

**Sind die relativistischen  
Korrekturen im GPS ein  
Beweis für die RT?**

**Und stellt das GPS  
tatsächlich eine  
„Anwendung“ der  
Relativitätstheorien dar ?**

**Harald Maurer**

**<http://www.mahag.com>**

**„Der Effekt der Zeitdilatation durch Bewegung und durch die Anwesenheit des Gravitationsfeldes wird technisch in großem Maßstab angewandt, und zwar im Rahmen des besonders für den Flugverkehr wichtigen Orts- und Zeitbestimmungssystems GPS (global positioning system), dessen zuverlässiges Funktionieren die Einsteinsche Theorie Tag für Tag aufs Neue bestätigt.“**

Max Born "[Die Relativitätstheorie Einsteins](#)" 7. Auflage Kapitel VIII. Seite 353

**„Man kann aber den Spieß natürlich umdrehen und das Funktionieren von GPS als weitere experimentelle Illustration für die Gültigkeit der Relativitätstheorie ansehen. Insbesondere die allgemeine Relativitätstheorie ist mit GPS gewissermaßen alltagsrelevant geworden.“**

Franz Embacher, <http://homepage.univie.ac.at/Franz.Embacher/rel.html>

Folie 2: Der erste Absatz (Born) findet sich im genannten Buch auf Seite 353 und wurde verfasst von Jürgen Ehlers und Markus Pössel.

Franz Embacher ist theoretischer Physiker an der Universität Wien. Seine vorrangigen Forschungsinteressen liegen auf den Gebieten Kosmologie und Quantengravitation. Auf seiner Website <http://homepage.univie.ac.at/Franz.Embacher/rel.html>

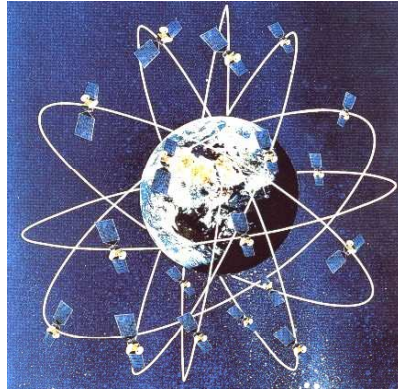
präsentiert er eine mathematische Begründung für die relativistischen Korrekturen beim GPS, die sich allerdings auf ähnliche vorausgehende Arbeiten von Neil Ashby stützen. Neil Ashby ist auch für die Anwendung der Korrekturen verantwortlich. Siehe hierzu:

<http://relativity.livingreviews.org/Articles/lrr-2003-1/>

Beide Zitate sollen ein Beispiel dafür sein, wie unverfroren das GPS als „Bestätigung“ oder gar als „Anwendung“ der RT vorgezeigt wird. Das GPS ist aber weder das eine noch das andere...

### Folie 3

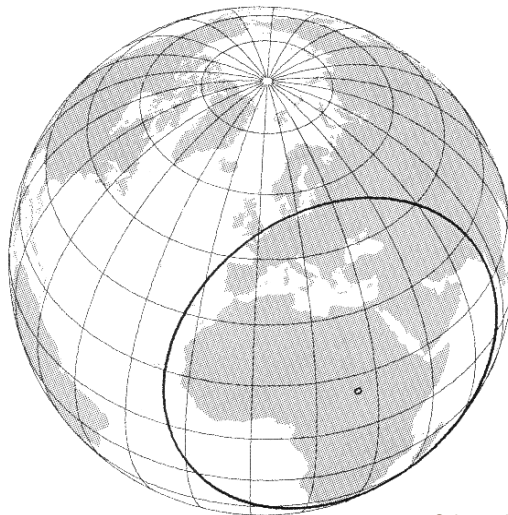
Kann das Global Positioning System die Relativitätstheorien wirklich „bestätigen“?



34 Satelliten, meist 8 in Reserve, bis zu 24 aktiv, einige wg. zu starker Uhrenfehler ohne Auswertung

Folie 3: Der aktuelle Stand des Systems. Auf jedem Orbit befinden sich 4 Satelliten. Einige sind bereits deaktiviert, jedenfalls die ersten Satelliten vom Block 1. Diese ersten Satelliten enthielten noch relativistisch unkorrigierte Uhren. 8 Jahre lang wurde an Daten-Korrekturen experimentiert, bis man eine befriedigende Lösung fand. Allerdings hatte das System auch ohne diese Korrekturen funktioniert.

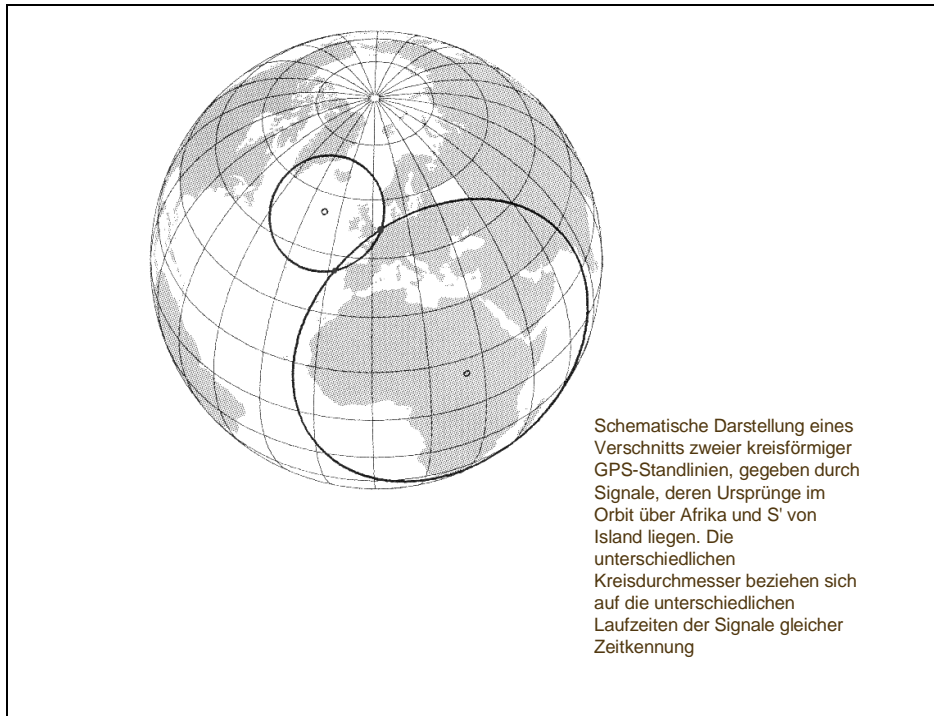
### Folie 4



Schematische Darstellung einer zeitgleichen, kreisförmigen GPS-Standlinie, gegeben durch ein zeitcodiertes Signal, dessen Ursprung im Orbit über Afrika liegt

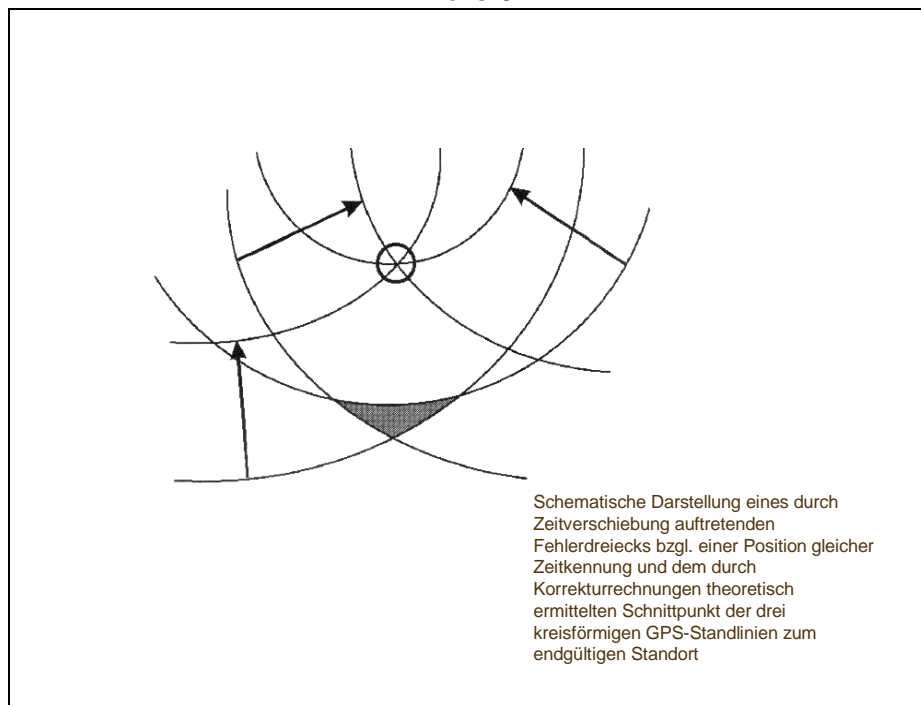
Folie 4: Aufgrund der ermittelten Entfernung zum Satelliten ergibt sich ein Kreis auf dem Globus. An jedem Punkt dieses Kreises kann sich die gesuchte Position befinden. Damit fängt man natürlich noch nicht viel an...

## Folie 5



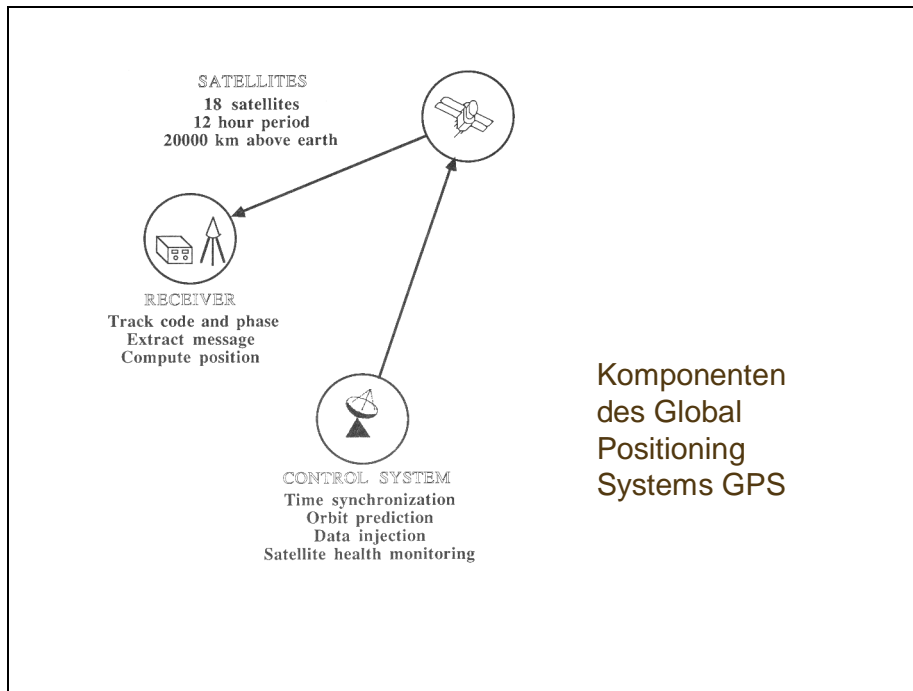
Folie 5: Ein zweiter Satellit (zweiter Kreis) schränkt die Möglichkeiten schon etwas ein. Nun wäre die gesuchte Position im Bereich zwischen den beiden Schnittpunkten zu suchen. Das ist jedoch immer noch nicht zielführend ...

