaleidoskop und an den Wolken, die nach wie vor an der Sonne vorbeiziehen und erkennst es an dem Vogelgezwitscher.“

A: „Und warum hast du das zweite Kaleidoskop als Argument weggelassen?“

Denkpause

Ein Argument ist weg, ist das Gegenargument da?

Dies zeigt den engen Zusammenhang der räumlichen Konstellation von Dingen mit der Erinnerung und der Zeit. Die Entwicklung dieses Zusammenhangs soll im Folgenden geklärt werden.

6. Die Bedeutung der räumlichen Konstellation von Dingen aus Sicht der Evolution

Das Ziel dieses Abschnittes ist, die **Erinnerung an räumliche Konstellation von Dingen als Ursache für das Zeitempfinden darzustellen. Am Ende soll sich die Schlussfolgerung ergeben: Zeit ist ein Produkt der Evolution (wie Gefühl).**

Das Empfinden einer Zeit beinhaltet ein „Vorher“ und ein „Nachher“. Damit setzt es aber auch eine Erinnerung voraus, eine Erinnerung an die räumliche Konstellation von Dingen.

Wie und warum hat sich die Erinnerung an räumliche Konstellationen im Verlauf der Evolution herausgebildet?

Eine räumliche Erfassung ihrer Umgebung ist schon für einfache Lebewesen von Bedeutung und führt zu Selektion. So wachsen und vermehren sich Bakterien mittels chemischer Orientierung entlang eines Nährstoffweges. Sie wachsen nicht in die Luft, wie es Bäume tun. Insekten bewegen sich aktiv. Aktive Bewegung führt mit chemischer Orientierung zu mehr Nährstoffen. Insekten orientieren sich an Duftstoffkonzentrationen, sowohl bei der Nahrungssuche wie bei der Partnersuche. Neben der chemischen Informationsbeschaffung gibt es auch eine mechanische. Das ist das Fühlen.

Die wesentlichste Voraussetzung von räumlicher Ortung war die Entwicklung einer lichtempfindlichen Zelle bis hin zum Auge. In /6.-1/ steht: „Vor drei Milliarden Jahren entwickelten Algen eine Art Auge, ein fotosensitives Eiweißmolekül, das ihnen die optimale Ausrichtung zum Licht ermöglichte. Das wegen seiner rötlichen Färbung Rhodopsin genannte Molekül findet sich in weiterentwickelter Form in der menschlichen Netzhaut, wo es als Bestandteil des Sehpurpurs dafür sorgt, dass wir Helligkeit und Farben präzise wahrnehmen können.“

Die Reichweite für die Informationsbeschaffung durch Licht übertraf die chemische oder mechanische Reichweite der Informationsbeschaffung aus der Umgebung der Lebewesen bei Weitem. Die Bedeutung der räumlichen Konstellation seit vielen Millionen Jahren bis heute ist gut aus folgendem Zitat /6.-2/ zu erkennen, bei dem es um das Kambrium vor etwa 540 Millionen Jahren geht: „Dabei entstanden nach Andrew Parker durch Sehen und Gesehenwerden ausgeprägte Anpassungen in Form von Räuber-Beute-Strukturen. Sehen und Gesehenwerden hatten grundlegenden Einfluss auf die sexuelle Selektion im Tierreich.“

Auch heute kennen wir die Fluchtdistanz von Beutetieren in der afrikanischen Savanne. Mit der Entwicklung der räumlichen Ortung durch das Auge ging einher die Entwicklung der Informationsverarbeitung durch das Gehirn.

Evolutionsmäßig hat sich das Gehirn aus einfachen Nervenzellen entwickelt. Sie können Umweltreize dem Organismus besser vermitteln als andere Zellen. Der Organismus reagiert auf die Reize. Gleiche Reize treten auch wiederholt auf. Der Organismus reagiert wieder. Mit der Herausbildung eines Speichers für den Ablauf des Reagierens wird die Reaktion effizienter, was von Vorteil für den Organismus ist. Ein Beispiel dafür ist die Fluchtdistanz von Beutetieren. Diese Herausbildung eines Speichers kann als „Erinnerungsvermögen“ bezeichnet werden.

