

Eric Kraeghobd

Die Gleichzeitigkeit der Planeten und die Gleichzeitigkeit der Zeit

[Gleichzeitigkeitstheorie - GLZT]

April 2009

Inhalt

- Die gleichzeitige Existenz der Planeten während der letzten 500 Jahre [1]
- Die gleichzeitige Existenz der Planeten während eines Jahres und eines Tages [16]
- Die gleichzeitige Existenz der Planeten zu einem bestimmten Zeitpunkt [21]
- Die Konstruktion von Zeitrechnungen auf der Erde [25]
- Astronomische Definitionen von Zeitpunkten [50]
- Geräte zur Zeitmessung [64]
- Entwicklung von Planeten-Zeitrechnungen [79]
- Entwicklung einer Sternzeitrechnung für den Planeten Mars [95]
- Synchronisierung der Erd-Sternzeit mit der Mars-Sternzeit [124]
 - Methode 1: Licht-/Funksignal mit gleicher Laufzeit zu beiden Planeten [133]
 - Methode 2: Radarsignale [145]
 - Methode 3: Transport einer Atomuhr mit Kontrolle durch Millisekunden-Pulsar [153]
 - Methode 4: Beobachtung eines bestimmten Ereignisses von beiden Planeten aus [163]
- Synchronisierung der Erd-Sternzeit oder der Mars-Sternzeit mit einem dritten und weiteren Planeten [171]
- Die Folgen der Synchronisierung zwischen drei Planeten [177]

Die Gleichzeitigkeit der Planeten und die Gleichzeitigkeit der Zeit

Deskriptoren: Planeten, Zeit, Messung, Gleichzeitigkeit, Gleichzeitigkeitstheorie, GLZT

Vorbemerkung

Die GLZT wird in 183 Sätzen aufgestellt. Jedem Satz ist eine laufende Zählung angefügt, die für Verweisungen von anderen Stellen innerhalb des Textes und für künftige Erweiterungen und Ergänzungen der Darstellung verwendet werden sollen wie z. B. für Fußnoten, Literaturangaben und Links zu Quellen im Internet.

Die gleichzeitige Existenz der Planeten während der letzten 500 Jahre [1]

Wir betrachten nur die Sonne und die vier sonnennächsten Planeten: Merkur, Venus, Erde, Mars. [2]
Die Sonne ist das Bezugssystem für alle Bewegungsgrößen, wenn nicht ausdrücklich ein anderer Körper angegeben wird. [3]

Kopernikus (1473-1543) kannte die Existenz der Planeten. [4]

Heute (2008) beobachten wir dieselben Planeten. [5]

In den rund 500 Jahren seit Kopernikus haben alle Planeten ununterbrochen existiert. [6]

Es ist nicht bekannt, daß ein Planet für kürzere oder längere Zeit nicht existiert hätte. [7]

Wir kennen keinen physikalischen Vorgang, der die kurzfristige Entfernung eines Planeten aus unserem Sonnensystem und seine anschließende Wiederhinzufügung an seinen Platz ermöglichen würde. [8]

Alle Planeten sind gegeneinander und gegenüber der Sonne bewegte Körper. [9]

Die Bahn jedes Planeten hängt von den gegenseitigen Gravitationswirkungen aller gleichzeitig im Sonnensystem befindlichen Massen ab. [10]

Die Gravitationswirkungen aller Massen erfolgen gleichzeitig; die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Gravitationswirkungen ist nicht bekannt. [11]

Die Bahnen der Planeten können aus astronomischen Beobachtungen und physikalischen Gesetzen berechnet werden. [12]

Die Beobachtungen der Planeten durch Beobachter auf der Erde haben keinen Einfluß auf die materielle Beschaffenheit oder die Bewegungszustände der Planeten. [13]

Die Berechnungen der Orte und Bahnen der Planeten zu früheren und künftigen Zeitpunkten werden durch astronomische Beobachtungen überprüft und im wesentlichen bestätigt. [14]

Die Identität und gleichzeitige Existenz der Planeten und ihre Identität im Laufe der letzten 500 Jahre sind bisher nicht angezweifelt worden. [15]

Die gleichzeitige Existenz der Planeten während eines Jahres und eines Tages [16]

Aus der gleichzeitigen ununterbrochenen Existenz der Planeten während 500 Jahren folgt ihre gleichzeitige Existenz während jedes beliebig herausgegriffenen Jahres, z. B. während des Jahres 1905. [17]

Aus demselben Grund folgt die gleichzeitige Existenz der Planeten während eines beliebigen Tages dieses Jahres, z. B. am 30. Juni 1905. [18]

Der 30. Juni 1905 wird im folgenden als "1. Stichtag" bezeichnet. [19]

Der 30. Juni 2005 wird im folgenden als "2. Stichtag" bezeichnet. [20]