## Folie 6



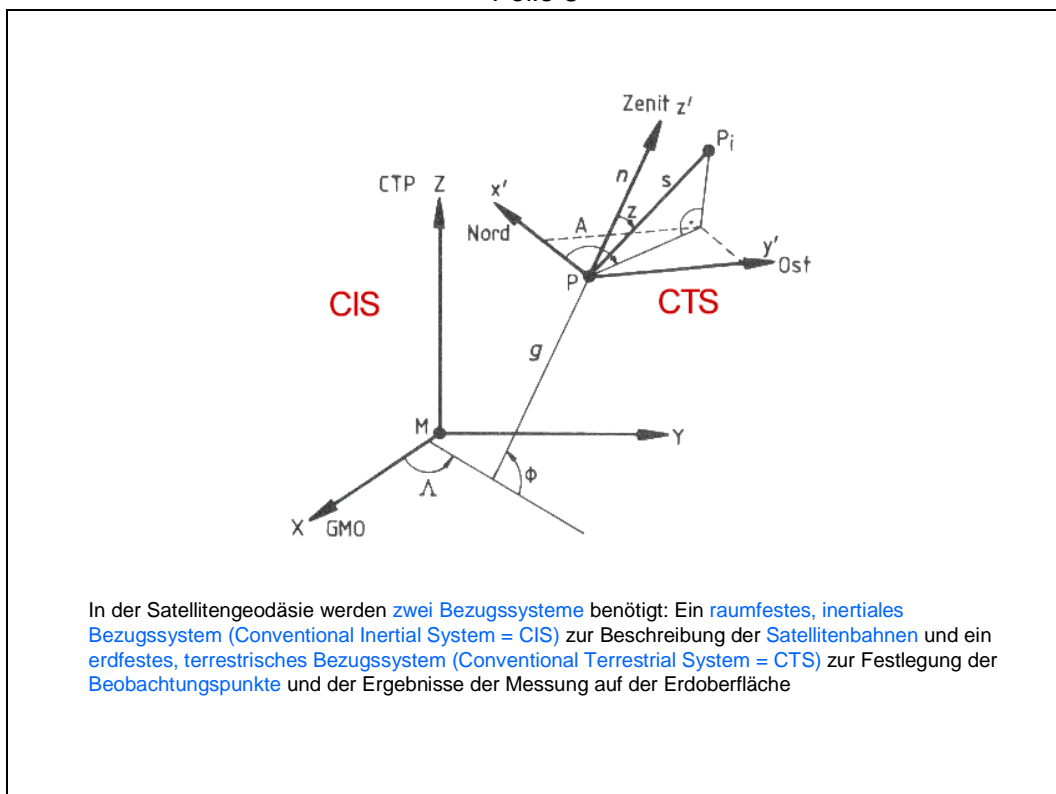
Folie 6: Erst die Hinzunahme eines dritten Satelliten verkleinert den Bereich, in welchem sich die gesuchte Position befindet. Wenn aber die Satellitenuhren mit den Empfängeruhren nicht exakt synchron sind (und das sind sie nicht) ergibt sich aus dem Zeitversatz immer noch ein relativ großer Fehlerbereich. Man hält diesen Bereich durch Messung der Signale eines vierten Satelliten möglichst klein, muss aber dennoch durch aufwändige iterative Rechenschritte, die quasi die Kreise zu einem Schnittpunkt zusammenschieben, den genauen Standort des Empfängers ermitteln.

## Folie 7



Folie 7: Der Öffentlichkeit eher unbekannt ist die Tatsache, dass ein sehr aufwändiges **Master Control System** existiert, welches für die Zeitsynchronisationen, Fehlerkorrekturen, Orbit-Berechnungen und Datenübermittlung an die Satelliten zuständig ist. **Über dieses Kontroll-System werden die Zeitdaten der Satelliten kontinuierlich beeinflusst.**

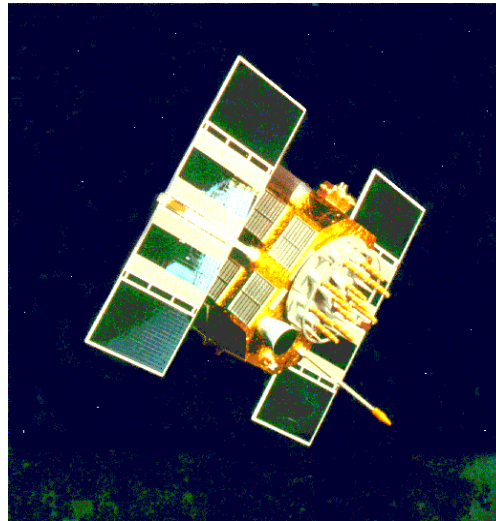
## Folie 8



Folie 8: Die Beziehung der beiden Koordinatensysteme (ein raumfestes und ein mit der Erdoberfläche bewegtes) ist unumgänglich. Nur auf diese Weise sind die gesuchten Positionen auf der Erdoberfläche auch eindeutig lokalisierbar.

## Folie 9

### Das Weltraumsegment



Folie 9: Hier einer der Satelliten. Gewicht ca. 845 kg. An Bord mehrere „Atomuhren“, sowohl Rubidium- als auch Cäsiumuhren. Die Uhren können ein- und ausgeschaltet werden, ihre Gang ist jedoch nicht beeinflussbar. Deshalb werden ihre Anzeigen mit Korrekturwerten verändert, um brauchbar zu werden. Erst die Satelliten des Blocks II, IIA und IIR verfügen über frequenzverstimmte Oszillatoren, welche die relativistischen Effekte der SRT und ART kompensieren sollen. Die ersten Satelliten des Blocks I verfügten über keine derartige relativistische Korrektur.

## Folie 10

	Blk			NORAD		Orbit		Launch	
	II	Internat.	Catalog	Plane		Date	Clock		
	Seq	SVN ID	Number	Pos'n		(UT)	Available/Decommissioned		
Block I	01	04	1978-020A	10684		78-02-22		78-03-29	85-07-17
	02	07	1978-047A	10893		78-05-13		78-07-14	81-07-16
	03	06	1978-093A	11054		78-10-06		78-11-13	92-05-18
	04	08	1978-112A	11141		78-12-10		79-01-08	89-10-14
	05	05	1980-011A	11690		80-02-09		80-02-27	83-11-28
	06	09	1980-032A	11783		80-04-26		80-05-16	91-03-06
	07					81-12-18		Launch failure	
	08	11	1983-072A	14189		83-07-14		83-08-10	93-05-04
	09	13	1984-059A	15039		84-06-13		84-07-19	94-06-20
	10	12	1984-097A	15271		84-09-08		84-10-03	95-11-18
	11	03	1985-093A	16129		85-10-09		85-10-30	94-04-13

*When GPS satellites were first deployed, the specified factory frequency offset was slightly in error because the important contribution from earth's centripetal potential (see Eq. (18)) had been inadvertently omitted at one stage of the evaluation. Although GPS managers were made aware of this error in the early 1980s, eight years passed before system specifications were changed to reflect the correct calculation [2]. As understanding of the numerous sources of error in the GPS slowly improved, it eventually made sense to incorporate the correct relativistic calculation.*

Ashby: „Relativity in the Global Positioning System“, pp. 18-19

In diesem Absatz schreibt Ashby, dass zu Beginn der Einfluss des zentripetalen Erdpotentials beim GPS vernutzt wurde. Es dauerte 8 Jahre, bis die Frequenzen korrigiert wurden. Das GPS funktionierte also fast 8 Jahre lang ohne die "notwendigen" Frequenzänderungen!

Folie 10: Neil Ashby bestätigt in einem seiner Aufsätze

<http://relativity.livingreviews.org/Articles/lrr-2003-1/>

dass die ersten GPS-Satelliten über keine relativistische Korrektur verfügten (diese Satelliten sind mittlerweile alle inaktiv). Acht Jahre lang funktionierte das System dennoch gut.

## Folie 11

Block II

II-1	14	14	1989-013A	19802	E-1	89-02-14	Cs	89-04-15	05:02 UT
II-2	13	02	1989-044A	20061	B-3	89-06-10	Cs	20:46 UT	20:46 UT
II-3	16	16	1989-064A	20185	E-5	89-08-18	Cs	89-10-14	20:21 UT
II-4	19	19	1989-085A	20302	A-4	89-10-21	Rb	89-11-23	03:13 UT
II-5	17	17	1989-097A	20361	D-3	89-12-11	Cs	90-01-06	03:30 UT
II-6	18	18	1990-008A	20452	F-3	90-01-24	Cs	90-02-14	22:26 UT
II-7	20	20	1990-025A	20533		90-03-26		90-04-18	96-05-10
II-8	21	21	1990-068A	20724	E-2	90-08-02	Cs	90-08-22	15:00 UT
II-9	15	15	1990-088A	20830	D-2	90-10-01	Cs	90-10-15	00:39 UT

Folie 11: Die Satelliten des Blocks II.

Ihre Oszillatoren sind im Sinne der relativistischen Korrektur bereits etwas unterhalb der Nominalfrequenz eingestellt.

## Folie 12

Block IIA

II-10	23	23	1990-103A	20959	E-4	90-11-26	Cs	90-12-10	23:45 UT
II-11	24	24	1991-047A	21552	D-1	91-07-04	Rb	91-08-30	04:44 UT
II-12	25	25	1992-009A	21890	A-2	92-02-23	Cs	92-03-24	11:00 UT
II-13	28	28	1992-019A	21930		92-04-10		92-04-25	
II-14	26	26	1992-039A	22014	F-2	92-07-07	Rb	92-07-23	19:43 UT
II-15	27	27	1992-058A	22108	A-3	92-09-09	Cs	92-09-30	20:08 UT
II-16	01	01	1992-079A	22231	F-1	92-11-22	Cs	92-12-11	14:49 UT
II-17	29	29	1992-089A	22275	F-4	92-12-18	Rb	93-01-05	16:39 UT
II-18	22	22	1993-007A	22446	B-1	93-02-03	Cs	93-04-04	05:20 UT
II-19	31	31	1993-017A	22581	C-3	93-03-30	Cs	93-04-13	20:53 UT
II-20	07	07	1993-032A	22657	C-4	93-05-13	Cs	93-06-12	16:15 UT
II-21	09	09	1993-042A	22700	A-1	93-06-26	Cs	93-07-20	12:54 UT
II-22	05	05	1993-054A	22779	B-4	93-08-30	Cs	93-09-28	19:29 UT
II-23	04	04	1993-068A	22877	D-4	93-10-26	Cs	93-11-22	18:20 UT
II-24	06	06	1994-016A	23027	C-1	94-03-10	Cs	94-03-28	14:20 UT
II-25	03	03	1996-019A	23833	C-2	96-03-28	Cs	96-04-09	21:17 UT
II-26	10	10	1996-041A	23953	E-3	96-07-16	Cs	96-08-15	15:05 UT
II-27	30	30	1996-056A	24320	B-2	96-09-12	Cs	96-10-01	15:28 UT
II-28	08	08	1997-067A	25030	A-5	97-11-06	Rb	97-12-18	15:24 UT

Folie 12: Auch die Satelliten des Blocks IIA haben frequenzverstimmte („verlangsamte“) Uhren.

