

The background of the slide is a vibrant cosmic scene. It features a deep blue and purple nebula on the left, a bright yellow and orange starburst in the center, and a portion of the Earth's horizon on the right. A small satellite or space station is visible in the upper center. The entire scene is overlaid with a complex network of white and blue lines, suggesting a spacetime grid or light paths.

DIRK KUNTSCHE

DIE ABSOLUTE ZEIT & GESCHWINDIGKEIT

als Teil der speziellen Relativitätstheorie
und die Theorie der unterschiedlichen
Lichtgeschwindigkeiten

Die absolute Zeit und Geschwindigkeit als Teil der speziellen Relativitätstheorie und die Theorie der unterschiedlichen Lichtgeschwindigkeiten

Die gemessene Lichtgeschwindigkeit ist konstant. Doch ist die Lichtgeschwindigkeit tatsächlich stets gleich? Weshalb ist die Zeit, die auf Basis der Taktfrequenz von Atomuhren und damit der Flugdauer des Lichts gemessen wird, relativ und absolut? Auf anschauliche Weise verfolgen wir den Weg eines Lichtblitzes entlang eines Stabs, der sich im Raum bewegt, gehen der Frage nach, weshalb ein Lichtblitz stets die gleiche gemessene Flugzeit entlang des Stabs benötigt, obwohl seine Flugstrecke unterschiedlich ist, und finden eine Erklärung, weshalb im berühmten Michelson-Morley-Experiment die Lichtphotonen unabhängig von der Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit der Erde im Raum die gleiche Flugzeit benötigen. Und muss sich ein Masskörper tatsächlich in Bewegungsrichtung abflachen, um das Ergebnis des Michelson-Morley-Experiments zu erklären?

Das Buch richtet sich an die naturwissenschaftlich interessierten Leserinnen und Leser mit räumlicher Vorstellungskraft. Sie sollten Freude an Mathematik und am Eintauchen in die Welt des Lichts und des Universums haben.

Dirk Kuntschke

Die absolute Zeit und Geschwindigkeit als Teil der
speziellen Relativitätstheorie und die Theorie der
unterschiedlichen Lichtgeschwindigkeiten

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über dnb.dnb.de abrufbar.

Die automatisierte Analyse des Werkes, um daraus Informationen insbesondere über Muster, Trends und Korrelationen gemäß §44b UrhG („Text und Data Mining“) zu gewinnen, ist untersagt.

© 2026 Dirk Kuntschke

Herstellung und Verlag:

BoD · [Books on Demand GmbH](#), Überseering 33, 22297 Hamburg

ISBN: 978-3-6963-3066-8

Für Simone, Undine, Thomas, Friederike und Luise

Dirk Kuntschke ist promovierter Chemiker aus dem Bereich der physikalischen Chemie, der die räumliche Vorstellung der Chemie mit der Klarheit der Mathematik und Physik verbindet, und der sich intensiv mit offenen Fragestellungen in Zusammenhang mit der Interpretation der speziellen Relativitätstheorie auseinandergesetzt hat.

Kontakt: book-absolutetime@email.de

Inhaltsverzeichnis

1	Zeit- und Raumvorstellung	13
2	Atomuhren und die Messung der Zeit.....	17
3	Hypothetische Messung der „kürzesten“ Sekunde	22
4	Zeitdauer und relative Geschwindigkeit.....	25
5	Auswirkung auf mechanische, chemische und biologische Prozesse	26
6	Theorie der Zeitdilatation.....	30
7	Berechnung der gemessenen Zeit	32
8	Definition der gemessenen Sekunde und des gemessenen Meters	35
9	Absolute Zeit.....	36
10	Gleichbleibender Abstand zwischen den Massepunkten.....	38
11	Flugstrecke des Lichtblitzes für den Hin- und Rückflug.....	39
12	Gemessene stets gleiche Lichtgeschwindigkeit.....	40

13	Schiff, Meereswellen und Atomuhr.....	41
14	Unterschiedliche gemessene Zeiten auf der Erdoberfläche	45
15	Relative Geschwindigkeit in rotierenden Systemen.....	47
16	Unterschiedliche absolute Geschwindigkeiten während der Umrundung eines Planeten.....	53
17	Zeitverschiebung in rotierenden Systemen.....	58
18	Darstellung der Bewegung der rotierenden Körper	68
19	Hafele-Keating-Experiment	73
20	Atomuhr kann „langsamer“ oder „schneller“ gehen	77
21	Unterschiedliche absolute Geschwindigkeiten bei Auseinanderdriften von Körpern	81
22	Einfluss der Gravitation und der absoluten Geschwindigkeit auf die gemessene Zeit	85
23	Flugdauer des Lichtphotons entlang eines bewegten Stabs	86
24	Anzahl der am Zielpunkt eintreffenden Lichtwellen	93
25	Zweiwegmessung der Lichtgeschwindigkeit	97
26	Geschwindigkeit von Massekörpern	99
26.1	Relative Geschwindigkeit von Massekörpern	99
26.2	Einfluss der zugrunde gelegten Strecke auf die relative Geschwindigkeit.....	105