Die gleichzeitige Existenz der Planeten zu einem bestimmten Zeitpunkt [21]

Aus der gleichzeitigen Existenz der Planeten während eines bestimmten Tages folgt ihre gleichzeitige Existenz zu einem beliebigen Zeitpunkt an diesem Tag, z. B. zum Zeitpunkt 12 Uhr mittags. [22]

Die gleichzeitige Existenz der Planeten im Planetensystem der Sonne für jeden Zeitpunkt während der letzten 500 Jahre ihrer Existenz ist eine unbezweifelbare Tatsache. [23]

Die gleichzeitige Existenz der Planeten ermöglicht die Konstruktion gleichzeitiger Zeitrechnungen auf den Planeten. [24]

Die Konstruktion von Zeitrechnungen auf der Erde [25]

Der Planet Erde bietet als Grundlage einer Zeitrechnung zwei ihr eigene periodische Bewegungen an: die eigene Rotation um die Erdachse (Erdrotation) und den Umlauf auf ihrer Bahn um die Sonne (Erdbahn). [26]

Für die Zwecke der folgenden Darstellung werden die verschiedenen Zeitsysteme nur prinzipiell betrachtet und alle Probleme ihrer Durchführung wie z. B.

(a) Unregelmäßigkeiten durch Rotations- und Bahnstörungen,

(b) nicht ganzzahlige Verhältnisse zwischen Rotation und Umlaufbahn,

(c) die Bildung fiktiver "mittlerer Zeiten" zum Zweck der Ausdehnung ihres Geltungsbereichs als für die Darstellung unerheblich ausgeklammert. [27]

Die Erdrotation verursacht während des Tages das Bild einer scheinbaren Bewegung der Sonne am Himmel und bei Nacht das Bild einer scheinbaren Drehbewegung des gesamten Fixsternhimmels (oder Himmelskugel: unsere Galaxis). [28]

Beide scheinbaren Bewegungen werden zur Bestimmung der Tageslänge benutzt: dadurch werden zwei verschiedene Konzeptionen für die Tageslänge entwickelt, für den Sonnentag und für den Sterntag (siderischer Tag). [29]

Der Sonnentag und der Sterntag haben verschiedene Tageslängen. [30]

Die traditionelle Einteilung eines Tages in 24 Stunden, einer Stunde in 60 Minuten und einer Minute in 60 Sekunden ergibt für einen Tag ($3600 \times 24 =$) 86400 Sekunden. [31]

Die zwei verschiedenen Tageslängen führen zu zwei verschiedene Stunden-, Minuten- und Sekundenlängen. [32]

Der Sterntag für einen gegebenen Ort auf der Erde ist die Zeit zwischen zwei Meridiandurchgängen desselben Sterns, also eine vollständige Drehung der Erde gegen den Fixsternhimmel. [33]

Der Sonnentag für einen gegebenen Ort auf der Erde ist die Zeit zwischen zwei Meridiandurchgängen der Sonne, also eine vollständige Drehung der Erde gegen die Sonne. [34]

Die Erde bewegt sich innerhalb eines Tages auf ihrer Bahn um die Sonne ein Stück weiter. [35]

Diese Bewegung der Erde auf der Erdbahn in 24 Stunden ändert die Stellung der Erde in Bezug auf die Fixsterne nicht. [36]

Dieselbe Bewegung der Erde auf der Erdbahn in 24 Stunden ändert jedoch die Stellung der Erde in Bezug auf die Sonne: die Erde ist auf ihrer Bahn weitergerückt, die Sonne ist (von der Erde aus betrachtet) geringfügig zurückgeblieben. [37]

Zu einer vollen Drehung der Erde in Bezug auf die Sonne muß sich die Erde daher täglich ca. 4 Minuten länger drehen als zu einer vollständigen Drehung um den Fixsternhimmel. [38]

Der Sonnentag ist daher ca. 4 Min. länger als der Sterntag. [39]

Der Sonnentag dauert definitionsgemäß:

24 Std. 0 Min. 0 Sek. [40]

Der Sterntag ist kürzer als der Sonnentag:

23 Std. 56 Min. 4,0905 Sek. [41]

Dieser Zeitunterschied von ca. 4 Min. zwischen Sonnentag und siderischem Tag summiert sich im Laufe eines Jahres auf rund einen Tag, in grober Schätzung:

$365 \times \text{ca. } 4 = \text{ca. } 1460 \text{ Minuten} = \text{ca. } 24 \text{ Std. } 20 \text{ Min.}$ [42]

Eine Berechnung mit dem genaueren Zeitunterschied (vgl. #41) von ca. 3 Min. 56 Sek. (= 236 Sek.) ergibt knapp eine Tageslänge:

$365 \times 236 \text{ Sek.} = 86140 \text{ Sek.} = 1435 \text{ Min. } 40 \text{ Sek.} = \text{ca. } 23 \text{ Std. } 55 \text{ Min. } 40 \text{ Sek.}$ [43]

Von der Sonne aus betrachtet bedeuten die täglichen 4 Minuten längere Drehung: In Bezug auf die Sonne vollführt die Erde während eines Jahres durch den Umlauf auf ihrer Bahn um die Sonne eine zusätzliche Drehung, zusätzlich zu den Eigenrotationen, und benötigt dafür ungefähr einen weiteren Tag. [44]

Bei zwei Alternativen zur Zeitrechnung stellt sich die Frage: Welche ist die zweckmäßiger? [45]

Die Lebenspraxis der Menschen orientiert sich an der Sonne und arbeitet mit der Sonnenzeit, die als mittlere Sonnenzeit angewandt wird, in der alle Unregelmäßigkeiten berücksichtigt sind. [46]

Die astronomische Forschung orientiert sich am Fixsternhimmel und arbeitet mit der Sternzeit, weil diese unabhängig von der Bewegung der Erde auf der Erdbahn ist. [47]

Da für alle Abläufe im Kosmos die Sternzeit die geeignetere und damit maßgeblich gewordene Zeitrechnung ist, wird die Sonnenzeitrechnung unseres Kalenders von der Sternzeit abhängig gemacht und immer wieder an die "wirklichen" Verhältnisse der Sternzeitrechnung durch Schaltsekunden angepaßt. [48]

Für alle Betrachtungen des Sonnensystems und seiner Planeten ist die Verwendung der Erd-Sternzeit maßgebend und wird im folgendem angewendet; sollte irgendwann einmal Erd-Sonnenzeit gemeint sein, wird dies ausdrücklich anzugeben sein. [49]

Astronomische Definitionen von Zeitpunkten [50]

Nach der Bestimmung von eindeutigen Maßeinheiten für den Zeitablauf im Erdzeitsystem ERD-Z (Sekunde, Minute, Tag, Jahr) muß die Bestimmung von astronomisch identifizierbaren Zeitpunkten vorgenommen werden, um eine konstruierte Zeitrechnung mit der Entwicklung des Kosmos und den Vorgängen im Kosmos zu synchronisieren. [51]

Für ein Erdzeitsystem bieten sich z. B. periodisch wiederkehrende, spezifische Konstellationen an:

(a) Präzession des Perihels (sonnennächster Punkt) der Erdbahn; die jährliche Präzession ist eine sehr kleine Größe; eine vollständige Umdrehung des Perihels dauert ca. 25800 Jahre und ist daher für die Zwecke von Synchronisierungen nicht geeignet; [52]

(b) Schnittpunkte der Erdbahn (Ekliptik) mit dem Himmelsäquator (an die Himmelskugel projizierter Erdäquator: eine Fiktion): es gibt zwei Schnittpunkte, die daher ebenfalls fiktive Punkte sind und nicht direkt beobachtet werden können. [53]

Einer der beiden Schnittpunkte von #53 wird als Frühlingspunkt bezeichnet. [54]

Die Lage des Frühlingspunkts als fiktiver Punkt auf der Himmelskugel wird aus den Koordinaten bekannter Sterne konstruiert. [55]

Der Meridiandurchgang des definierten Frühlingspunktes (anstelle eines bestimmten Sternes, vgl. #54) definiert den Beginn des Sterntages, also 0 Uhr Sternzeit (ERD-Z) für den Beobachtungsort. [56]

Die Zeit zwischen zwei Meridiandurchgängen des Frühlingspunktes ist der Sterntag (ERD-Z). [57]

Da sich der Frühlingspunkt (als ein Punkt auf der Ekliptik) durch die Präzession des Perihels ständig geringfügig gegenüber den Sternen verschiebt, ist der Sterntag nach #57 ca. 9 Millisekunden kürzer als der Sterntag nach #41. [58]

Der geringfügige Unterschied der beiden Sterntaglängen ist für die weitere Darstellung unerheblich. [59]

Der Beginn des Sterntages nach Frühlingspunkt gilt für den Beobachtungsort. [60]

Die Sternzeit für den Meridian von Greenwich gilt als Einheitszeit für die Erde und wird als "Greenwich Mean Sidereal Time" (GMST) bezeichnet. [61]

Die mittlere Sonnenzeit für den Meridian von Greenwich (Greenwich Mean Time - GMT) ist die Grundlage für die "Weltzeit", heute als "Universal Time" (UT) bezeichnet, die aber heute aus Gründen der Genauigkeit nicht mehr aus Beobachtungen der Sonne abgeleitet wird, sondern durch Umrechnungen aus der GMST; damit ist die Sternzeit auch zur Grundlage der Sonnenzeit gemacht worden. [62]