## Folie 13

Block  
IIR

IIR-1	42	12	97-01-17		Launch failure			
IIR-2	43	13	997-035A	24876	F-5	97-07-23	Rb	98-01-31 00:57 UT

Jeder Satellit ist nummeriert und gibt sich so auch dem Empfänger zu erkennen. Wie sich zeigt, sind die älteren Block I-Satelliten komplett ausgefallen oder wurden abgeschaltet; die Block II/IIA-Satelliten arbeiten hingegen in vollem Umfang und dienen der GPS-Navigation. Die 845 kg schweren Satelliten besitzen eine **mittlere Lebensdauer von ca. 8 Jahren** und werden über Solarflügel mit Strom versorgt. An Bord sind ein **Radio-Transceiver**, eine **Cäsium/Rubidium-Atomuhr**, **div. Mikroprozessoren** und weiteres **Steuerequipment** untergebracht. Jeder Satellit verfügt über ein eigenes, kleines Antriebssystem zur Lagekorrektur. Die Hauptaufgaben des GPS-Satelliten sind

- **Empfangen** und Speichern, der vom terrestrischen Kontrollsegment übertragenen Informationen
- Einfache **Datenverarbeitung** mittels Mikroprozessoren
- Vorhalten einer auf **10 - 13 Sekunden genauen Uhrzeit** (Atomuhr)
- **Bahnkorrekturen** durch Steuerungselemente

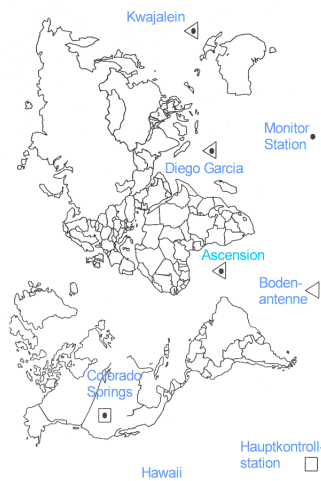
Folie 13: Was aus dem Text nicht klar hervorgeht, ist die Tatsache, dass jeder Satellit **mehrere** Uhren (bis zu 4 Stk.) mit sich trägt. Sie dienen dem abwechselnden Betrieb bzw. als Reserve bei Ausfall. Wie später gezeigt wird, werden die Uhren immer wieder gewechselt (**Clock Swap**). Jeder Neustart einer Uhr zerstört die Möglichkeit, die Aussagen der SRT und ART *quantitativ* zu überprüfen, da die Uhrabweichungen dabei praktisch immer auf Null gestellt werden.

## Folie 14

### Das Kontrollsegment

Die GPS-Satelliten werden über unterschiedliche Bodenstationen in ihrer Funktionalität überwacht und gesteuert. Dieses sogenannte **Kontroll-** oder auch **Bodensegment** nimmt folgende Aufgaben wahr:

- Kontrolle des Gesamtsystems
- **Datenverarbeitung** und Datenübermittlung
- Bestimmung der **GPS-Systemzeit** (Atomuhr)
- Vorausberechnung der **Navigationsdaten** und **Bahnephemeriden** bzw. **Steuerung** der Satelliten





Folie 14: Hier werden die Stationen des Kontroll- bzw. Bodensegments gezeigt, die über den ganzen Globus verteilt sind. Bemerkenswert ist dabei, dass die GPS-Zeit am Boden generiert wird. Diese Zeitnormale wird über die Satelliten lediglich verteilt. **Die oft kolportierte Behauptung, die relativistische Korrektur wäre hinsichtlich der Verbreitung einer exakten Zeitnormale wichtig, ist daher unrichtig!** Tatsächlich resultieren die angewandten Zeitnormalen (GPS, UCT) aus dem Vergleich von rund 300 miteinander verknüpften Atomuhren in Bodenstationen.

Die Hauptkontroll-Station in Colorado Springs errechnet insbesondere die Zeit-Korrekturdaten (Korrekturpolynom), **mit welchen die Anzeigen der Satellitenuhren laufend verbessert werden.** Davon später mehr...

## Folie 15

### Das Nutzersegment

Das Nutzersegment stellt von allen drei notwendigen Segmenten des Gesamtsystems den wohl breitgefächersten bzw. individuell verschiedenartigst gestalteten Hardware-Bereich dar. Prinzipiell wird das Segment aber immer durch einen GPS-Empfänger repräsentiert, der je nach Typ, Bauart und Anwendung (zivil oder militärisch) in technischen Details voneinander abweicht.

Atomuhr-Grundfrequenz	10.23 MHz
L1-Trägersignal	154 * 10.23 MHz
Frequenz	1575.42 MHz
Wellenlänge	19.05 cm
L2 Trägersignal	120 * 10.23 MHz
Frequenz	1227.60 MHz
Wellenlänge	24.45 cm
P-Code	
Frequenz	10,23 MHz (Mbps)
Wellenlänge	29.31 m
Zykluslänge	267 Tage; 7 Tageausschnitt je Satellit
C/A-Code	
Frequenz	10.23 MHz (Mbps)
Wellenlänge	293.1 m
Zykluslänge	1 Millisekunde
Datensignal-Frequenz	50 bps
Zykluslänge	30 s

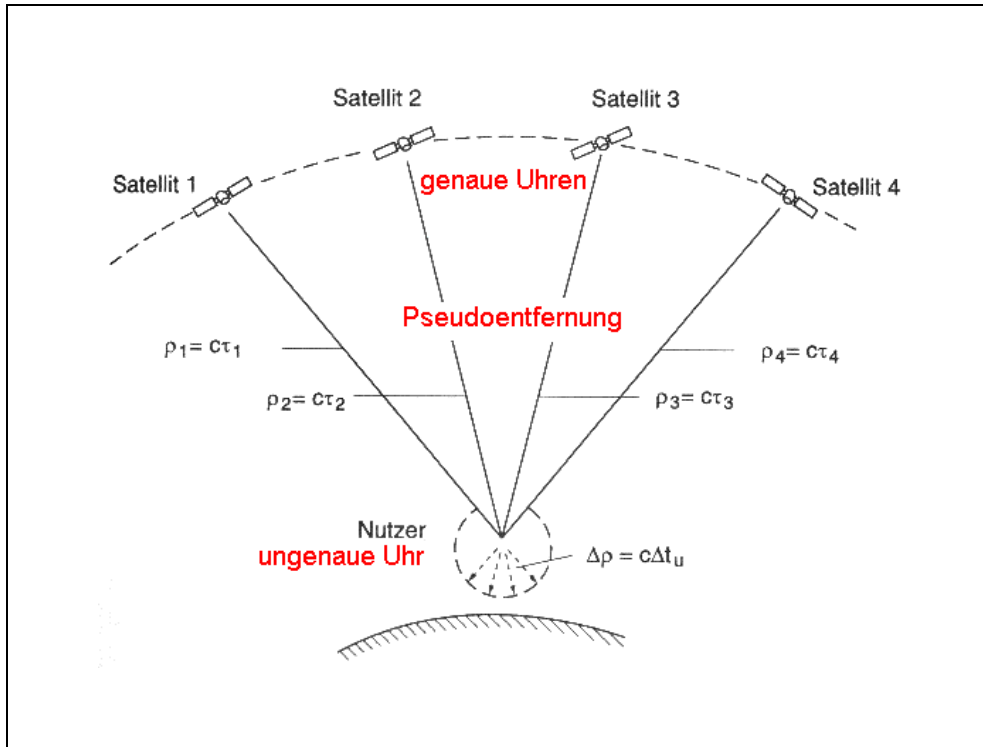
Folie 15: Das Nutzersegment besteht hauptsächlich aus den unzähligen GPS-Empfängern in den Kraftfahrzeugen, Schiffen, Flugzeugen etc.

Aus der Atom-Grundfrequenz der Satellitenoszillatoren sind auch alle anderen eingesetzten Frequenzen mathematisch ableitbar. Die Verstimmung der Grundfrequenz betrifft daher auch alle anderen Frequenzen. Am Boden wurden die Oszillatoren auf 10.229999995453 MHz verstimmt. Im höheren Gravitationspotenzial erwartet man sich daher wieder den Nominalwert von 10,23 MHz.

Dazu gibt es 2 Möglichkeiten: Entweder werden die Uhren schon oben in den Satelliten entsprechend schneller oder die Frequenz wird erst aufgrund der Potenzialdifferenz am Boden als erhöht wahrgenommen („Blauverschiebung“). Nur die letztere Variante entspricht den Aussagen der Einstein'schen Relativitätstheorien.