26.3	Absolute Geschwindigkeit von Massekörpern	108
27	Lichtgeschwindigkeit	109
27.1	Gesetz der Addition von Geschwindigkeiten.....	109
27.2	Seitwärtsbewegung des Lichts	111
27.3	Betrachtungen zur Bewegung des Lichts zwischen zwei bewegten Massepunkten.....	117
27.4	Vergleichbarkeit der gemessenen Geschwindigkeiten eines 100-m-Läufers.....	120
27.5	Bewegung des Lichts entlang eines Stabs	122
27.6	Flugstrecke des Lichts.....	125
28	Theorie der Lorentz-Kontraktion.....	128
28.1	Veranschaulichung und Unzulänglichkeit der Theorie	128
28.2	Lichtspeer und Theorie der Lorentz-Kontraktion	138
29	Berechnung der absoluten Zeit	143
29.1	Berechnung der absoluten Zeit aus den gemessenen Zeiten und dem Abstand.....	143
29.2	Berechnung der absoluten Zeit im rotierenden System	147
29.3	Absolute Zeit und Anzahl der Schwingungen.....	152
30	Lichtgeschwindigkeit	155

30.1	Gemessene und tatsächliche Lichtgeschwindigkeit	155
30.2	Messung der gleichen Lichtgeschwindigkeit anhand eines Beispiels.....	158
30.3	Theorie der unterschiedlichen Lichtgeschwindigkeiten.....	159
31	Flugstrecke aus Sicht des mitfliegenden und außenstehenden Beobachters.....	162
32	Berechnung der Flugzeit des Lichts	169
32.1	Berechnung der Zeit, die das Licht für den Hinweg benötigt.....	169
32.2	Ermittlung der Zeit, die das Licht für den Rückweg benötigt	175
32.3	Ermittlung der Zeit, die das Licht für den Hin- und Rückweg benötigt	184
33	Seitwärtsbewegung des Lichtblitzes.....	189
33.1	Flugstrecke des Lichtblitzes bei Seitwärtsbewegung	189
33.2	Vergleich von Kugel, Pfeil und Lichtphotonen.....	194
33.3	Gleiche Zeit für den Hin- und Rückflug nach der Zeitdilationsgleichung	199
33.4	Zeitgleiches Zusammentreffen der Lichtblitze nach Reflexion	201
34	Mögliche Flugrichtungen und Flugstrecken des Lichtblitzes und der Massepunkte	208
34.1	Mögliche Flugrichtung der Massepunkte in Bezug auf die Abstandsachse	208
34.2	Flugstrecken der Massepunkte und des Lichtblitzes.....	211

34.3	Veranschaulichung der unterschiedlichen Flugstrecken des Lichts	217
34.4	Verhältnis der Flugstrecken der Massepunkte und des Lichtblitzes	223
35	Flugzeit des Lichtblitzes zwischen zwei bewegten Punkten.....	229
35.1	Flugzeit des Lichtblitzes bei dem Winkel $\alpha = 90^\circ$ oder $\alpha = 270^\circ$	229
35.2	Flugstrecken und Flugzeiten des Lichtblitzes bei den Winkeln $\alpha \neq 90^\circ \neq 270^\circ$	232
35.3	Unabhängigkeit der Flugzeit des Lichtblitzes für den Hin- und Rückflug vom Winkel α	241
35.4	Berechnung der tatsächlichen Lichtgeschwindigkeit	244
35.5	Einflussfaktoren auf die tatsächliche Lichtgeschwindigkeit c_x	249
35.6	Gleiche Flugzeit und Lichtgeschwindigkeit für vier Winkel α	252
35.7	Vektorendarstellung der Flugstrecke des Lichtblitzes.....	254
35.8	Gleicher Ein- und Ausfallswinkel γ	257
35.9	Tatsächliche und gemessene Lichtgeschwindigkeit	261
36	Relative Lichtgeschwindigkeit.....	263
37	Frequenz, Wellenlänge, Energie und Impuls	267
38	Experimentelle Bestätigung.....	270
38.1	Interferenz der Lichtwellen	270

38.2	Messung der Phasenverschiebung	280
38.3	Michelson-Morley-Experiment.....	287
38.4	Sagnac-Experiment.....	292
39	Schlussbetrachtungen	294

1 Zeit- und Raumvorstellung

Die Zeit ist für viele Menschen ein Phänomen und ein Mysterium. Da die Menschen aufgrund ihrer Erfahrungen davon ausgehen, dass alles entsteht und vergeht und alles Wahrnehmbare einen Beginn und ein Ende hat, ist es schwer begreifbar, dass die Zeit unendlich sein soll.