Das Auftreten von lichtempfindlichen Zellen (Entwicklungsstufe Algen: Augentierchen) stellt die Grundlage für ein räumliches Orientieren bezüglich auf Licht dar. Ein räumliches Erinnerungsvermögen ist die Folge. Mit der Entwicklung des Auges kann über das räumliche Orientieren hinaus auch ein Bild der Umwelt gespeichert werden, eine räumliche Konstellation von Dingen. Das ist für das Erkennen von Nahrung von großem Vorteil (Entwicklungsstufe Lurche: Frosch, siehe auch Zitat H. Engeln weiter unten). Die nächste Entwicklungsstufe ist das Speichern von mehreren aufeinanderfolgenden Bildern der räumlichen Konstellationen von Dingen (Entwicklungsstufe Reptilien, selbiges Zitat). Damit ist das Verhalten von Beutetieren gespeichert. Die räumliche Konstellation spielt dabei besonders zwischen Räuber und Beute eine lebensentscheidende Rolle, natürlich auch die Erinnerung an solche relevanten Konstellationen. Während für aktiv bewegliche Lebewesen die Information über die räumliche Konstellation von großer Bedeutung ist, spielt sie für Pflanzen kaum eine Rolle. Deshalb haben Bäume auch kein Gehirn. Für sie ist ein Erinnerungsvermögen an die räumliche Konstellation zu einem Löwen bedeutungslos. Ein Erinnerungsvermögen und darauf aufbauend eine Zeitwahrnehmung hat sich nicht entwickelt.

Die Speicherung von räumlichen Konstellationen der Dinge und ihr Vergleich sind also evolutionär. Man kann das auch als Erinnerung bezeichnen. Wie war das?

Bis hier ist die Erinnerung als wesentlicher Vorteil im Laufe der Evolution herausgearbeitet worden. Nun soll der Zusammenhang von Erinnerung und Zeit deutlich werden.

Erfahrungen werden im Gehirn gespeichert. Unwichtige Details werden wieder vergessen. So bildet sich eine gemittelte Erinnerung, z.B. an Raubtierzähne. Die dazugehörige Reaktion wird ebenfalls gespeichert. Das ist Instinkt. In dieser Form werden Erfahrungen vererbt.

Die räumliche Räuber-Beute-Konstellation ist für beide von lebensentscheidender Bedeutung. Sie hat mit der Entwicklung des Gehirns zu „Erinnerung“ geführt.

Die ständige Beobachtung der Umgebung mit Ohr und Auge ist nichts anderes als die Feststellung der räumlichen Konstellation von Dingen. Als Beispiel: Dort befindet sich ein Baum und dort ein gehender Löwe. **Die Erinnerung an Abfolgen dieser räumlichen Konstellation ist das, was wir als Zeit empfinden.** Dieses Erinnerungsvermögen an räumliche Konstellationen der Dinge ist unsere Zeitwahrnehmung. Sie ist evolutionär an die Entwicklung des Gehirns gebunden, eine Entwicklung über Selektionsvorteile. **Zeit hat keine materiellen Eigenschaften, ebenso wie Hass oder Zuneigung.** Die Schlussfolgerung ist: Zeit ist ein Produkt der Evolution.

Das Stattfinden von räumlichen Veränderungen der Materie, ihrer räumlichen Konstellation, auch weit vor biologischer Evolution, ist eine Eigenschaft der Materie. Der Vergleich von solchen Konstellationen mittels Erinnerung ist aber nichts Materielles. Genau dieser Vergleich durch Erinnerung ist: Zeit.

Die Bedeutung der Erinnerung wird klar bei ihrem Wegfall. Dann gibt es nur die Gegenwart und die dauert 0 Sekunden. Die Zukunft ist ohnehin eine Extrapolation der Vergangenheit.