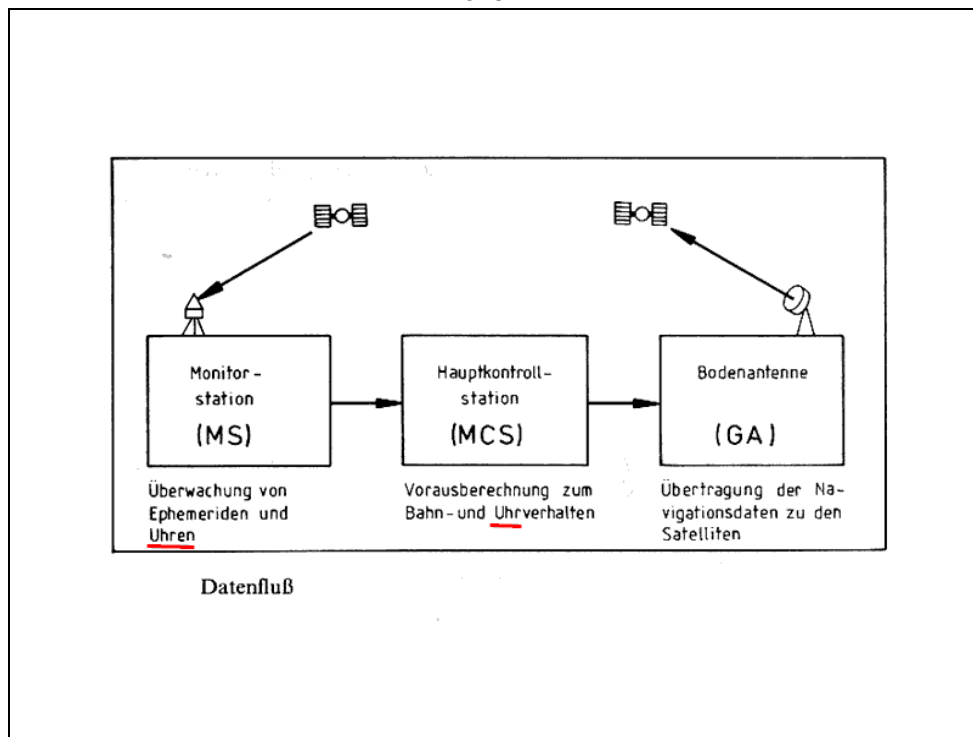


# Folie 16



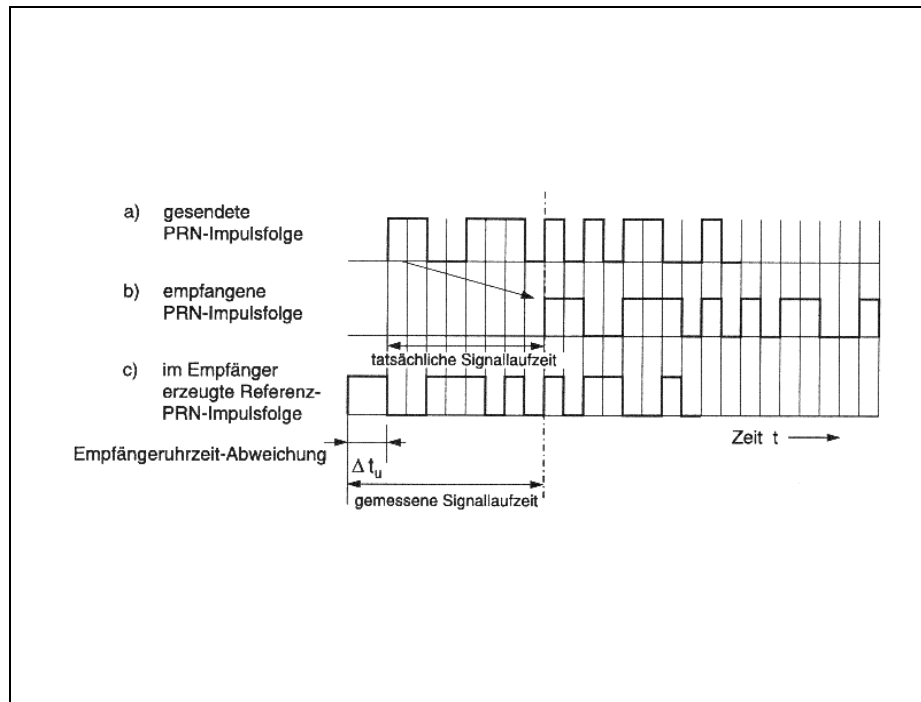
Folie 16: Hier das Schema einer Messung mittels vier Satelliten. Die ungenaue Uhr im Empfänger lässt als Ergebnis nur unpräzise „Pseudoentfernungen“ zu, ein sehr großer Rechenaufwand führt erst zum gesuchten Positionspunkt.

# Folie 17



Folie 17: Die Monitorstationen empfangen kontinuierlich die Satellitensignale und geben sie an die Hauptkontrollstation weiter, wo das Bahn- und Uhrenverhalten der Satelliten vorausberechnet wird. Es wird ein Korrekturpolynom erstellt, welches wöchentlich gilt und über die Message der Satelliten an die Empfänger weiter geleitet wird.

## Folie 18



Folie 18: Die Berechnung der Entfernung zum Satelliten ist relativ einfach. Der Empfänger empfängt den Code des Satelliten, generiert ihn identisch und möglichst zeitgleich und erkennt an der Verschiebung der Signale zueinander, wie lange das Signal vom Satelliten zum Empfänger gebraucht hat. Sehr genau ist das allerdings nicht, denn die Quarzuhr des Empfängers verursacht eine deutliche Abweichung. Diese Abweichung wird unter anderem mathematisch durch entsprechende Korrekturwerte berücksichtigt. Aber die Entfernung stellt immer noch nur eine Pseudoentfernung dar.

## Folie 19

Diagram illustrating the structure of GPS navigation data frames. The frame is 30 seconds long and consists of 5 subframes, each 6 seconds long. Each subframe contains 10 data bytes (1-9 and 0). The subframes are labeled as follows:

- Subframe 1: Uhrenkorrektur (Clock Correction)
- Subframe 2: Bahndaten (Orbital Data)
- Subframe 3: Bahndaten (Orbital Data)
- Subframe 4: Almanach Refraktionsmodell (Almanac Refraction Model)
- Subframe 5: Almanach (Almanac)

Each subframe contains a TLM (Transmit Level Measurement) and HOW (How accurate) field.

Struktur der GPS-Navigationsdaten eines "frames"

```

***** Week 365 almanac for PRN-15 *****
ID: 15
Health: 000
Eccentricity: 0.9830474854E-002
Time of Applicability(s): 233472.0000
Orbital Inclination(rad): 0.9554507195
Rate of Right Ascen(r/s): -0.7988904198E-008
SQRT(A) (m 1/2): 5153.601074
Right Ascen at Week(rad): -0.1123159311E+001
Argument of Perigee(rad): 2.689749924
Mean Anom(rad): 0.2241040320E+001
Af0(s): 0.6685256958E-003
Af1(s/s): 0.7275957614E-011
week: 365

```

365. Woche seit 22.8.1999, Satellit Nr. 15  
ID 15  
000 = Satellit "gesund", funktionsr chtig  
Exzentrizität der Umlaufbahn, sehr kreisförmig!  
GPS-Systemzeit seit Wochenbeginn in Sekunden  
Neigung der Umlaufbahn zum Äquator  
Änderung des Schnittpunktes Orbit-Äquator in s  
Bahnradius als Wurzel aus großer Halbachse  
Winkel des gröſsten Bahnabstandes  
Abweichung bezogen zum Apogäum  
Bias, Korrekturparameter f. Zeitangabe des Sat.  
Drift, Abweichung des Uhrengangs

Folie 19: In der Message des Satelliten sind 2 wichtige Subframes verborgen, die der Öffentlichkeit nicht allgemein bekannt sind. Der Subframe 1 enthält den Wert für die **Uhrenkorrektur**, der notwendig ist, um aus der GPS-Zeit die UCT zu rekonstruieren (GPS-Zeit weicht ja bereits um mehrere Sekunden von UCT ab, weil die Schaltsekunden unberücksichtigt bleiben).

Der Subframe 5 enthält den sogenannten **Almanach**, der jeweils für die Dauer einer Woche für jeden Satelliten erstellt wird und neben den Ephemeridendaten (Bahn-Informationen) auch die **Uhren-Korrekturwerte Af0 (s) und Af1 (s/s)** enthält, welche der Zeitanzeige des Satelliten **hinzugefügt oder davon abgezogen** werden muss. Der Parameter **Af1 (s/s)** betrifft den Uhrenfehler selbst, die bauartbedingte Abweichung des Uhrengangs innerhalb einer Woche, und ist bei den Atomuhren extrem gering. Der Wert **Af0 (s)** ist hingegen wesentlich größer und schwankt bei jedem Satelliten zwischen Plus und Minus, in der überwiegenden Anzahl muss der Wert jedoch der Zeitanzeige **zugerechnet** werden – ein Hinweis darauf, dass die Kompensation durch Frequenzverstimmung etwas zu hoch gewählt wurde. Einer der Gründe dafür könnte sein, dass der SRT Effekt nicht vorliegt.

Die Effekte der Speziellen Relativitätstheorie Einsteins sind **relative** Phänomene. Das heißt, sie beinhalten nicht die konkrete, absolute bzw. reale Änderung physikalischer Größen, sondern diese werden lediglich bei der Relativbewegung aus unterschiedlichen Bezugs-(Intertial-)systemen abhängig von der Geschwindigkeit unterschiedlich wahrgenommen.

Entgegen dem vielgeflügelten Wort „Bewegte Uhren gehen langsam“ ändern Uhren ihren Gang *nicht wirklich*, sondern sie erscheinen dem relativ bewegten Beobachter als verlangsamt, also so, **als ob** sie langsamer liefen und die Zeit dilatiert wäre.

Diese Interpretation der Zeitdilatation ergibt sich zwingend aus der SRT, in welcher die Zeitdilatation ein **gegenseitig** wahrnehmbares Phänomen sein soll. In zueinander relativ bewegten Bezugssystemen sieht jeder Beobachter im System des anderen Beobachters die Uhr langsamer laufen. Der Effekt ist also symmetrisch und der Lorentzfaktor ergibt für jeden Beobachter die gleiche Größe der Zeit-Verlangsamung. Eine Uhr im *Eigensystem* (Ruhesystem) kann sich demnach nicht verlangsamen, sondern **muss** unverändert laufen! Es heißt „**Die Eigenzeiten sind invariant**“. Auch die Symmetrie des Effektes kann nur dann gewahrt bleiben, wenn *keine* der Uhren ihren Gang konkret ändert (siehe dazu die Anmerkung zur „**RdG**“ im Anhang!).

Nun kann man zwar versuchen, die Zeitdilatation insofern auszutricksen, als dass man eine bewegte Uhr im Ausmaß des Lorentzfaktors *schneller* macht, um den synchronen Lauf mit einer ruhenden Uhr aufrecht zu erhalten, aber damit zerstört man erstens die Symmetrie der Lorentztransformation und widerlegt zweitens sofort Einsteins Relativitätstheorie, falls es zu einer *konkreten Gangänderung* der Uhr infolge ihrer Bewegung kommt. Denn eine reale Einwirkung der Bewegung auf den Gang der Uhr ist nur in der Lorentz'schen Variante der RT vorgesehen – wo diese Bewegung eine absolute gegen den Äther darstellt und dieser auch für den physikalischen Einfluss auf die Uhr verantwortlich ist.

Wie wir später sehen werden, bietet das GPS eine Möglichkeit, zwischen den beiden RT-Varianten zu unterscheiden!

### Atomzeit

Für die Bereitstellung einer **universellen, 'absoluten' Zeitskala**, welche den vielfältigen Ansprüchen der **physikalischen Praxis** entspricht und gleichzeitig auch für die **GPS-Positionierung** von Bedeutung ist, wurde die **internationale Atomzeitskala** (**Temps Atomique International = TAI**) eingeführt. In ihr ist die Sekunde das  $9,192631770 \times 10^9$ -fache der Periodendauer des **Strukturüberganges** unter Strahlungsfreisetzung im Nuklid  $^{133}\text{Cs}$ !

Die so definierte Zeit ist damit Bestandteil des **SI-Systems** (**System International d'Unites**). Die Atomzeit wurde so festgelegt, daß ihr Startpunkt am 01.01.1958 um 00.00 Uhr mit der von UT1 übereinstimmt. Aufgrund der laufend **verzögerten Erddrotation** treten zunehmend Unterschiede gegenüber UT auf (1986 waren dies bereits + 22,7 s!). Atomuhren finden zur genauen Zeitsynchronisation mittels **Cs/Rb-Normalen** der GPS-Signale in den Satelliten Einsatz!