Der deutsche Philosoph Immanuel Kant formulierte in seinem 1781 veröffentlichten Buch „Kritik der reinen Vernunft“ vier Antinomien, von denen sich eine Antinomie mit der Zeit und dem Raum befasst.

In der These der von ihm formulierten ersten der vier Antinomien heißt es:

Die Welt hat einen Anfang
in der Zeit
und ist dem Raum nach auch
in Grenzen eingeschlossen.

Dieser These steht die nachfolgende Antithese gegenüber:

Die Welt hat keinen Anfang
und keine Grenzen im Raume,

sondern ist sowohl in Ansehung der Zeit
als des Raumes unendlich.

Der Antithese zuzustimmen, überschreitet die Vorstellungskraft der meisten Menschen.

Nach Kant entspringen die Zeit und der Raum der Vorstellung des Menschen. Sie würden keine empirischen Begriffe sein, die durch Beobachtung oder Erfahrung gewonnen werden können. Sie könnten nicht durch die Sinne der Menschen erfasst werden. Sie würden daher objektiv nicht real sein. Sie würden auch nicht den „Dingen“ „anhängen“, sondern nur dem Menschen, welcher sie „anschaut“. Die Zeit und der Raum würden daher tatsächlich nicht existieren. Somit gäbe es auch keinen Anfang und kein Ende der Zeit.

Nach Kant sind jedoch die Zeit und der Raum die subjektive Bedingung unserer „Anschauungen“, die „äußeren Erscheinungen“ zu bestimmen.

Die Zusammenhänge der „Gegenstände“ zueinander könnten nur in ihrem Verhältnis vom „nebeneinander“ (Raum) und „nacheinander“ (Zeit) erklärt werden. Nur in der Auffassung der „Getrenntheit“ der „Dinge“ in Raum und Zeit sind die „Dinge“ überhaupt erfassbar. „Raum“ und „Zeit“ sind „Anschauungen“ der Menschen, die die „Dinge“ quantitativ als getrennte Dinge erfassen, d.h. ohne Bestimmung der Qualität der Dinge. Die Qualität beschreibt den „Charakter“ und die „Beschaffenheit“ der Dinge wie beispielsweise die Masse, die Energie und die stoffliche Zusammensetzung.

Die Naturwissenschaft geht davon aus, dass alles Wahrnehmbare existent ist. Das Wahrnehmbare sind die Masseobjekte und Erscheinungsformen der Energie wie beispielsweise die Wärme, die Gravitationswellen, die elektromagnetische Strahlung oder das Licht. Wahrnehmbar sind die Masseobjekte und die Erscheinungsformen der Energie dann, wenn wir sie unmittelbar mit unseren Sinnen erkennen oder mittelbar mit Messinstrumenten messen können.

Die Messergebnisse werden mit mathematischen Gleichungen beschrieben, deren Variablen die physikalischen Größen wie beispielsweise die Masse, die Größe und das Volumen eines Körpers, die Geschwindigkeit und auch die Zeit sind. Physikalische Größen lassen sich quantitativ bestimmen.

Der Anspruch in der Physik besteht darin, physikalische Größen in mathematischen Gleichungen zu beschreiben, mit denen die physikalischen Größen quantitativ genau bestimmt werden können und die alle Variablen enthalten sollten, von denen die physikalischen Größen abhängig sein können. Würden Variablen fehlen, wäre die mathematische Gleichung unvollständig.

Es stellt sich die Frage, ob die Zeit objektiv „real“ und tatsächlich existent ist oder nur der Vorstellung des Menschen entspringt.

Würde man es als wahr ansehen, dass nur physikalische Größen existieren, die sinnlich wahrgenommen oder gemessen werden können, würde die Zeit dann objektiv existent sein, wenn wir diese durch unsere Sinne wahrnehmen könnten oder wir die Zeit unmittelbar messen könnten.

Die Antwort auf die Frage, ob die Zeit objektiv „real“ ist oder nicht, könnte unterschiedlich ausfallen.