Thomas de Padova /6.-3/ zitiert N. Elias /6.-4/: „Das Wort >Zeit<“, so Elias, „ist ein Symbol für eine Beziehung, die eine Menschengruppe, also eine Gruppe von Lebewesen mit der biologisch gegebenen Fähigkeit zur Erinnerung und zur Synthese, zwischen zwei oder mehreren Geschehensabläufen herstellt, von denen sie einen als Bezugsrahmen oder Maßstab für den oder die anderen standardisiert.“

Wie sehr Zeit und Gehirn zusammenhängen, zeigt die Nacht. Man verschläft die Zeit. Auch wir Menschen laden nach jedem Aufwachen ja das letzte Stück Film in den „Arbeitsspeicher“, wenn wir uns dabei die Frage nach dem Wochentag stellen (falls am Sonntag ausgeschlafen wird). Natürlich gehört zum Speichern auch das Vergessen von unwichtigen Bildern (Löschen von Teilen des Speichers). Tag und Nacht ist vermutlich nur von Tiefseelebewesen mit Augen vergessen worden, von oben lebenden nicht.

Die zwei wesentlichen Fakten zur Bildung des Zeitbegriffes im Zusammenhang mit der Evolution sind die räumliche Konstellation von Räuber und Beute und die Erinnerung mit der Entwicklung des Gehirns.

Der Zusammenhang von „Zeit“ und Evolution ist bisher wenig dargestellt worden. Hier zwei gefundene Quellen:

Die zeitliche Wahrnehmung wird von D. Mehler in /6.-5/ zitiert:

„Dr. Dean Buonomano konnte in verschiedenen Experimenten darlegen, dass zeitliche Wahrnehmung scheinbar nur in den höher entwickelten Bereichen des Gehirns stattfindet, d.h. in der evolutionär gesehen noch sehr jungen Großhirnrinde, dem Cortex.“

H. Engeln schreibt zur Zeitwahrnehmung in /6.-6/:

„Oliver Sacks vermutet, dass sich ein fließendes Bewusstsein und damit die Zeitwahrnehmung zuerst bei den Reptilien entwickelt hat, vor etwa 250 Millionen Jahren. Ein Frosch lebe in einer völlig anderen optischen Welt als wir. Der Lurch folge bewegten Objekten nicht mit den Augen und lasse keine aktive Aufmerksamkeit erkennen. Stattdessen sitzt er offenbar ohne Bewusstseinsstrom da, so Sacks, und nur wenn ein insektenähnliches Objekt in seinem Gesichtsfeld auftaucht, schnell quasi automatisch die Zunge heraus. Erst ein fließendes Bewusstsein - das der Frosch noch nicht hat - erlaubt es, Dinge und Situationen mit den Sinnesorganen wahrzunehmen, sie zu prüfen, im Gedächtnis abzuspeichern und wieder abzurufen.“

So hat sich die vergleichende Erinnerung an die räumliche Konstellation von Dingen entwickelt. Selbstverständlich ändert sich die räumliche Konstellation der Dinge. Man kann diese Tatsache als Zeitverlauf oder Geschichte bezeichnen wie einen Filmtitel. Eine physikalische Größe ist es nicht. Die Zeit ist also ebenso wenig eine physikalische Größe wie es „Gefühl“ oder „Seele“ sind.

Sie ist in unserer Erfahrungswelt natürlich viel tiefer eingepägt als der Weg der Sonne von Osten über uns hinweg nach Westen. Denn die oben genannten 250 Mio. Jahre haben eine weit größere Wirkung im Verständnis der Menschen von der Welt als der Zeitraum der Beobachtung des Sonnenweges durch Menschen. Die 250 Mio. Jahre sind zu sehen im Verhältnis zu dem Zeitraum seit Kopernikus.

Als Schlussfolgerung ergibt sich: Die Zeit ist ein Produkt der Evolution. Sie hat nichts mit Materie zu tun.

Soweit zur Herkunft der Zeit.