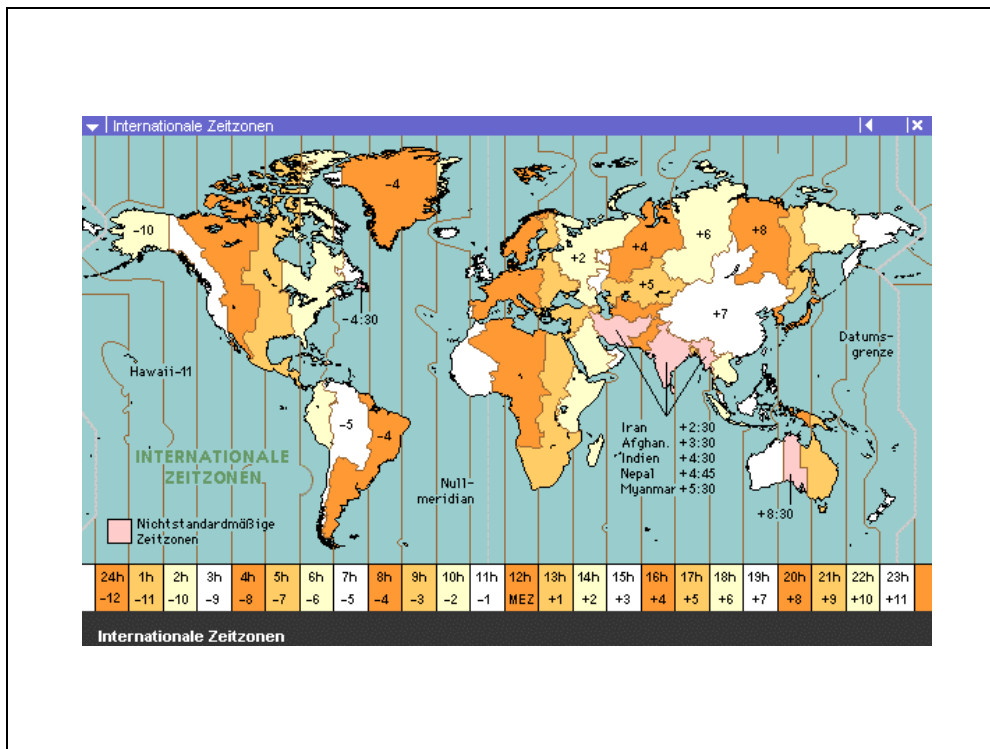
### Koordinierte Weltzeit (UTC)

Um in der Praxis eine Zeitskala verfügbar zu machen, welche sich an der universellen Atomzeit orientiert und gleichzeitig an die Weltzeit UT1 angepaßt ist, wurde international die **Koordinierte Weltzeit** (**Universal Time Coordinated = UTC**) eingeführt. Sie unterscheidet sich zu TAI durch die Sekundenanzahl, d.h.  $\text{UTC} = \text{TAI} - n$ , wobei  $n$  = Sekunden in ganzer Zahl, welche am 1. Januar oder 1. Juni eines Jahres geändert werden kann (Schaltsekunden).

**Hinweis:** Auf der Erde sind momentan **45 Zeitinstitute** (i) gleichmäßig verteilt, die regelmäßig ihre UTC(i) miteinander vergleichen. Für diesen Vergleich nutzen sie **GPS-Signale**, wobei die Meßdaten von mehr als 300 Uhren an das **Internationale Büro für Gewichte und Maße (BIPM)** und an das **United States Naval Observatory (USNO)** gesandt werden. Dort erfolgt ein Vergleich zwischen den UTC(i) mit unterschiedlichen Atomuhren (UTC).

In **Deutschland** beziehen sich fast alle elektronischen Zeitsignale auf UTC; dies gilt auch für das GPS-Vorläufermodell NAVSTAR/TRANSIT. GPS selbst besitzt jedoch eine **eigene Zeitskala**, die **GPS-Zeit** (s.u.). Beide Zeitskalen stimmten am 06.01.1980 um 00.00 Uhr überein! Da in der GPS-Zeit keine **Schaltsekunden** eingefügt werden, wachsen die Unterschiede zu TAI bzw. UTC ständig an (im Juni 1992 betrugen sie bereits 7 Sekunden!).

Folie 20: Ein Überblick über die unterschiedlichen Zeitnormalen, die beim GPS eine Rolle spielen. Dass das GPS eine eigene Zeitskala benutzt und zudem die Zählung wöchentlich (Samstag auf Sonntag) neu mit Null beginnt, hat den praktischen Zweck, sich um die diversen Zeitzonen, wie sie im nächsten Bild zu sehen sind, nicht kümmern zu müssen.



Folie 21: Die über den Erdball verteilten Zeitzonen haben für das GPS keine Relevanz.

**GPS-Zeit**

Die allgemeine **GPS-Systemzeit** wird durch eine **Wochennummer** und die **Zahl der Sekunden** innerhalb der jeweiligen Woche angegeben. Anfangsdatum ist Samstag, der **5. Januar 1980 um 0.00 Uhr (UTC)**. Jede GPS-Woche startet deshalb in der Nacht von Samstag auf Sonntag, wobei eine kontinuierliche Zeitskala, welche durch die **Hauptuhr** der **Master Control Station** vorgegeben wird, gewährleistet. Die auftretenden Zeitdifferenzen zwischen GPS- und UTC-Zeit werden ständig errechnet und der **Navigationsnachricht** beigefügt.

**Satelliten-Zeit**

Aufgrund konstanter und unregelmäßiger **Frequenzfehler** der **Atom-Ozillatoren in den GPS-Satelliten** unterscheidet sich die **individuelle Satellitenzeit** von der GPS-Systemzeit. Die Satellitenuhren werden von der Kontrollstation überwacht und ggf. korrigiert. Verantwortlich sind vor allem folgende Effekte

- Uhren gehen als Folge ihrer eigenen, relativ zur Erde **schnelleren Bewegung im All** langsamer als auf der Erdoberfläche
- Uhren gehen aufgrund der **geringeren Schwere im All** schneller als jene auf der Erdoberfläche

Trotz der sich z.T. wechselseitig aufhebenden Effekte **relativer Zeitmessung** resultiert eine **Zeitdifferenz**, die während der lokalen GPS-Messungen berücksichtigt werden muß. Um diesem Phänomen Rechnung zu tragen, werden die Satellitenuhren vor dem Start des Trabanten etwas unterhalb ihres Nominalwertes von 10,23 MHz eingestellt (Kompensation).

Folie 22: Man beachte im Absatz „Satelliten-Zeit“ die Diktion:

*“Die Uhren gehen erstens als Folge ihrer schnelleren Bewegung langsamer als auf der Erdoberfläche bzw. aufgrund der geringeren Schwere im All schneller als jene auf der Erdoberfläche.”*

Hier wird der Eindruck einer konkreten Veränderung des Uhrgangs erweckt und diese Erwartung ist sowohl auf die SRT als auch auf die ART bezogen **falsch!** In keiner der beiden Theorien dürfen Uhren ihren Gang abhängig vom Beobachter *tatsächlich* verändern, **ihre Eigenzeiten bleiben stets invariant!**

Wie schon betont, sagen beide Theorien Einsteins aus, dass der Uhrgang nur von relativ bewegten Bezugssystemen oder unterschiedlichen Gravitationspotenzialen aus als verändert „wahrgenommen“ bzw. gemessen werden kann.

Im gleichen Sinne bedeutet die Lorentzkontraktion der SRT nicht, dass sich Längen tatsächlich verkürzen, sondern lediglich, dass sie als verkürzt gemessen werden! Der oft benutzte Satz „Bewegte Körper werden kürzer“ ist ebenfalls eine verfehlt Darstellung des relativistischen Effektes. Bewegte Körper bleiben natürlich genauso lang wie unbewegte und bewegte Uhren gehen genau gleich wie unbewegte Uhren – aber wenn Längen mit verlangsamt erscheinenden Uhren gemessen werden, so erscheinen sie folglich kürzer. Das Relativitätsprinzip ließe **konkrete** Unterschiede in Zeiten und Längen gar nicht zu, weil sowohl Ruhe als auch Bewegung in Inertialsystemen **ununterscheidbar** bleiben müssen und die Effekte gegenseitig, also symmetrisch auftreten.

Die aus dem Text sprechende Erwartung, dass Satelliten-Uhren tatsächlich ihren Gang ändern, ist also **nicht konform mit den Einstein’schen RT!** Mehr davon im Anhang zur „RdG“.

**Empfänger-Zeit**

Im Gegensatz zu den Satelliten sind die **GPS-Empfänger** baubedingt nur mit **Quarzuhren** ausgestattet, welche durch ihre hohen **Frequenzschwankungen** eine genaue Bestimmung von  $\Delta t$  erschweren. Die Genauigkeit der Zeitmessung und damit der **Signallaufzeiten/Entfernungen** ist auf Empfängerseite somit geräteabhängig!

**Rubidium-Uhren**

Eine häufig verwandte **Atomuhr** ist die **Rubidium-Frequenznormale (Rb-Uhr)**, welche auf dem Übergang zwischen dem Energieniveau von  $87\text{ Rb}$  aus dem Grundzustand der Hyperfeinstruktur basiert. Die Frequenz der Strahlung ist:

$$f_{\text{Rb}} = (E_2 - E_1) / h = 6,834682613 \text{ GHz}$$

Rb-Uhren sind für unterschiedlichste Aufgaben mit verschiedenen Betriebseigenschaften verfügbar, je nachdem welche Baugrößen und Funktionalitäten gewünscht wird.

**Cäsium-Uhren**

Eine weitere häufig verwandte **Atomuhr** ist die **Cäsium-Frequenznormale (Cs-Uhr)**, welche auf dem Übergang zwischen dem Energieniveau von  $133\text{Cs}$  aus dem Grundzustand der Hyperfeinstruktur basiert. Die Frequenz der Strahlung ist:

$$f_{\text{Cs}} = (E_2 - E_1) / h = 9,192631770 \text{ GHz}$$

Cs-Uhren sind für unterschiedlichste Aufgaben mit verschiedenen Betriebseigenschaften verfügbar, je nachdem welche Baugrößen und Funktionalitäten gewünscht wird.

**Rubidium- und Cäsiumuhren verhalten sich unterschiedlich!**

Rubidiumuhr zeigt periodische Schwankungen (Erdrotation), Cäsiumuhr bleibt stabil.

Folie 23: Dass die Uhren im Empfänger nicht viel taugen, wurde schon erwähnt. Viel präziser sind die Uhren in den Satelliten, und die Tatsache ist interessant, dass Rubidium-Uhren (sie sind nicht so genau wie die Cäsiumuhren) eine periodische Abweichung zeigen, die im Zusammenhang mit der Erdrotation stehen könnte (12-Stunden-Intervalle), hingegen die Cäsiumuhren diese periodische Drift nicht aufweisen. Das ist ein Hinweis darauf, dass die Bauart einer Uhr den jeweiligen Effekt stark beeinflusst und es niemals die „Zeit“ selbst ist, die da gemessen wird. Da auch Photonen Masse zugeschrieben werden kann und elektromagnetische Kräfte über Photonen vermittelt werden, ist ein Einfluss der Gravitation auf elektromagnetische Prozesse, wie sie insbesondere in Atomuhren ablaufen, sehr naheliegend. Photonen sind im höheren Gravitationspotenzial demnach „leichter“ – kein Wunder, wenn der Uhrengang dadurch weniger gravitativ behindert wird ... Darauf komme ich später noch einmal zurück (Folie 37, Pound Rebka Experiment).

Da **Satelliten- und Empfangsuhr** nicht wirklich übereinstimmen und die Geschwindigkeit des Signals aufgrund unterschiedlicher Effekte nicht gleich der Lichtgeschwindigkeit ist, bildet das Produkt aus  $\Delta T \cdot c$  nur die **Pseudoentfernung** ab.