Die einen könnten antworten, dass die Zeit nicht objektiv „real“ ist und nur in unserer Vorstellung existiert, da die Zeit nicht durch unsere Sinne wahrgenommen werden kann. Sie könnten die Zeit u.a. nicht sehen, hören oder fühlen.

Sie könnten anführen, dass die Zeit nicht direkt selbst gemessen werden kann, sondern lediglich die Anzahl von regelmäßig auftretenden Ereignissen wie das Ticken einer Uhr oder das Ausschlagen eines Pendels.

Die anderen könnten antworten, dass die Zeit objektiv „real“ ist, da sie die Zeit „spüren“ könnten. Sie könnten auf ihren „inneren Kompass“ verweisen. So könnten sie anführen, dass sie beispielsweise auch ohne Wecker zu einem bestimmten Zeitpunkt aus dem Schlaf erwachen. Zudem könnten sie darauf verweisen, dass die Zeit mit einer Uhr ebenso wie das Gewicht eines Gegenstands mit einer Waage als normierte physikalische Größe gemessen werden kann.

Auch die Überlegungen von Kant scheinen in dieser Frage ambivalent zu sein. So „existiere“ die Zeit zwar nicht objektiv. Sie sei jedoch die subjektive Bedingung dafür, die „äußeren Erscheinungen“ zu bestimmen. So ist

beispielsweise der Begriff der Bewegung und damit die Geschwindigkeit nach Kant nur „durch und in der Zeit“ möglich.

Unabhängig von der Beantwortung der Frage, ob die Zeit objektiv „real“ ist oder nicht, ermöglicht uns die Zeitmessung, die Geschwindigkeit von energetischen Veränderungen und die Dauer von Ereignissen miteinander vergleichen zu können.

Es besteht wie bei allen physikalischen Größen der Anspruch darin, die Zeit durch eine mathematische Gleichung genau quantitativ zu bestimmen. Diese mathematische Gleichung sollte alle oder „weitestgehend“ alle wesentlichen Variablen enthalten, von denen die Zeit abhängig ist.

2 Atomuhren und die Messung der Zeit

Um eine stets gleiche gemessene Zeiteinheit zu definieren, wird eine stets gleiche Zeitspanne zwischen zwei regelmäßig wiederkehrenden Ereignissen gemessen z.B. die Zeit zwischen den Ausschlägen des Pendels einer Wanduhr, der tickenden Fortbewegung eines Zeigers einer Uhr oder zwischen zwei Herzschlägen eines Menschen.

Die Zeitspanne umfasst dabei stets den Beginn und das Ende eines Zustands oder zwischen zwei Veränderungen.

Um die Dauer der Veränderungen von physikalischen Größen und von Ereignissen miteinander zu vergleichen, muss die Zeitspanne normiert werden. So können beispielsweise Ereignisse gezählt werden und wenn diese regelmäßig auftreten, kann festgelegt werden, dass nach dem Auftreten einer bestimmten Anzahl von Ereignissen eine bestimmte Zeitspanne oder Zeiteinheit wie z.B. eine Sekunde vergangen ist. Es müssen demnach Ereignisse gefunden werden, die stets unter allen Bedingungen zu immer wieder gleichen Messergebnissen führen. So könnte beispielsweise eine energetische Schwingung ein Ereignis sein, das gezählt werden könnte. Energetische Schwingungen sind Wellen, die bei der Emission von Strahlung auftreten. Ist die Strahlung kohärent und monochromatisch, da sie die gleiche Amplitude und Frequenz hat, könnte die Anzahl der Schwingungen gezählt und einer Zeiteinheit zugeordnet werden.

Gleiche Messergebnisse werden zum Beispiel bei der Messung von Frequenzen von Strahlung erzielt, die Atome emittieren, die von einem Energiezustand zu einem anderen Energiezustand wechseln.

Die Messung der Zeit in Atomuhren basiert auf dieser Zählung der Schwingungen bzw. auf der Zählung der Periodendauern λ .

So wird beispielsweise die gemessene Sekunde als ein bestimmtes Vielfaches der Periodendauer der Strahlung definiert, die beim Übergang zwischen den Energieniveaus des Atomkerns bzw. Nuklids ^{133}Cs (Cäsium) freigesetzt wird. Die Periodendauer λ berechnet sich nach der Gleichung $\lambda = \frac{c}{f}$ aus dem Quotienten der gemessenen

Lichtgeschwindigkeit c und der Frequenz f . Die Frequenz f ist die Anzahl der Schwingungen je Zeiteinheit wie einer Sekunde. Nach einer bestimmten Anzahl von Schwingungen ist die Zeit von einer Sekunde vergangen.