Auch an einer technischen Evolution kann das Verständnis der Zeit vertieft werden. Eine Fotozelle oder Silberjodid reagieren auf Licht. Ein Fotoapparat kann ein Bild erzeugen. Ein Camcorder erzeugt eine Bildfolge und speichert sie. Hat man nun zwei Fotos vom stürmischen Meer, so kann man sie nicht immer nach vorher und nachher ordnen. Sind es aber das erste und das letzte Bild einer Filmsequenz des Camcorders, so sehen wir unmittelbar den Zeitverlauf. Hat der Camcorder aber nur zwei ruhende Bausteine aufgenommen, ist zwischen Standbild und Zeitverlauf nicht zu unterscheiden. Die Fotozelle entspricht dem fotosensitiven Eiweißmolekül der Algen, der Fotoapparat entspricht dem Frosch ohne Bewusstseinsstrom und der Camcorder entspricht den Reptilien mit dem fließendem Bewusstsein, wie oben von Oliver Sachs vermutet. So ist wohl in der Evolution von Lebewesen zwischen Lurchen und Reptilien die Zeit „entdeckt“ worden. Oder ist sie mit der Erinnerung an eine andere räumliche Konstellation von ihnen „erfunden“ worden?

Wenn hier die Zeit schon so eng mit der Evolution verbunden wurde, stellt sich die Frage, wie war es vor der Existenz von biologischen Wesen?

Zweifellos gab es Bewegung von Planeten, Kometen, Gasen und Staub im Kosmos. Die Zeit ist auch nicht gebunden an die Drehung eines Planeten oder die Bahn eines anderen Körpers. In einem gasgefüllten Raum bewegen sich die Gasmoleküle auch, können sich drehen und ziehen ihre Bahnen. Es gibt räumliche Konstellationen. Wie wäre für diesen gasgefüllten Raum die Zeit zu definieren, wie wäre sie zu beschreiben und wie zu messen?

7. Zeit ist nichts Materielles

Der Vergleich von räumlicher Konstellation ist eine Beschreibung von Materie. Etwas Materielles ist eine Beschreibung nicht.

Zeit ist eine Beschreibung des Verhaltens von Materie. Etwas Materielles ist sie nicht. Zeit und Materie stehen in der Beziehung wie Software zu Hardware.

Zeit hat keine materiellen Eigenschaften, ebenso wie Gefahr, Angst, Hass, Freude, Zuneigung, und Freundschaft. Das sind alles Produkte der Evolution. Dazu ein Beispiel: Zwei Personen spielen Uhr. Eine spielt die Markierung „12“, die andere geht auf der Kreisbahn als Uhrzeigerspitze. Eine Uhr macht ja auch nichts anderes. Wie mehrfach dargelegt, nehmen wir diese Änderung der räumlichen Konstellation als Zeit wahr, Zeit als eine physikalische Grundgröße. Zwischen den beiden Personen

ändere sich aber auch ihre Freundschaft oder Hass. Das sind keine physikalischen Grundgrößen. Der Vergleich von zwei räumlichen Konstellationen ist ebenso etwas Nichtmaterielles wie der Vergleich von zwei Zuständen der Freundschaft oder der Vergleich von zwei Zuständen von Hass.

Freundschaft hat es nicht als eine messbare Größe bis in die Physik geschafft, die Zeit schon. Newton nahm eine absolute Zeit an und beschrieb damit physikalische Prozesse wie z.B. die Planetenbewegung nach den Kepler-Gesetzen. De Padova /7.-1/ beschreibt den Einzug der Zeit in die Physik so: „Als späte Konsequenz aus der kopernikanischen Wende wird die Zeit in der Wissenschaft zum Parameter universeller Gesetze.“

Hat man ein Maß für „Angst“ festgelegt, wie für die „Zeit“, so kann auf wissenschaftlicher Basis eine Korrelation von „Angst“ mit der Fluchtgeschwindigkeit einer Antilope gefunden werden, ebenso wie von „Zeit“ mit der Planetenbewegung.

Soweit zur Gleichsetzung von „Zeit“ mit „Freude“, „Angst“...

Noch ein Argument für die Nichtmaterialität der Zeit: Die verflossene Zeit ist in einem See angekommen, er wird als Geschichte bezeichnet. Materiell existiert er nicht.