**Die zu korrigierenden Fehler und ihre Auswirkung auf die Positionierung:****Atmosphärische Effekte  $\pm 5$  Meter**

- **Schwankungen der Satellitenumlaufbahnen  $\pm 2.5$  Meter**
- **Uhrenfehler der Satelliten  $\pm 2$  Meter**
- **Störungen durch Reflexion der Signale  $\pm 1$  Meter**
- **Störungen durch die Troposphäre  $\pm 0.5$  Meter**
- **Rechnungs- und Rundungsfehler  $\pm 1$  Meter**
- **Relativistische Effekte  $\pm 0,13$  Meter**

Folie 24: Die relativistischen Effekte haben auf die Positionierung den *kleinsten* Einfluss. Andere Fehlerursachen führen zu wesentlich größeren Abweichungen. Alle Werte, die der Korrektur dieser Fehler dienen, werden im Almanach übermittelt und vom Empfänger mathematisch berücksichtigt. Sie werden im sogenannten Korrekturpolynom modelliert und führen sowohl zur Korrektur von Positionsdaten als auch zur Korrektur **der Zeitanzeige** der Satelliten. Ob die Satelliten a priori bereits durch Frequenzverstimmung „korrigiert“ sind oder nicht, *spielt keine Rolle* und würde bei unkorrigierter Nominalfrequenz einfach nur zu anderen Größen des Korrektur-Polynoms führen. Einen kleinen Vorteil hat die Kompensation der Gangabweichungen aber immerhin: *kleinere* Korrekturwerte (was bei binären Daten relevant sein kann).

## Folie 25

$$\Delta t_j^i(t) = \rho_j^i(t) / c + \delta_s^i t + \delta_r t [\dot{\rho}_j^i(t) / c - I] + \Delta t_{ion}(t) + \Delta t_{trop}(t) + \Delta t_{rel} + \varepsilon_j^i$$

$\Delta t_j^i$  Beobachtungsgröße Laufzeit in Sekunden

$\rho_j^i$  geometrische Wegstrecke in Meter

$\delta_s^i t$  Fehler der Satellitenuhr zur Epoche  $t$

$\delta_r t$  Fehler der Empfängeruhr zur Epoche  $t$

$\dot{\rho}_j^i$  Radiale Geschwindigkeit in m/s

$\Delta t_{ion}$  Korrekturfaktor der ionosphärischen Verzögerung

$\Delta t_{trop}$  Korrekturfaktor der troposphärischen Verzögerung

$\Delta t_{rel}$  Korrekturfaktor der relativistischen Effekte

$\varepsilon_j^i$  Meßrauschen

$c$  Lichtgeschwindigkeit in m/s

Folie 25: Leicht wird es dem Empfänger nicht gemacht, wenn er den Zeitversatz der Satellitensignale errechnen muss. Die obige Formel zeigt, was hierbei alles berücksichtigt wird. Es ist also nicht so, dass man einfach die Satelliten a la Einstein korrigiert und schon würde alles passen...

Ganz im Gegenteil hat die rel. Korrektur mittels prophylaktischer Frequenzverstimmung keine schwerwiegende Bedeutung, denn es ist prinzipiell gleichgültig, in welchen Größen die zusätzlich unvermeidlichen Korrekturwerte anfallen. Im Empfänger wird dennoch stets im gleichen aufwändigen Umfang gerechnet...

Die oft kolportierte (auch von Prof. Embacher eingesetzte) Behauptung, die Techniker am Boden müssten sich aufgrund der großartigen Frequenz-Korrektur nicht mehr um die Relativität kümmern, ist außerdem falsch. Da die Satellitenbahnen etwas exzentrisch sind, ändern sich sowohl das Gravitationspotenzial als auch die Geschwindigkeit innerhalb von 12-stündigen Perioden und man versucht daher, dem durch Einbezug von Korrekturen beim Empfänger (siehe oben  $\Delta t_{rel}$ ) gerecht zu werden. Allerdings ist die Exzentrizität der Orbits sehr gering und die Auswirkung daraus auf die Positionierung von vornherein rund 100 Mal kleiner als der große relativistische Fehler, welcher selbst auch nur ca. 13 cm ausmachen würde.





### 7.1.3 Kontrollsegment

Die Aufgaben des Kontrollsegmentes sind (Russel, Schaibly 1978)

- Kontrolle des Satellitensystems
- Bestimmung der GPS Systemzeit
- Vorausberechnung der Satellitenephemeriden und des Satellitenuhrverhaltens
- Einspeisen der Satelliten-Navigationsdaten in den Datenspeicher jedes Satelliten.

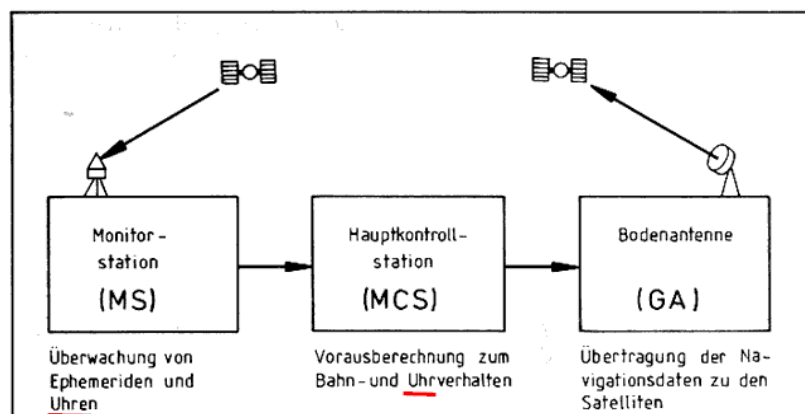
Zum Kontrollsegment gehören die Hauptkontrollstation (*Master Control Station MCS*), eine bestimmte Zahl von *Monitorstationen* sowie weltweit verteilte Bodenantennen (*Ground Antennas*). Das operationelle Kontrollsegment (OCS) für GPS besteht aus der Hauptkontrollstation in Colorado Springs (USA), drei Monitorstationen und Bodenantennen in Kwajalein, Ascension und Diego Garcia sowie zwei weiteren Monitorstationen in Colorado Springs und Hawaii (Abb. 7.5).

Die Monitorstationen empfangen alle Satellitensignale, bestimmen daraus Entfernungsdaten und übertragen diese gemeinsam mit meteorologischen Daten zur Hauptkontrollstation. In der Hauptkontrollstation werden aus diesen Daten Satellitenephemeriden und das Verhalten der Satellitenuhren vorausberechnet sowie die Navigationsdaten (Message) formuliert.

Diese Daten werden über eine Datenleitung an die Bodenantennen weitergegeben und von dort zu den Satelliten übertragen. In Abb. 7.6 ist dieser Vorgang schematisch dargestellt.

Die GPS-Systemzeit [2.2.4] wird durch den Cäsium-Oszillator einer ausgewählten Monitorstation definiert. Für diese Station werden keine Uhrparameter bestimmt. Durch die globale Verteilung der Stationen können täglich wenigstens drei Kontakte zwischen jedem Satelliten und dem Kontrollsegment vorgenommen werden.

Folie 26: Ein Zitat aus Günther Seebers „Satellitengeodäsie“, in welchem ausführlich dargestellt ist, welche Aufgaben das Kontrollsegment hat. Interessant ist dabei, dass in der Vorausberechnung des erwarteten Satellitenuhr-Verhaltens auch das **bisherige Verhalten** einbezogen wird. Was immer auch die Satellitenuhren treiben, die angewandte Methode führt immer zu einer recht brauchbaren Korrektur. Ob prophylaktisch relativistisch korrigiert wurde oder nicht hat lediglich eine Auswirkung auf die Datengrößen selbst. 8 Jahre lang funktionierte das GPS ja auch ohne die Frequenzverstimmung der Oszillatoren!



Datenfluß

Folie 27: Nochmals der Datenfluss zur Erinnerung an die intensive Beeinflussung der Satelliten-Uhren. Auch die Umschaltung auf Reserve-Uhren (Clock Swap), oder ihre Wartung (Ionenpumpe etc.) wird immer wieder von den Bodenstationen aus veranlasst!

## Folie 28



### 7.1.5.3 Berechnung der Satellitenzeit und der Satellitenkoordinaten

Die GPS-Systemzeit wird durch eine Wochenummer und die Zahl der Sekunden innerhalb der Woche angegeben; damit kann die GPS-Zeit Werte zwischen 0 am Wochenanfang und 604 800 am Wochenende annehmen. Anfangsepoche ist der 5. Januar 1980, 0 UTC. Deswegen startet die GPS-Woche um Mitternacht zwischen Sonnabend und Sonntag. GPS-Systemzeit ist eine kontinuierliche Zeitskala und wird durch die Hauptuhr in der Master Control Station definiert. Wegen der Schaltsekunden in der UTC Zeitskala und der Drift in der Hauptuhr sind GPS-Systemzeit und UTC nicht identisch [2.2.4]. Die Differenz wird kontinuierlich vom Kontrollsegment berechnet und mit der Navigationsmessage verbreitet. Anfang 1987 betrug die Differenz etwa 4 Sekunden (GPS Zeit voraus).

Aufgrund konstanter und unregelmäßiger Frequenzfehler der Oszillatoren in den Satelliten unterscheidet sich die individuelle Satellitenuhr von der GPS Systemzeit. Das Uhrverhalten wird vom Kontrollsegment überwacht und in Form eines Polynoms 2. Grades prädiziert. Die Koeffizienten sind in der ersten Parametergruppe der Tabelle 7.3 enthalten. Die Korrektur der Satellitenzeit  $t_{SV}$  auf GPS Systemzeit  $t$  erfolgt nach

$$t = t_{SV} - \Delta t_{SV} \quad (7.3)$$

mit

$$\Delta t_{SV} = a_0 + a_1(t - t_{0c}) + a_2(t - t_{0c})^2 \quad (7.4)$$

$t_{0c}$  ist die Referenzzeit für die Koeffizienten  $a_0, a_1, a_2$ .

Im Rechenprozeß kann  $t$  ohne Genauigkeitsverlust durch  $t_{SV}$  ersetzt werden. Für die Drift der Satellitenuhr folgt durch Differentiation von (7.4)

$$\dot{\Delta t}_{SV} = a_1 + 2a_2(t - t_{0c}). \quad (7.5)$$

Der Parameter AODC (Age of Data Clock) und entsprechend AODE gibt an, wieviel Zeit seit der letzten Aufdatierungsmessung verstrichen ist und eröffnet damit eine Möglichkeit zur Gewichtung im Ausgleichsalgorithmus.

Folie 28: Das Zitat aus Seebers Buch führt vor, wie das Korrekturpolynom zustande kommt, welches mit dem Almanach als Af0 übermittelt und vom Empfänger den Satellitenangaben *hinzugerechnet oder davon abgezogen wird*.

Die Korrektur gilt jeweils nur für eine Woche und wird danach neu berechnet. Meist bleibt der Wert nur über mehrere Wochen konstant und verändert sich in manchen Fällen auch sprunghaft.

Angesichts dieser Umstände erkennt man, dass die prophylaktische relativistische Korrektur höchstens akademischen Wert hätte, würde man eine Möglichkeit haben, sie quantitativ und qualitativ zu verifizieren. Die hat man aber nicht, weil man das Polynom auch aus dem **Verhalten der Uhren** errechnet und hier eine *Trennung der diversen unterschiedlichsten Fehlerursachen* gar nicht möglich ist!

Da die Satellitenuhren ohnehin nur eine sogar bis auf mehrere Sekunden unrichtige Vorhaltezeit zeigen und ihre Anzeigen erst nach Zurechnung der Korrekturwerte brauchbar werden, erhebt sich für mich die Frage, wieso die Satelliten überhaupt eigene Uhren beinhalten! Ich könnte mir vorstellen, dass in einigen Jahrzehnten die Ingenieure auf die Idee kommen werden (der menschliche Geist ist nun mal ein Fußgänger!) statt den Korrekturdaten zur richtigen Zeit einfach gleich die richtige Zeit zu verteilen, denn das käme auf dasselbe raus. Das wäre eine einfache externe Synchronisation der Systemuhren, wogegen die praktizierte Vorgangsweise mir unnötig kompliziert erscheint.