Eine aus der UT abgeleitete "Coordinated Universal Time" (UTC) ist die Grundlage aller Zeitrechnungen für die Lebenspraxis auf der Erde und wird über Zeitsender u. a. Medien verbreitet. [63]

Geräte zur Zeitmessung [64]

Zur Zeitmessung verwendete Geräte werden als Uhren bezeichnet und bestehen grundsätzlich aus einem Taktgeber, einem Regulator und einer Anzeige. Geräte, denen eine der Komponenten fehlt, sind keine Uhren. [65]

Aus der Wahl des Taktgebers ergeben sich die Konstruktionsmerkmale und die Funktionseigenschaften einer Uhr. [66]

Unregelmäßigkeiten im Uhrengang sind durch Abgleich zwischen mehreren Uhren gleichen und verschiedenen Typs zu erkennen und konstruktiv auf ein Minimum zu reduzieren. [67]

Eine Uhr ganz ohne Gangfehler kann nicht konstruiert werden. [68]

Gangstörungen der Uhren und die daraus folgenden Fehlergrenzen für die Genauigkeit der Zeitmessung sind für die Zwecke der vorliegenden Darstellung unerheblich. [69]

Die Uhren mit der größten Ganggenauigkeit sind gegenwärtig Atomuhren. [70]

Besonders geeignet sind Atome des Wasserstoffs und des Cäsiums. [71]

Bevorzugte Taktgeber sind Atome des Cäsium-133 und dessen Schwingungen. [72]

Die hohe Konstanz des Taktgebers Cäsium-133 hat zu einer internationalen Vereinbarung über die Dauer der Zeiteinheit Sekunde (SI-Sekunde) geführt: sie wurde definiert als die Dauer von 9.192.631.770 Schwingungen. [73]

Mit dieser Vereinbarung wurde für Sternzeit und Sonnenzeit dieselbe Grundeinheit festgelegt. [74]

Die Hyperfeinstruktur-Strahlungsfrequenz des Cäsium-133 gilt als konstant, wird jedoch durch zahlreiche physikalische Bedingungen beeinflusst. Deshalb muß die internationale Zeit auf der Erde als Mittelwert von vielen Atomuhren (ca. 250) an verschiedenen Standorten gebildet werden. [75]

Die mögliche Ganggenauigkeit von Atomuhren hängt ab von den Konstruktionsprinzipien und Einsatzzwecken. Die höchste Genauigkeit erreichen geostationäre Atomuhren unter Laborbedingungen. Diese Uhren bewegen sich

- mit der Erdrotation mit der spezifischen Geschwindigkeit auf ihrem Breitengrad (Äquator: 40.000 km in 24 Stunden = 1667 km/Std.),
- mit der Erde auf ihrer Bahn um die Sonne (mit einer Geschwindigkeit von ca. 30 km/sec = 108.000 km/Std.),
- mit dem Sonnensystem in der Galaxie in Richtung auf das Sternbild Löwe (mit 370 km/sec = 1.330.000 km/Std),
- . mit der gesamten Galaxis in einer Drift gegen die 3-K-Hintergrundstrahlung (mit ca. 600 km/sec = 2.200.000 km/Std). [76]

Kleine und leichte transportable Atomuhren erreichen eine geringere Genauigkeit und werden z. B. in den Satelliten des GPS-Systems zur genauen Laufzeitmessung der Funksignale zum Empfänger eingesetzt. [77]

Die Physik nimmt an, daß die atomaren Eigenschaften der Taktgeber in Atomuhren überall im Kosmos denselben Zeittakt liefern, der nur in geringem Maße von den Umgebungsbedingungen der Atomuhr (z. B. Gravitationsfelder) beeinflusst wird. [78]

Entwicklung von Planeten-Zeitrechnungen [79]

Alle anderen 3 Planeten (Merkur, Venus, Mars) rotieren ebenfalls um ihre Achsen und bewegen sich ebenfalls auf Bahnen um die Sonne. [80]

Damit bieten sie dieselben Voraussetzungen wie die Erde für die Entwicklung von eigenen Zeitrechnungen, die im folgenden mit Abkürzungen bezeichnet werden: MER-Z; VEN-Z; ERD-Z; MAR-Z. [81]

Prinzipiell könnten für jeden Planeten eine Sonnenzeitrechnung und eine Sternzeitrechnung entwickelt werden. [82]

Da es auf den anderen Planeten keine "Lebenswirklichkeit" irgendwelcher Lebewesen gibt, für die eine Sonnenzeitrechnung praktisch interessant wäre, werden alle weiteren Erörterungen über Zeitrechnungen auf diesen Planeten auf Sternzeitrechnungen beschränkt. Die im folgenden verwendeten Abkürzungen bedeuten also:

MER-Z; Merkur-Sternzeit VEN-Z: Venus-Sternzeit
ERD-Z: Erd-Sternzeit MAR-Z: Mars-Sternzeit [83]

Die Rotationsperioden aller Planeten sind durch erdgebundene astronomische Beobachtungen näher bestimmt und werden in Vielfachen der Erdrotation oder in ERD-Z angegeben. [84]

Die Rotationsperioden in ERD-Z betragen (Daten nach Bernd Lang: Das Sonnensystem. 2007):

Merkur: 58 Tage 16 Std. Venus: 243 Tage 0 Std. 14 Min.
Erde: 23 Std. 56 Min. 4 Sek. Mars: 24 Std. 37 Min. 32 Sek. [85]

Alle Planeten unseres Sonnensystems rotieren gegen denselben Fixsternhimmel. [86]

Die Achsen von drei der vier Planeten sind gegen die Ebenen ihrer Umlaufbahnen geneigt:

Merkur: 0 Grad Venus: 177,3 Grad
Erde: 23 Grad 27' Mars: 25 Grad 11' [87]

Folglich können für diese drei Planeten (Venus, Erde, Mars) die Schnittpunkte ihrer Himmelsäquatoren mit ihren Bahnebenen konstruiert werden; vgl. den Frühlingspunkt für die Erde, #54. [88]

Für den Merkur ohne Neigung seiner Achse gegen seine Bahnebene kann ein bestimmter Schnittpunkt zwischen seinem Himmelsäquator und seiner Bahnebene nicht konstruiert werden. Man kann für diesen Planeten aber andere Punkte seiner Umlaufbahn wählen, z. B. sein Perihel, dessen Präzession bekannt ist. [89]

Wie die Angaben aller Rotationsperioden in ERD-Z zeigen (vgl. #85), können Sternzeitrechnungen für alle Planeten konstruiert werden. [90]

Die Angaben nach #85 zeigen außerdem, daß die beispielhafte Entwicklung einer Zeitrechnung für einen der Planeten genügt (z. B. für die Erde), um die für alle 4 Planeten zu entwickelnden verschiedenen Sternzeitrechnungen eindeutig ineinander umrechnen zu können. [91]

Die Durchführbarkeit der Entwicklung von Zeitrechnungen für Merkur, Venus und Mars hängt nicht von den physikalischen Gegebenheiten auf den Planeten (Oberflächenstruktur, Gashülle, Klima usw.) ab und auch nicht von der Möglichkeit, dort wie auf der Erde Beobachtungs- und Meßgeräte aufzubauen. [92]

Die Astronomie ist durch erdgebundene und satellitengestützte Beobachtungen in der Lage, Zeitsysteme für die Planeten zu konstruieren, wie die seit langem vorliegende Bestimmung z. B. der Rotationsperioden beweist. [93]

Die Entwicklung von Zeitrechnungen für die Planeten ist prinzipiell nicht von der erreichbaren Genauigkeit abhängig, weil alle Zeitsysteme mit Ungenauigkeiten der Uhren und der Messungen behaftet sind; es ist nur erforderlich, die Größenordnung der Messfehler zu bestimmen. [94]

Entwicklung einer Sternzeitrechnung für den Planeten Mars [95]

Als Grundlagen für eine Mars-Sternzeitrechnung (MAR-Z) kommen in Betracht astronomische Beobachtungen und Messungen

- auf der Erde; [96]
- auf Raumfahrkörpern (Sonden, Satelliten); [97]
- auf dem Mars nach der geplanten Landung von Raumsonden oder Raumfahrern der Erde. [98]

Die konkrete Gestaltung der MAR-Z kann der Struktur der Erd-Sternzeitrechnung (ERD-Z) folgen:

- die Mars-Umlaufzeit um die Sonne beträgt 687 ERD-Z-Tage; [99]
- die Mars-Rotation beträgt in ERD-Z: 24 Std. 37 Min. 32 Sek.; [100]
- aus beiden Werten kann die Anzahl der Mars-Rotationen (Mars-Sternzeit-Tage) während eines Umlaufs berechnet werden (Mars-Tage des Mars-Jahres). [101]

Mars-Umlaufzeit geteilt durch Mars-Rotationsdauer ergibt die Anzahl der Mars-Sternzeit-Tage für einen Mars-Umlauf (das Mars-Jahr). [102]

Die in ERD-Z sehr genau bekannte Mars-Rotation (siehe #85: 24 Std. 37 Min. 32 Sek.) kann direkt in 24-MAR-Z-Stunden zu je 60 MAR-Z-Minuten zu je 60 MAR-Z-Sekunden aufgeteilt werden. [103]

Für die MAR-Z-Sekunde müßte die Anzahl von Cäsium-133-Schwingungen bestimmt werden. [104]