Stellen wir uns die absolute Zeiteinheit Sekunde vor, die unter allen Bedingungen stets gleich sein soll. Erfolgt die Normierung der Zeit über die Zeitspanne, in der eine bestimmte Anzahl von Schwingungen erfolgt, müsste die Anzahl der gemessenen Schwingungen je „gedachter“ absoluter Sekunde bei allen Geschwindigkeiten der Massekörper im Weltall, auf denen die bestimmte Zahl der Schwingungen gezählt bzw. gemessen wird, stets gleich sein.

Tatsächlich hat man jedoch festgestellt, dass die von Atomuhren gemessenen Zeiten von der Geschwindigkeit des Massekörpers abhängt, auf dem sie sich befinden. So geht beispielsweise eine Atomuhr in einem Raumschiff, das die Erde umkreist, langsamer als eine Atomuhr auf der Erde. Wird die Zeitdauer einer Sekunde über eine bestimmte Anzahl von Schwingungen definiert, die von einer Atomuhr gemessen wird, ist die in dem Raumschiff gemessene Zeitdauer einer Sekunde länger als die Zeitdauer einer Sekunde, die mit einer auf der Erde befindlichen Atomuhr gemessen wird.

Werden die beiden Atomuhren nach einer bestimmten Zeit miteinander verglichen, geht die Atomuhr, die sich in dem Raumschiff befunden hat, gegenüber der Atomuhr auf der Erde nach. Die gemessene Zeitdauer einer Sekunde kann daher unterschiedlich lang sein.

Die Zählung der Anzahl von Schwingungen allein scheint daher nicht geeignet zu sein, um die absolute Zeiteinheit einer Sekunde zu definieren.

Wie noch gezeigt wird, ist die über die Anzahl von Schwingungen definierte absolute Zeitdauer einer Sekunde von der absoluten Geschwindigkeit der Atomuhr im Weltraum abhängig.

Da das Raumschiff die Erde umkreist, bewegt sich das Raumschiff mit einer höheren absoluten Geschwindigkeit als die Erde. Die absolute Zeitdauer einer Sekunde, die mit der im Raumschiff befindlichen Atomuhr gemessen wird, ist länger als die Zeitdauer einer Sekunde, die mit der Atomuhr auf der Erde gemessen wird.

Wäre die absolute Geschwindigkeit einer Atomuhr im Weltraum bekannt, könnte die absolute Zeitdauer der Zeiteinheit von einer Sekunde berechnet werden.

Um die absolute Zeitdauer einer Sekunde berechnen zu können, muss die Zeiteinheit der Sekunde normiert werden. Dabei würde es Sinn machen, die Sekunde über eine bestimmte Anzahl von Schwingungen beispielsweise der Schwingungen des Nuklids ^{133}Cs zu definieren, die mit einer Atomuhr gemessen wird, die im Universum unbewegt ist (absolute Geschwindigkeit $v_{abs} = 0 \text{ km/s}$).

Die Messung der Zeit mit einer Atomuhr auf einem Massekörper mit der absoluten Geschwindigkeit von $v_{abs} = 0 \text{ km/s}$ ist bisher nicht möglich, da aufgrund des bisherigen Wissensstands die absolute Geschwindigkeit v_{abs} eines Massekörpers nicht messbar ist.

Es wäre auch möglich, die Normierung der Zeiteinheit von einer Sekunde mit einer Atomuhr vorzunehmen, die sich auf einem Massekörper befindet, der sich mit einer bestimmten gleichen absoluten Geschwindigkeit im

Weltraum bewegt. Die Zeitdauer dieser Sekunde wäre dann die normierte absolute Zeitdauer, mit der sämtliche mit Atomuhren auf anderen Körpern gemessenen Zeitdauern verglichen werden könnten.

Geht bei absoluter Zeitgleichheit die auf dem anderen Körper befindliche Atomuhr nach, bewegt sich diese Atomuhr mit einer höheren absoluten Geschwindigkeit im Weltraum als die Atomuhr auf dem Massekörper, auf dem die normierte Sekunde gemessen wurde. Geht die andere Atomuhr vor, bewegt sich die Atomuhr mit einer geringeren absoluten Geschwindigkeit als die Atomuhr, auf der die normierte Sekunde gemessen wurde.

Ein Körper wie die Erde, die sich im Weltraum bewegt, ändert stets seine absolute Geschwindigkeit. So ist die Geschwindigkeit eines Planeten, der sich auf einer Umlaufbahn um die Sonne bewegt, bei einem größeren Abstand zur Sonne geringer als bei einem kleineren Abstand zur Sonne.