Ein Beispiel: Man kann eine Vielzahl von Bahnhofsuhrn selbstständig laufen lassen und ihren Fehlgang mit einer Hauptkontrolluhr feststellen und dementsprechende Korrekturen an die jeweilige Uhr senden. Einfacher ist es, die Zeit der Hauptuhr zu senden und die „Uhren“ lediglich als Anzeigeeinstrumente der Hauptzeit einzusetzen ☺



GPS-Zeit wird operationell als die Zeitskala definiert, die vom GPS-System genutzt wird (vgl. [2.2.4]). Jeder GPS-Satellit enthält Uhren, die als Zeit- und Frequenzbasis für die Realisierung der Systemzeit im jeweiligen Satelliten gelten und die Aussendeepochen der Navigations- und Trägersignale festlegen. GPS-Zeit wird durch die Hauptkontrollstation MCS überwacht [7.1.3]. Die Beziehung zu den sonstigen Atomzeitskalen ist in Abb. 2.11 dargestellt.

Die Satellitenuhren laufen um 38500 ns/Tag zu schnell; diese Korrektur erfaßt mehr als 99,6% des relativistischen Uhreffekts. Soweit erforderlich, werden weitere Abstimmungen durch das MCS vorgenommen, um die individuellen Satellitenuhren innerhalb  $\pm 1$  ms in der Zeit und  $\pm 1 \cdot 10^{-9}$  in der Frequenz mit der Systemzeit in Übereinstimmung zu halten (Mc Caskill, Buisson 1985).

Um Echtzeitnavigation zu ermöglichen, müssen die Satellitenuhren genügende Frequenzstabilität aufweisen und mit GPS-Zeit synchronisiert sein. Aus diesem Grunde werden in den Satelliten Rubidium- und Cäsiumoszillatoren genutzt [2.2.5]. Die Nutzeruhr im Empfänger muß nur stabil genug sein, um die Pseudoentfernungsmessungen mit Codephasen durchführen zu können. Hierzu genügt ein guter Quarzoszillator. Bei einigen geodätischen Auswerteprogrammen werden durch doppelte Differenzbildung der Trägerphasenbeobachtungen Fehler in den Empfängeruhren eliminiert [7.3.3]. Die Verwendung einer genaueren (externen) Empfängeruhr, beispielsweise eines Rubidium-Oszillators verbessert aber die Positionslösung, da sich dann Fehlerquellen (beispielsweise Bahnfehler) besser von Zeitfehlern trennen lassen. Wenn kein Zugang zur Satellitenzeit besteht, wie bei codeunabhängigen Empfängern, muß die Zeitbasis für die Bodenstationen über einen externen Präzisionsoszillator bereitgestellt werden. Alle gemeinsam beteiligten Oszillatoren sind dabei zu synchronisieren. Die Genauigkeit dieser Oszillatoren geht in das Positionsergebnis ein.

Das Verhalten der Satellitenuhren wird dem Nutzer in Form eines Polynommodells 2. Ordnung mitgeteilt, dessen Koeffizienten  $a_0, a_1, a_2$  vom Kontrollsegment vorhergesagt werden [7.1.5.3]. Das tatsächliche Verhalten der Uhren unterscheidet sich jedoch hiervon aufgrund unvorhersagbarer, korrelierter Frequenzfehler. In Mehrstationsauswerteprogrammen können folglich Korrekturparameter für  $a_0, a_1, a_2$  bestimmt werden (7.50).

Folie 29: Hier spricht Seeber speziell die relativistische Korrektur an und gibt an, dass die Satellitenuhren um 38 Mikrosekunden pro Tag zu schnell laufen. Die Verstimmung der Frequenz soll 99,6 % des Effektes kompensieren. **Erforderlichenfalls wird eine weitere Korrektur durch das MCS vorgenommen.** Jedenfalls werden die Uhranzeigen in einem schmalen Bereich ( $\pm 1 \mu s$ ) mit der Systemzeit in Übereinstimmung gehalten. (Statt der Korrekturdaten gleich die korrigierte Systemzeit zu verteilen wäre, wie gesagt, viel einfacher!)

Im letzten Absatz erwähnt er nochmals das Polynom, welches auf die zukünftigen Abweichungen der Uhr abzielt. Auch wenn das tatsächliche Verhalten der Uhren praktisch unvorhersagbar ist!

Auch Seeber bemerkt offenbar nicht, dass er eigentlich von einem **konkret veränderten** Uhrengang nicht sprechen dürfte. Die Feststellung:

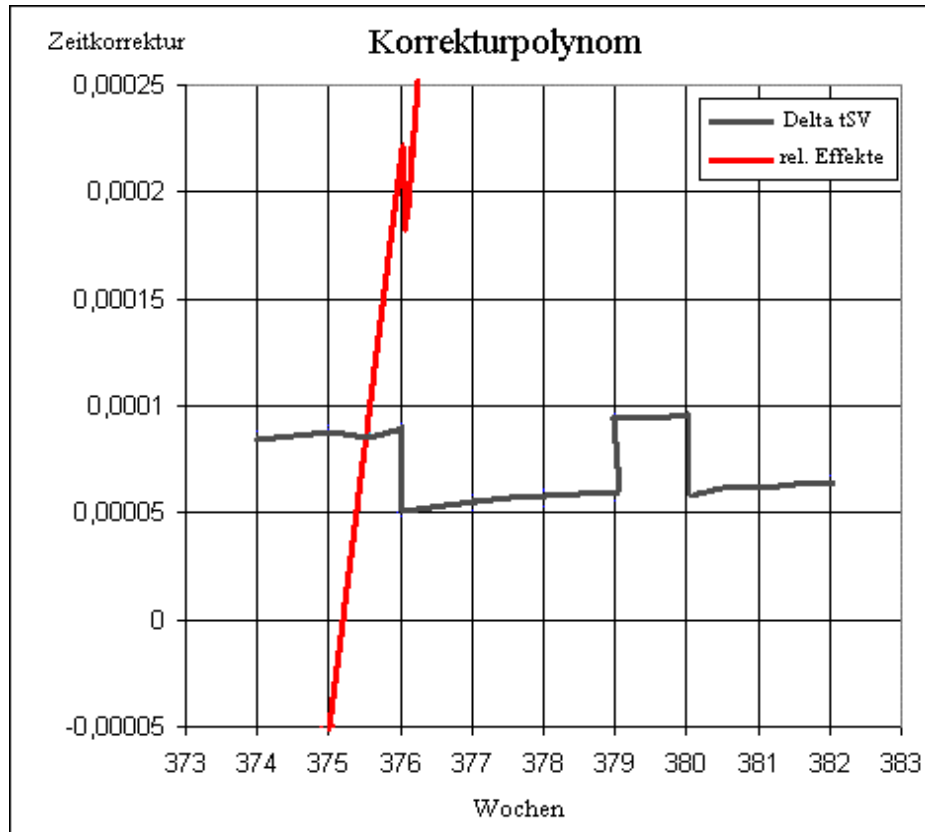
*„Die Satellitenuhren laufen um 38500 ns zu schnell ...“*

ist nicht konform mit der RT. Richtig müsste es heißen:

*Die Satellitensignale werden von den Bodenempfängern mit einer Blauverschiebung empfangen! Dies erweckt den Anschein, **als ob** der Oszillator schneller geworden sei!*

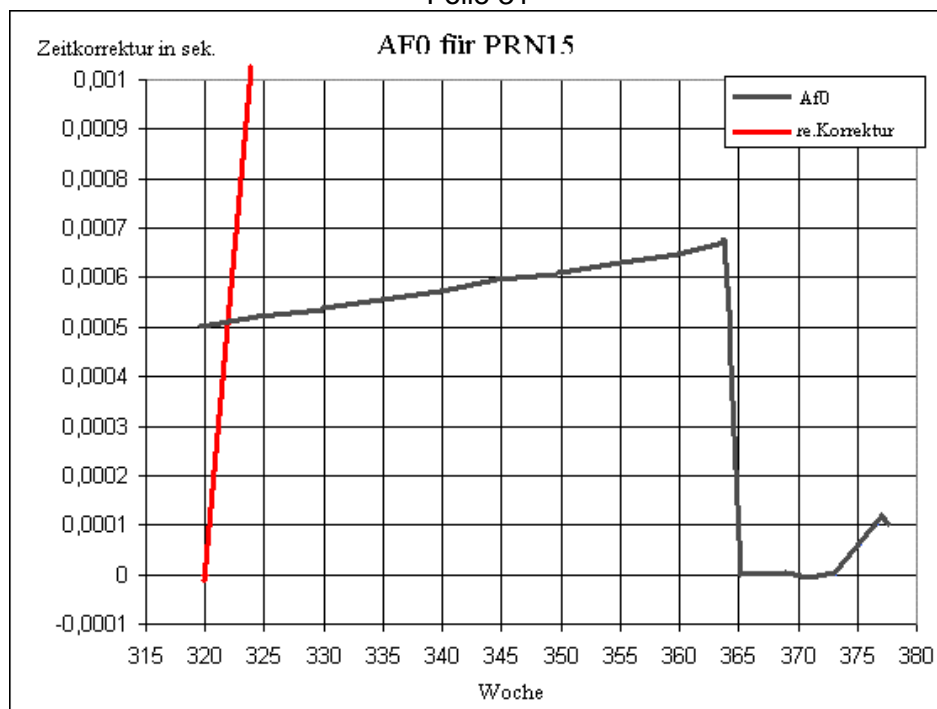
Andere Autoren (wie z.B. Prof. Embacher) sind hier in letzter Zeit genauer geworden. Sie gehen in neueren Publikationen auf diesen „**Als ob**“-Status der Effekte ausdrücklich ein (Folie 40)

# Folie 30



Folie 30: Das Korrekturpolynom für die Wochen 374 bis 382 eines Satelliten (graue Kurve). Man sieht, wie die Werte von Zeit zu Zeit zurückgesetzt werden. Die Dimension der relativistischen Korrektur ist rot eingezeichnet. Man erkennt, dass diese Korrektur durchaus einen praktischen Sinn hat, wenngleich ihr Fehlen lediglich eine andere graue Linie ergeben würde. Es sieht so aus, als wäre zumindest der ART-Effekt **tatsächlich** im Satelliten selbst vorhanden. Aber genau das dürfte eigentlich nicht sein...