Ebensogut könnten die Unterteilungen in Stunden, Minuten usw. auch dezimal erfolgen. [105]

Damit wäre eine Mars-Sternzeitrechnung (MAR-Z) innerhalb bestimmter Fehlergrenzen konstruiert. [106]

Aus methodischen Gründen der leichteren konkreten Vergleichbarkeit und Vorstellbarkeit wird in den astronomischen Darstellungen auf die Konstruktion einer Mars-Sternzeitrechnung (MAR-Z) verzichtet und die Dauer der Mars-Bewegungen und aller anderen Vorgänge im Sonnensystem üblicherweise in Erd-Sternzeit (ERD-Z) angegeben. [107]

Das Verfahren nach #107 hat seine Grundlage und seine Berechtigung in zwei Tatsachen:

- (1) Der Fixsternhimmel, aus dessen für alle Planeten verschiedener scheinbarer Drehung die analogen Sternzeitrechnungen für die Planeten mit Eigenrotation entwickelt werden müßten, ist für alle Planeten des Sonnensystems derselbe. [108]
- (2) Die Bewegungszustände und Bahndaten jedes Planeten könnten durch Beobachtungen von den anderen Planeten erkannt und berechnet werden. [109]

Zusammenstellung aller elementaren Mars-Daten in ERD-Z nach aktuellen Veröffentlichungen (vgl. #85):

1 Mars-Jahr:	686,96 Erd-Tage [110]
1 Mars-Tag: 24 Erd-Std. 37 Min. 12 Sek. =	88632 Erd-Sek. [111]
1 Mars-Stunde: $88632:24=3693$ Erd-Sek.:60 =	61,55 Erd-Min. [112]
1 Mars-Minute: 3693 Erd-Sek.:60 =	61,55 Erd-Sek. [113]
1 Mars-Sekunde: $61,55$ Erd-Sek.:60 =	1,0258 Erd-Sek. [114]

Entfernung des Mars von der Sonne:

Vergleichszahlen für die Erde:

im Perihel: 206,645 Mio. Km [115]	147,1 Mio. Km [116]
im Aphel: 249,229 Mio. Km [117]	152,1 Mio. Km [118]
Mittlere Entf.: 227,9 Mio. Km [119]	149,6 Mio. Km [120]

Laufzeit des Lichts (298000 km/sec) von der Sonne zum Mars:

bei mittl. Entfernung: 12,74 Minuten [121]	8,37 Minuten [122]
--	--------------------

Kürzeste Entfernung Erde-Mars im Mars-Perihel: 55 Mio. Km [123]

Synchronisierung der Erd-Sternzeit mit der Mars-Sternzeit [124]

Die Konstruktion einer MAR-Z ist erfolgt; vgl. #95-114. [125]

Grundsätzlich bedeutet die Konstruktion einer Zeitrechnung für einen Planeten keine Festlegung eines Anfangs oder sonstwie bestimmten Zeitpunkts. [126]

Aufgrund der Orientierung an demselben Fixsternhimmel (#86) ist zunächst nur die Umrechnung von Zeitdauern möglich, nicht aber die Bestimmung der selben Zeitpunkte. [127]

Die Fähigkeit von zwei Zeitsystemen, für ein und dasselbe Ereignis den Zeitpunkt dieses Ereignisses übereinstimmend anzugeben, setzt die Synchronisierung der beiden Zeitsysteme voraus. [128]

Die Synchronisierung besteht in einer einmalig organisierten (und zu Prüfungszwecken wiederholbaren) Feststellung oder Festlegung eines Ereignisses, von beiden planetarischen Zeitsystemen aus gleichzeitig wahrgenommen und identifiziert werden kann. [129]

Die Synchronisierung ist also kein Naturzustand, sondern eine geplante technische Maßnahme zur Festlegung eines bestimmten Zeitpunkts für den gesamten gemeinsamen Beobachtungsraum beider Zeitsysteme. [130]

Für die Synchronisierung von zwei Planeten-Zeitrechnungen stehen mehrere Methoden zur Verfügung. [131]

Die Genauigkeit der Synchronisierung kann nur innerhalb von Fehlergrenzen erreicht, aber durch Anwendung aller zur Verfügung stehenden Methoden systematisch verbessert werden. [132]

Methode 1: Licht-/Funksignale mit gleicher Laufzeit zu beiden Planeten [133]

Für die Ausbreitung des Lichtsignals wird annähernde Isotropie (gleiche Ausbreitungsgeschwindigkeit in allen Raumgegenden und Raumrichtungen) im Weltraum angenommen. [134]

Durch astronomische Beobachtungen und Berechnungen wird ein Ort im Sonnensystem bestimmt, der zu einem bestimmten Zeitpunkt von beiden Planeten gleich weit entfernt ist. [135]