Die absolute Zeitdauer der Erdsekunde unterliegt in Abhängigkeit von den Veränderungen der absoluten Geschwindigkeit v_{abs} , mit der sich die Erde im Weltraum bewegt, Schwankungen. Auch ist die gemessene Zeitdauer der Erdsekunde abhängig von dem Ort, an dem sich die Atomuhr befindet, da sich die Oberflächenpunkte auf der Erde mit unterschiedlichen absoluten Geschwindigkeiten durch den Weltraum bewegen. Die Normierung einer Sekunde auf der Erde vorzunehmen, ist daher schwierig.

Im Folgenden wird daher die absolute Zeiteinheit von $t_{abs} = 1$ Sekunde als die Zeit definiert, die von einer im Raum unbewegten Atomuhr gemessen wird. Alle auf anderen im Raum bewegten Massekörpern mit Atomuhren gemessenen Sekunden $t_A = 1$ s sind nach Umrechnung in die absolute Zeit t_{abs} länger als die mit der unbewegten Atomuhr gemessenen Zeit von $t_{abs} = 1$ Sekunde.

3 Hypothetische Messung der „kürzesten“ Sekunde

Die „kürzeste“ Sekunde könnte in der Weise ermittelt werden, dass die Zeiten mit Atomuhren gemessen werden, die sich auf einer Rakete und zwei Raumschiffen befinden, und die Rakete mit jeweils unterschiedlichen relativen Geschwindigkeiten an den zwei Raumschiffen vorbeifliegt.

Die zwei Raumschiffe sollen sich mit der gleichen Geschwindigkeit und mit gleichem Abstand zueinander im Raum bewegen.

Sobald sich die Rakete auf der Höhe des ersten Raumschiffs befindet, lesen die sich an Bord der Rakete und des ersten Raumschiffs befindlichen Wissenschaftler die Zeiten der Atomuhren in der Rakete und im ersten Raumschiff ab. Die Rakete erreicht nach einer bestimmten Zeit das zweite Raumschiff. Sobald sich die Rakete auf der Höhe des zweiten Raumschiffs befindet, werden ebenfalls die Zeiten in der Rakete und dem zweiten Raumschiff abgelesen. Anschließend werden die in der Rakete und den beiden Raumschiffen gemessenen Zeitdifferenzen miteinander verglichen.

Es kann angenommen werden, dass der Gravitationseffekt einen nur geringen vernachlässigbaren Einfluss auf die gemessenen Zeitdauern in der Rakete und in den Raumschiffen hat, da die Massen der Rakete und der Raumschiffe sehr gering sind. Je größer der Abstand zwischen den Massekörpern und je geringer die Massen sind, desto geringer ist der Einfluss der Gravitation auf die gemessene Zeit.

Um die gemessenen Zeiten auf dem ersten und zweiten Raumschiff miteinander vergleichen zu können, müssen die beiden Atomuhren auf dem ersten und zweiten Raumschiff synchronisiert werden, so dass sichergestellt ist, dass die Atomuhren exakt die gleiche Zeit anzeigen. Voraussetzung für die Synchronisation wäre, dass sich die Atomuhren nebeneinander befinden und sich mit gleicher absoluter Geschwindigkeit v_{abs} im Raum bewegen. Werden jedoch anschließend die beiden Raumschiffe voneinander getrennt und entfernen sich die Raumschiffe voneinander, haben beide Raumschiffe unterschiedliche absolute Geschwindigkeiten mit der Folge, dass nach einer bestimmten absoluten Zeit auf beiden Raumschiffen unterschiedliche Zeiten gemessen werden.

Um den Effekt der unterschiedlichen absoluten Geschwindigkeiten weitmöglichst gering zu halten, könnte sich das zweite Raumschiff sehr langsam vom ersten Raumschiff lösen. Durch die langsame Entfernung des zweiten Raumschiffs vom ersten Raumschiff wird sichergestellt, dass die relative Beschleunigung des zweiten Raumschiffs einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Taktfrequenz je absoluter Zeiteinheit der Atomuhr im zweiten Raumschiff hat. Sobald eine bestimmte Entfernung vom ersten Raumschiff erreicht ist, erfolgt eine relative Verlangsamung des zweiten Raumschiffs, so dass beide Raumschiffe wieder mit der gleichen absoluten Geschwindigkeit in die gleiche Richtung fliegen. Damit ist sichergestellt, dass beide Atomuhren an Bord des ersten und zweiten Raumschiffs synchron laufen.

Die Rakete soll nun mit unterschiedlichen relativen Geschwindigkeiten an den beiden Raumschiffen, an deren Bord sich die beiden synchron laufenden Atomuhren befinden, vorbeifliegen und jede beliebige relative Geschwindigkeit v_{rel} einnehmen können.