Ein weiterer Gesichtspunkt ist die Wechselwirkung zwischen Messobjekt und Messapparatur. In Wikipedia /7.-2/ steht unter „Quantenmechanische Messung“: „Bei jedem Messprozess gibt es eine physikalische Wechselwirkung zwischen gewissen Eigenschaften des Messobjektes (z.B. Ort, Impuls, magnetisches Moment) und dem Zustand („Zeigerstellung“) der Messapparatur.“ Wie ist das bei der Messung der Zeit? Wirkt die Uhr auf die Zeit zurück? Wohl nicht, denn Zeit beruht nicht auf irgendeiner Wirkung von irgendwelcher Materie.

Bei jeder Messung wird ein materielles Objekt (z.B. Brett) mit einem materiellen Messgerät (z.B. Schublehre) vermessen, nur bei der Zeit nicht. Das Urmeter in Paris ist jedenfalls materiell. Wie sieht eine Sekunde materiell aus? Eine Uhr als Messgerät ist zwar materiell, aber sie misst etwas Nichtmaterielles? Zeit ohne Materie ist wie ein Geist, wie Angst der Beute, wie Strategie des Beutegreifers (Start des Angriffs), auch wie Erinnerung, wie Gefühle zwischen Menschen. Zeit ist also wie Software, und dann Messung durch eine materielle Uhr?

Wie sehr Zeit und räumliche Konstellation zusammenhängen, sieht man an der Definition der Maßeinheit Sekunde. Eine Sekunde ist das n-Fache der Periodendauer einer bestimmten elektromagnetischen Welle. Weil diese Welle eine bestimmte Wellenlänge hat, ist die räumliche Konstellation zwischen dem Startpunkt und dem Endpunkt auch um genau das n-Fache der Wellenlänge auseinander. Genau wie Pendel von links nach rechts.

Zeit als Erinnerung an eine räumliche Konstellation gibt es. Liebe oder Hass zwischen Menschen, oder Angst zwischen Mensch und Raubtier gibt es auch. Aber weder Zeit noch Liebe, Hass oder Angst sind materiell.

Etwas Nichtmaterielles lässt sich ebenso wenig als physikalische Größe gebrauchen wie Gefühl, Zuneigung oder Urlaub. Die Zeitwahrnehmung ist in der Evolution ebenso entstanden wie Gefühl oder Angst.

Fazit: eine materielle Eigenschaft der Zeit fehlt,

8. Schlussfolgerung

8.1 Schlussfolgerung allgemein

Die Zeit ist nichts Materielles. Deshalb kann sie auch keine deterministische (aktive) Funktion in der Physik ausüben, in der es sich immer um materielle Sachen handelt.

Es gibt „Zeit“, „Freude“, „Urlaub“. Als physikalische Größen zum Beschreiben des Makro- und Mikrokosmos sind sie für ursächliche Zusammenhänge nicht zu gebrauchen. Sie verkomplizieren nur (Zeit) oder würden gar stören. Beim Lachen im Urlaub stört die Armbanduhr (Zeit) nicht. Im Alltag sind die Armband- und die Atomuhr oder das Fallgesetz von Newton weiterhin nützlich.

Wenn also die Zeit der Vereinheitlichung der Theorien im Wege zu sein scheint, und aus der Evolution heraus eine materielle Wirkung der Zeit auszuschließen ist, kann eine Vereinheitlichung der Theorien ohne Zeit gelingen.

Zeit ist der Vergleich mindestens zweier räumlicher Konstellationen von Dingen mittels Erinnerung.

8.2 Schlussfolgerung bezüglich Betome

Mit der Lichtgeschwindigkeit lässt sich für Photonen die Zeit in eine Wegstrecke, also in einen Abstand, umrechnen. Bei den Betomen wird die Zeit mittels der Naturkonstante „Lichtgeschwindigkeit“ in einen Abstand transformiert. Betome können deshalb die Grundlage sein für die angestrebte einheitliche Theorie.

9. Anmerkungen

Anmerkung 1:

Dass für Einstein die Zeit an jedem Ort entsprechend den wirkenden Massen anders verläuft, sei hier noch nicht einmal als Argument gegen einen physikalischen Sinn der Zeit genommen, sondern nur als Argument gegen „die eine Zeit“.