Positionierung einer Licht- oder Funkquelle (Raumsonde) an diesem Ort. [136]

Gleichzeitige Aussendung von zwei Signalen, eines in Richtung Mars und eines in Richtung Erde. [137]

Bei gleicher Laufzeit für beide Signale treffen die Signale zum selben Zeitpunkt an den Positionen ihrer Zielplaneten zum Zeitpunkt der Aussendung ein. [138]

Während der Laufzeit der Signale ändern die beiden Planeten geringfügig ihre Positionen auf ihren Umlaufbahnen um die Sonne. [139]

Neuberechnung der Laufzeiten der Signale zu den neuen Planetenpositionen und damit sich ergebende geringe zusätzliche Laufzeiten. [140]

Registrierung der Eintreffzeitpunkte der Signale auf beiden Planeten. [141]

Berechnung der beiden korrigierten Laufzeiten zu den Planetenörtern zum Zeitpunkt des Eintreffens der Signale. [142]

Berechnung des Zeitpunktes der Signalausendung in jeder der beiden Planeten-Zeitrechnungen. [143]

Die Zeitsysteme auf beiden Planeten haben damit denselben Zeitpunkt der Signalausendung jeweils in ihrem System bestimmt und sind damit synchronisiert. [144]

Methode 2: Radarsignale [145]

Aussendung von Radarsignalen von einem Planeten direkt zum anderen Planeten, Reflektion der Signale und ihr Empfang auf dem aussendenden Planeten. [146]

Erfahrungen mit Radarsignalen von der Erde zum Erd-Mond und zur Venus wurden in der Literatur berichtet. [147]

Radarsignal von der Erde zum Mars, möglichst zum Zeitpunkt der geringsten Entfernung zwischen den beiden Planeten. [148]

Auf dem Mars wird der Zeitpunkt des Eintreffens des Radarsignals nach MAR-Z bestimmt. [149]

Auf der Erde werden die Zeitpunkte für Aussendung und Eintreffen der Radarsignale nach ERD-Z registriert. [150]

Auf der Erde wird die für Hin- und Rücklauf des Signals benötigte Zeit nach ihren Anteilen für Hin- und Rückweg analysiert und der Zeitpunkt des Eintreffens des Signals auf dem Mars in ERD-Z errechnet. [151]

Damit ist derselbe Zeitpunkt (Eintreffen und Reflexion des Radarsignals auf dem Mars) einmal nach MAR-Z und einmal nach ERD-Z bestimmt (vgl. #95 und #33; 57) und damit eine Synchronisierung der beiden Planeten-Zeitrechnungen geschaffen. [152]

Methode 3: Transport einer Atomuhr mit Kontrolle durch Millisekunden-Pulsar [153]

Eine Raumsonde transportiert eine Atomuhr von der Erde zum Mars. [154]

Während des Raumflugs unterliegt die Konstruktion der Uhr verschiedenen Einflüssen durch Beschleunigungen, Gravitationsfelder und Magnetfelder, die zu Gangstörungen führen. [155]

Während des gesamten Fluges bis zur Landung auf dem Mars wird ein mitgeführtes Teleskop auf einen bekannten Millisekunden-Pulsar ausgerichtet, dessen Pulsfrequenz vorher über einen längeren Zeitraum genau bestimmt worden ist. [156]

Millisekunden-Pulsare weisen eine Frequenzstabilität in der Größenordnung von Atomuhren auf, unterliegen jedoch nicht den genannten Einflüssen auf die Atomuhren. [157]

Die großen Entfernungen der Pulsare innerhalb unserer Galaxis von unserem Sonnensystem garantieren, daß die Pulsarsignale an jedem Ort in unserem Sonnensystem mit derselben Signalfrequenz eintreffen. [158]

Wenn der Kurs der Raumsonde senkrecht zum Einfall der Signale des Millisekunden-Pulsars verläuft, entstehen keine Doppler-Effekte in der Wahrnehmung der Signale. [159]

Verläuft der Kurs der Raumsonde schräg zur Einfallsrichtung der Signale, kann der dann eintretende Doppler-Effekt in der Wahrnehmung der Signale berechnet und das Signal entsprechend korrigiert werden. [160]

Während des gesamten Fluges wird die Atomuhr durch das Pulsarsignal kontrolliert und erforderlichenfalls korrigiert. [161]

Die durch den stabilen Millisekunden-Pulsar kontrolliert transportierte Atomuhr transportiert die ERD-Z zum Mars und dient dort zur Synchronisierung der MAR-Z mit der ERD-Z. [162]

Methode 4: Beobachtung eines bestimmten Ereignisses von beiden Planeten aus [163]

Diese Methode ist eine Variante der Methode 1 (Signale mit gleicher Laufzeit). [164]