Ist die an Bord der Rakete in Sekunden gemessene Zeitdifferenz größer als die gemessene Zeitdifferenz an Bord der beiden Raumschiffe, hat sich die Rakete mit einer geringeren absoluten Geschwindigkeit durch den Raum bewegt als die beiden Raumschiffe. Ging die Raketenatomuhr hingegen langsamer und zeigt sie eine kürzere Zeitdifferenz als die Atomuhren auf den beiden Raumschiffen an, hat sich die Rakete mit einer größeren absoluten Geschwindigkeit durch den Raum bewegt.

Sind bei einer bestimmten relativen Geschwindigkeit der Rakete die an Bord der Rakete und der beiden Raumschiffe gemessenen Zeitdifferenzen gleich, bewegen sich die Rakete und die beiden Raumschiffe mit der gleichen absoluten Geschwindigkeit v_{abs} im Raum, nur in die entgegengesetzten Richtungen.

Bewegen sich beispielsweise die beiden Raumschiffe mit einer absoluten fiktiven Geschwindigkeit $v_{abs} = 100.000 \text{ km/s}$ durch den Raum und fliegt die Rakete entgegengesetzt zur Flugrichtung der Raumschiffe mit einer relativen Geschwindigkeit von $v_{rel} = 200.000 \text{ km/s}$ (km je absoluter Sekunde) in Bezug auf die Raumschiffe, sind die beiden an Bord der Rakete und der beiden Raumschiffe gemessenen Zeitdifferenzen gleich. Die Rakete fliegt dann mit einer absoluten Geschwindigkeit von $v_{abs} = 100.000 \text{ km/s}$ entgegengesetzt zur Flugrichtung der Raumschiffe.

Ein Flugkörper, der sich stets genau in der Mitte zwischen dieser Rakete und den beiden Raumschiffen befindet, würde im Raum unbewegt sein. Seine absolute Geschwindigkeit würde $v_{abs} = 0$ betragen. Die Rakete und die beiden Raumschiffe würden sich mit der gleichen absoluten und relativen Geschwindigkeit von diesem Flugkörper entfernen.

Atomuhren, die sich auf Raketen befinden, die sich von diesem unbewegten Flugkörper entfernen, würden stets „langsamer“ gehen als eine Atomuhr, die sich an Bord des unbewegten Flugkörpers befindet.

Die Atomuhr im bewegungslosen Flugkörper würde am „schnellsten“ gehen. Die mit dieser Atomuhr gemessene Sekunde ist die im Vergleich zu den auf den bewegten Flugobjekten gemessenen Sekunden die „kürzeste“ Sekunde.

Diese im Raum unbewegte Atomuhr würde die absolute Zeitdauer $t_{abs} = 1$ Sekunde anzeigen.

Ist die absolute Zeitdauer einer Sekunde bekannt, kann die absolute Geschwindigkeit v_{abs} eines Körpers berechnet werden, die der relativen Geschwindigkeit v_{rel} in Bezug auf einen im Raum unbewegten Massepunkt entspricht.

4 Zeitdauer und relative Geschwindigkeit

Die unterschiedliche Laufzeit der Uhren kann nicht von der relativen Geschwindigkeit von zwei Flugobjekten zueinander wie zum Beispiel des Raumschiffs und der Rakete abhängen, da beiden Flugobjekten unterschiedliche relative Geschwindigkeiten zugeordnet werden können. Aus Sicht eines Wissenschaftlers im Raumschiff befindet sich das Raumschiff in Ruhe und bewegt sich die Rakete. Aus Sicht des Wissenschaftlers in der Rakete ist es umgekehrt. In Bezug auf ein anderes Flugobjekt würde sich die Rakete oder das Raumschiff mit anderen

relativen Geschwindigkeiten bewegen. Die Taktfrequenz einer Atomuhr und damit die Zeit kann daher nicht von der relativen Geschwindigkeit in Bezug auf ein anderes Flugobjekt abhängig sein.

Die unterschiedliche Taktfrequenz der Atomuhren an Bord des Raumschiffs und der Rakete und die unterschiedlichen Zeiten, die die Atomuhren an Bord der Rakete und des Raumschiffs anzeigen, sind in den unterschiedlichen absoluten Geschwindigkeiten v_{abs} der Rakete und des Raumschiffs begründet. Der Bezugspunkt der absoluten Geschwindigkeit eines Objekts ist ein beliebiger unbewegter Punkt im Raum.

Jedes Objekt bewegt sich demnach mit einer bestimmten absoluten Geschwindigkeit v_{abs} im Raum bezogen auf einen beliebigen fixen unbewegten Punkt im Raum.