10. Literaturverzeichnis

/1.-1/ der Autor, „Die Entdeckung des Zusammenhangs zwischen Weltraum und Elektron-die Reduzierung aller Atome und Elementarteilchen auf nur einen Grundbaustein“; Punkt 3: Orientierende Vorbemerkungen zur Hypothese, 2003, <http://www.imrich-bartosch.homepage.t-online.de>;
Abrufdatum 05.06.2016

/1.-2/ der Autor, „Die Entdeckung des Zusammenhangs zwischen der 3°K-Strahlung des Weltraums und der Masse des Elektrons“, Punkt 3.1: Vorstellungen zur Zeit, 2010, <http://www.imrich-bartosch.homepage.t-online.de>; Abrufdatum 05.06.2016

- /1.-3/ der Autor, "Die Entdeckung des Zusammenhangs zwischen der 3°K-Strahlung des Weltraums und der Masse des Elektrons". Punkt 3.12: Relativitätstheorie und Teilchen, 2010, <http://www.imrich-bartosch.homepage.t-online.de>; Abrufdatum 05.06.2016
- /1.-4/ /Thomas de Padova, „Leibniz, Newton und die Erfindung der Zeit“, Piper Verlag GmbH, München 2013,
- /1.-5/ R. Breuer, „Zeitlose Fragen und die Illusion der Zeit“, Editorial, Spektrum der Wissenschaft, Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Okt.2010 S.3
- /1.-6/ Craig Callender „Ist Zeit eine Illusion?“, Spektrum der Wissenschaft, Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Okt.2010 S.34
- /2.-1/ Markus Pössel, „Das Einstein-Fenster Eine Reise in die Raumzeit“, Hoffmann und Campe Verlag, Hamburg, 2005, S.145
- /3.-1/ der Autor, "Die Entdeckung des Zusammenhangs zwischen der 3°K-Strahlung des Weltraums und der Masse des Elektrons" S. 56, Halle (Saale), Dez. 2010, nicht veröffentlicht
- /4.2.2-1/ Rüdiger Vaas, „Vom Gottesteilchen zur Weltformel“, Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG, Stuttgart, S.176
- /4.2.3.1-1/ H. Engeln u. M. Schaper „Editorial“, Gruner+Jahr AG & Co KG, Hamburg, GEO kompakt, Nr. 27 S. 3
- /4.2.3.2-1/ Craig Callender „Ist Zeit eine Illusion?“, Spektrum der Wissenschaft, Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Okt.2010 S.33
- /4.2.3.3-1/ Thomas de Padova, „Leibniz, Newton und die Erfindung der Zeit“, Piper Verlag GmbH, München 2013, S. 315
- /4.2.3.2-2/ Joachim Schulz, „Zeit ist keine Illusion“, 26.September 2010, <http://www.scilog.de/quantenwelt/Zeit-ist-keine-illusion>, Abrufdatum: 05.06.2016
- /6.-1/ Silvia von der Weiden, „Licht steuert Muskeln“, VDI nachrichten, 17. Juli 2015, Nr.29/30, S.18
- /6.-2/ www.Wikipedia.de: „Augen-Evolution“, „Das Auge im Tierreich“, Abrufdatum:05.06.2016
- /6.-3/ Thomas de Padova, „Leibniz, Newton und die Erfindung der Zeit“, Piper Verlag GmbH, München 2013, S.306
- /6.-4/ Elias, N. "Über die Zeit", Frankfurt am Main,1988, S. 12f.
- /6.-5/ David Mehler/8Kommentare/8.März 2010; www.blog.zdf.de/nano/2010/03/08-sein-von-zeit
- /6.-6/ H. Engeln „Der Film im Kopf“, Gruner+Jahr AG & Co KG, Hamburg, GEO kompakt Nr. 27, 20.Mai 2011 S. 71
- /7.-1/ Thomas de Padova, „Leibniz, Newton und die Erfindung der Zeit“, Piper Verlag GmbH, München 2013, S 204
- /7.-2/ www.Wikipedia.de: „Quantenmechanische Messung“, Abrufdatum: 07.06.2016