Die Bedingungen des technisch erzeugten Signals an einem bestimmten Ort und der gleichen Laufzeit zu beiden Planeten werden aufgegeben. An ihre Stelle treten zwei andere Bedingungen: ein bestimmtes beobachtbares Ereignis im Sonnensystem und eine genaue Kenntnis der Entfernungen beider Planeten von dem Ereignis. [165]

Beispiel für ein bestimmtes Ereignis: die Erde passiert auf ihrer Umlaufbahn um die Sonne den Frühlingspunkt (vgl. #54). [166]

Das Ereignis wird auf beiden Planeten beobachtet und der Zeitpunkt des Ereignisses in den eigenen Zeitsystemen gemessen. [167]

Aus der bekannten Entfernung jedes Planeten vom Ereignis zum Zeitpunkt der Beobachtung kann für jeden Planeten die Laufzeit des Lichts berechnet werden. [168]

In jedem der beiden planetaren Zeitsysteme kann durch die Kenntnis der Licht-Laufzeit der Zeitpunkt des Ereignisses berechnet werden: Beobachtungszeitpunkt minus Licht-Laufzeit. [169]

Damit ist dasselbe Ereignis in beiden Zeitsystemen bestimmt und die Synchronisierung der beiden Planeten-Zeitsysteme hergestellt. [170]

Synchronisierung der Erd-Sternzeit oder der Mars-Sternzeit mit einem dritten und weiteren Planeten [171]

Nach der Synchronisierung zwischen ERD-Z und MAR-Z gibt es für den Zeitpunkt jedes Ereignisses im gemeinsamen Beobachtungsraum eine gemessene ERD-Z und eine gemessene MAR-Z, die über einen Umrechnungsfaktor verknüpft sind. [172]

Weil die Messungen desselben Ereignisses in beiden Zeitsystemen denselben Zeitpunkt bestimmen, könnte das Zeitsystem eines Planeten (Zeiteinheit Sekunde) auf den anderen übertragen werden: dies geschieht bereits seit langem durch Angaben über Marseigenschaften in ERD-Z. [173]

Beide Zeitsysteme können auf ihrem Planeten fortlaufend an Millisekunden-Pulsaren kontrolliert und nachgeregelt werden, unter Berücksichtigung der Bewegungsrichtungen ihrer Planeten und eventuell auftretender Doppler-Effekte. [174]

Nach der Synchronisierung der Zeitsysteme von zwei Planeten können bei Bedarf nach denselben Prinzipien weitere Zeitsysteme für die anderen Planeten konstruiert und synchronisiert werden. [175]

Die Anwendung und Geltung der ERD-Sternzeit (ERD-Z) für alle Vorgänge auf dem Mars kann auf alle beobachtete Weltraumkörper ausgedehnt werden und macht eine Konstruktion und Synchronisierung eigener Zeitsysteme für weitere Weltraumkörper nicht notwendig erforderlich. [176]

Die Folgen der Synchronisierung zwischen drei Planeten [177]

Nachdem ein drittes Planeten-Zeitsystem mit den beiden ersten (ERD-Z, MAR-Z) synchronisiert ist, kann der Zeitpunkt eines beliebigen Ereignisses, das auf einem oder mehreren der Planeten beobachtet werden kann, in allen drei Zeitsystemen übereinstimmend bestimmt werden durch Berechnung der Signalwege und der Signallaufzeiten vom Ereignis zu den jeweiligen Beobachtern. [178]

Es ist damit sichergestellt, daß das ein und dasselbe Ereignis im Weltraum von Beobachtern auf den verschiedenen Planeten auf denselben Zeitpunkt datiert wird. [179]

Damit ist im gesamten Beobachtungsraum der drei Planeten (= im sichtbaren Teil des Kosmos) die Gleichzeitigkeit von verschiedenen gleichzeitigen Ereignissen sicher feststellbar. [180]

Bei mehreren nacheinander eintretenden Ereignissen werden auf allen Planeten für jedes Ereignis derselbe eigene Zeitpunkt und für die Abfolge der Ereignisse dieselbe eindeutige Reihenfolge bestimmt. [181]

Die Annahme, daß von verschiedenen Beobachtungsstandorten (z. B. Planeten) für dieselbe Ereignisgruppe verschiedene Reihenfolgen der einzelnen Ereignisse innerhalb der Gruppe bestimmt werden könnten, ist durch die erfolgreiche Synchronisierung ihrer Zeitsysteme mit Sicherheit ausgeschlossen. [182]

Die Zeitdauer zwischen den beiden definierten Stichtagen nach #19; 20, die auf der Erde nach ERD-Z auf 1 Jahr bestimmt wird, wird in den konstruierbaren Zeitsystemen für die anderen Planeten und nach Umrechnung in ERD-Z auf denselben Wert bestimmt. [183]