Die absolute Zeit ist „real“ und existent.

Die Bestimmung der absoluten Zeit über die Anzahl von Schwingungen von Atomen hängt von der absoluten Geschwindigkeit v_{abs} dieser Atome im Raum ab.

5 Auswirkung auf mechanische, chemische und biologische Prozesse

Atomuhren, die sich auf Massekörpern befinden, die sich mit höherer absoluter Geschwindigkeit durch den Raum bewegen, gehen langsamer als Atomuhren, die sich auf Massekörpern befinden, die sich mit einer geringeren absoluten Geschwindigkeit durch den Raum bewegen.

Daher kann angenommen werden, dass die Geschwindigkeit aller mechanischen, chemischen und biologischen Prozesse von der absoluten Geschwindigkeit der Massekörper abhängig ist, auf denen die Prozesse ablaufen. Vor diesem Hintergrund würde auch die theoretische Überlegung des viel diskutierten Zwillingsparadoxon plausibel sein.

Danach ist ein Zwilling, der mit einer Rakete von der Erde aus startet, die sich nahe der Lichtgeschwindigkeit bewegt, während der Zeit bis zu seiner Rückkehr zur Erde weniger gealtert als sein auf der Erde gebliebener Zwillingsbruder. Werden die Effekte der Beschleunigung der Rakete bis zur theoretischen absoluten Geschwindigkeit nahe der Lichtgeschwindigkeit und der Verlangsamung der Rakete bei der Rückkehr zur Erde auf die Zeit vernachlässigt, würde der Zwillingsbruder in der Rakete tatsächlich weniger als sein Bruder gealtert sein. Hierfür ist jedoch nicht die Sichtweise des nach der Theorie der Zeitdilatation „ruhenden“ auf der Erde verbliebenen Zwillingsbruders verantwortlich, sondern der Unterschied zwischen der absoluten Geschwindigkeit der Rakete und der absoluten Geschwindigkeit der Erde. Da sich die Rakete mit einer größeren absoluten Geschwindigkeit im Raum bewegt als die Erde, wäre bei der oben getroffenen Annahme der Alterungsprozess des Zwillings in der Rakete langsamer als der seines Bruders auf der Erde. Die absolute Zeit $t_{abs\ Rakete}$, die der in der Rakete gemessenen Sekunde $t_{A\ Rakete}$ entspricht, ist länger als die absolute Zeit $t_{abs\ Erde}$, die der auf der Erde gemessenen Sekunde $t_{A\ Erde}$ entspricht.

Es ist fraglich, ob die Zeitdauer aller biologischen, mechanischen und chemischen Prozesse von der absoluten Geschwindigkeit der Objekte im Raum abhängig ist.

Es ist eher wahrscheinlich, dass lediglich Prozesse auf der atomaren Ebene von der absoluten Geschwindigkeit der Masseobjekte beeinflusst werden wie beispielsweise die Prozesse in einer Atomuhr oder bei dem Zerfall eines Elementarteilchens oder Atoms, bei denen nachgewiesenermaßen auch die Halbwertszeit von Atomen von der Geschwindigkeit des bewegten Objekts abhängt.

Werden Teilchen in einem Teilchenbeschleuniger auf hohe Geschwindigkeiten nahe der gemessenen „*maximalen*“ Lichtgeschwindigkeit c beschleunigt, zerfallen die Teilchen mit einer anderen Zerfallsrate als beispielsweise die Teilchen, die sich auf der Erdoberfläche befinden und sich mit der geringeren absoluten Geschwindigkeit der Erde durch den Raum bewegen.

Dieser Effekt wurde mit den Masseteilchen Myonen nachgewiesen, die in der Erdatmosphäre entstehen. In der Forschungseinrichtung CERN, der Europäischen Organisation für Kernforschung, wurden Myonen in einem Teilchenbeschleuniger auf eine Geschwindigkeit von 99,95% der gemessenen Lichtgeschwindigkeit beschleunigt.

Die im Teilchenbeschleuniger kreisenden Myonen zerfielen mit einer Halbwertszeit von $44,6 \mu\text{s}$. In Bezug zur Erde unbewegte Myonen, die sich im Vergleich zur Lichtgeschwindigkeit sehr langsam durch den Raum bewegen, zerfallen hingegen wesentlich schneller mit einer Halbwertszeit von $1,52 \mu\text{s}$.

Dieses Experiment zeigt, dass der Zerfall der Myonen und damit deren Halbwertszeit von der unterschiedlichen Geschwindigkeit v_{abs} der Myonen im Raum abhängig ist.