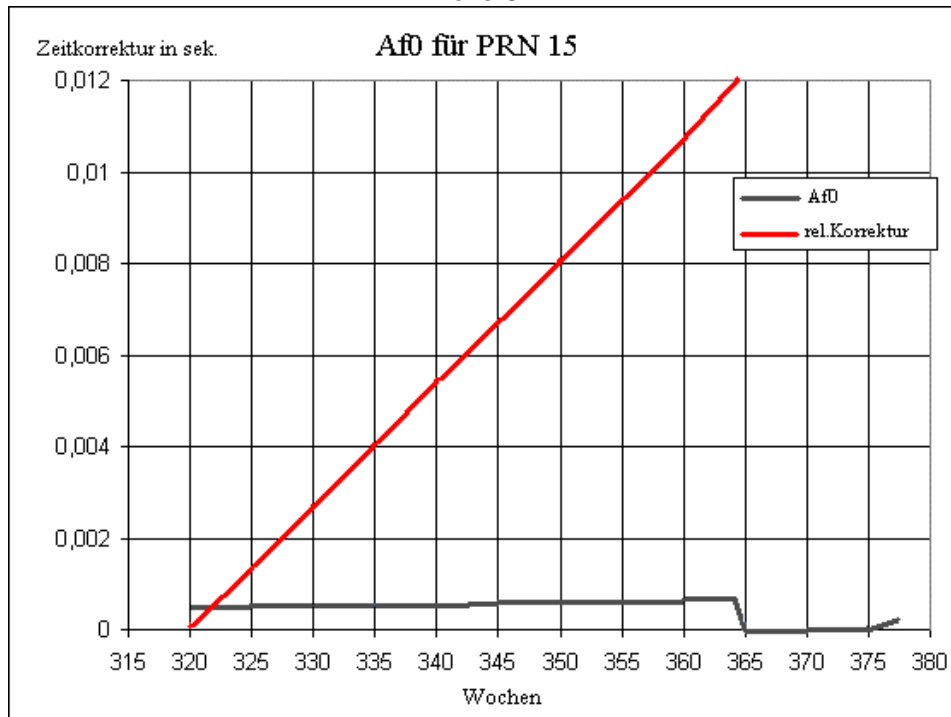
# Folie 31



Folie 31: Der Tod eines Satelliten. Der Af0-Wert für den Satelliten nimmt einen immer höheren Wert an. Offenbar versagt auch die relativistische Korrektur zusehends oder es sind unerwartete Einflüsse im Spiel.

In der Woche 365 wird der Satellit abgeschaltet und danach mit neu berechnetem Af0 Wert wieder in Betrieb genommen. Das geht 1 ½ Wochen gut, dann entgleist die Zeitanzeige abermals und diesmal unkorrigierbar stark – der Satellit musste daher endgültig aus dem Betrieb genommen werden und schwebt seitdem als Weltraum-Müll durch das All.

Folie 32



Folie 32: Der Vorgang von vorher in einer anderen Skalierung, in welcher die relativistische Korrektur schön sichtbar wird. Tatsächlich würde sich eine Drift im Ausmaß der roten Linie ergeben, wenn der Oszillator nicht *konkret schneller* schwingen würde!

Folie 33

Slot A	PRN 9 (Rb)	PRN 31 (Rb)	PRN 8 (Cs)	PRN 27 (Cs)	PRN 25 (Rb)	
Slot B	PRN 16 (Rb)	PRN 30 (Cs)	PRN 28 (Rb)	PRN 5 (Rb)	PRN 12 (Rb)	
Slot C	PRN 6 (Rb)	PRN 3 (Rb)	PRN 19 (Rb)	PRN 17 (Rb)	PRN 7 (Rb)	
Slot D	PRN 2 (Rb)	PRN 11 (Rb)	PRN 21 (Rb)	PRN 4 (Rb)	PRN 15 (Rb)	PRN 24 (Cs)
Slot E	PRN 20 (Rb)	PRN 22 (Rb)	PRN 10 (Cs)	PRN 18 (Rb)		
Slot F	PRN 14 (Rb)	PRN 26 (Rb)	PRN 13 (Rb)	PRN 23 (Rb)	PRN 29 (Rb)	PRN 1 (Cs)

Aktive Satelliten: 31

Folie 33: Diese Übersicht der aktiven Satelliten soll zeigen, dass unterschiedliche Uhren (Rubidium und Cäsium) im Einsatz sind. Das ist aber nur eine Momentaufnahme, denn der Betrieb der Uhren wird immer wieder gewechselt (**Clock Swap**).

## Folie 34

Statusmeldungen		
Meldung vom: 01.01.2007 - JDay: 1 - Alle Zeiten UTC.		
<b>Satellit</b>	<b>PRN: - Allgemeine Meldungen -</b>	
von:	bis:	
-	-	keine Meldungen
-	-	keine Meldungen
-	-	keine Meldungen
-	-	keine Meldungen
-	-	keine Meldungen
<b>Satellit</b>	<b>PRN: 03</b>	
von:	bis:	
27.12.2006 - 01:20	-	Ungeplanter Ausfall: Satellit bis auf weiteres unbenutzbar.
<b>Satellit</b>	<b>PRN: 05</b>	
von:	bis:	
15.12.2006 - 21:00	16.12.2006 - 09:00	Geplanter Ausfall: Delta-V Manöver - Bahnkorrektur des Satelliten.
15.12.2006 - 21:27	16.12.2006 - 05:53	Zusammenfassung der effektiven Unterbrechungszeiten.
<b>Satellit</b>	<b>PRN: 08</b>	
von:	bis:	
19.12.2006 - 07:00	19.12.2006 - 19:00	Geplanter Ausfall: Delta-V Manöver - Bahnkorrektur des Satelliten.
19.12.2006 - 08:05	19.12.2006 - 12:13	Zusammenfassung der effektiven Unterbrechungszeiten.
<b>Satellit</b>	<b>PRN: 12</b>	
von:	bis:	
19.12.2006 - 08:05	-	Zusammenfassung der effektiven Unterbrechungszeiten.
13.12.2006 - 03:07	-	Satellit wurde erstmalig auf "benutzbar" gesetzt.

Folie 34: Diese Statusmeldungen sind für uns wichtig bei der Beurteilung, ob man aus dem Satellitenuhr-Verhalten irgendwelche Schlussfolgerungen hinsichtlich der Gültigkeit der RT ableiten kann. Da keine der Uhren über lange Zeit störungsfrei und unkorrigiert läuft, ist das auch kaum möglich. Die Satelliten werden aus unterschiedlichen Gründen (Bahnkorrektur, Wartung etc.) abgeschaltet und neu in Betrieb genommen. Auch der Korrekturwert  $Af_0$  beginnt bei solchen Anlässen in einer neu errechneten Größe – was zeigt, dass bei der neuerlichen Inbetriebnahme des Satelliten die Uhr ebenfalls neu eingerichtet („eingestellt“) wird. Das ist einer der Hauptgründe dafür, dass sich das GPS in keiner Weise eignet, als Experiment im Rahmen der ART oder SRT ausgewertet zu werden.

Insbesondere der Einbezug des bisherigen Verhaltens der Uhren in die Korrekturpolynome verhindert, dass die Wirksamkeit der relativistischen Korrektur quantitativ von den anderen einmodellierten Fehlerursachen getrennt werden kann. Qualitativ lässt sich ein unmittelbarer Einfluss der Gravitation auf den Uhrengang zwar nicht leugnen, dieser Einfluss ist aber weder von der SRT noch von der ART vorausgesagt. Auch in der Lorentz'schen Variante der RT wäre zwar ein Einfluss des Äthers postuliert, dies aber auch nur in Hinsicht auf die Verlangsamung der Uhr infolge Bewegung gegen den Äther – eine Wirkung der Schwerkraft gibt es hingegen bei Lorentz auch nicht, welcher ja überhaupt kein Äquivalent zur ART entwickelt hatte.

**Da lt. Einstein Zeit immer das ist, was Uhren anzeigen, erhebt sich die philosophisch interessante Frage, ob mit dem Angleich des Uhrengangs an die Bodenzeit auch die Zeit im Satelliten selbst verändert wird. Das böte ja immerhin die praktische Möglichkeit, auf die Zeit durch Verstellen von Uhren Einfluss zu nehmen ☺**

<b>Satellit</b>	<b>PRN: 15</b>	
von:	bis:	
21.08.2006 - 13:58	-	Ungeplanter Ausfall: Satellit bis auf weiteres unbenutzbar.
21.08.2006 - 13:58	17.11.2006 - 22:15	Zusammenfassung der effektiven ungeplanten Unterbrechungszeit.
17.11.2006 - 22:15	-	Ungeplanter Ausfall: Satellit bis auf weiteres unbenutzbar.
<b>Satellit</b>	<b>PRN: 17</b>	
von:	bis:	
20.12.2006 - 14:00	21.12.2006 - 06:00	Geplanter Ausfall: Delta-V Manöver - Bahnkorrektur des Satelliten.
20.12.2006 - 14:31	20.12.2006 - 16:07	Zusammenfassung der effektiven Unterbrechungszeiten.
<b>Satellit</b>	<b>PRN: 19</b>	
von:	bis:	
10.12.2006 - 10:00	10.12.2006 - 22:00	Geplanter Ausfall: Wartung - Aktivierung der Ionenpumpe der Atomuhr oder Softwaretest.
07.12.2006 - 22:36	-	Absage einer Unterbrechungszeit.
<b>Satellit</b>	<b>PRN: 25</b>	
von:	bis:	
05.01.2007 - 07:30	06.01.2007 - 07:30	Geplanter Ausfall: Delta-V Manöver - Bahnkorrektur des Satelliten.
<b>Satellit</b>	<b>PRN: 26</b>	
von:	bis:	
08.12.2006 - 22:00	09.12.2006 - 10:00	Geplanter Ausfall: Wartung - Aktivierung der Ionenpumpe der Atomuhr oder Softwaretest.
07.12.2006 - 22:32	-	Absage einer Unterbrechungszeit.
<b>Satellit</b>	<b>PRN: 27</b>	
von:	bis:	
08.12.2006 - 06:30	08.12.2006 - 13:30	Geplanter Ausfall: Delta-V Manöver - Bahnkorrektur des Satelliten.
08.12.2006 - 06:43	08.12.2006 - 13:05	Zusammenfassung der effektiven Unterbrechungszeiten.

Folie 35: Weitgehend unbekannt ist, dass die Atomuhren tatsächlich von Zeit zu Zeit **gewartet** werden müssen - z.B. durch Aktivierung der Ionenpumpe. Die eingesetzten Ionen müssen offenbar von Zeit zu Zeit „nachgefüllt“ werden, eine Prozedur, die von den Bodenstationen aus gestartet werden muss – andernfalls läuft die Atomuhr einfach nicht mehr weiter. Die Zeitangaben werden dabei stets unterbrochen und die Unterbrechungszeiten dauern fallweise auch mehrere Stunden lang.

Der Zeit-Neustart ist auch der Grund dafür, dass sich der Af0-Wert stets nur in einem kleinen Bereich über Wochen hindurch ändert. Eine Kumulation dieser Änderungen zu einem immer größer ansteigenden Wert (wie sich dies z.B. aus der Kurve der rel. Effekte ergibt) ist daher damit a priori verhindert. Und eine Auswertung hinsichtlich der RT-Gültigkeit natürlich ebenfalls



Atomuhren (Bild links) sind schon in sehr kleiner Bauart möglich. Eine sehr gute Website über das GPS habe ich hier <http://www.kowoma.de/en/gps/satellites.htm> entdeckt. Man beachte im Kapitel "Error Sources- Relativistic effects"

<http://www.kowoma.de/en/gps/errors.htm>

die Ausdrucksweise:

"For satellites moving with a speed of 3874 m/s, clocks run slower **when viewed from earth... For an observer on the earth** surface the clock on board of a satellite is running faster... Altogether, the clocks of the satellites

**seem** to run a little faster..."

Hier wird korrekt auf die Relativität der Effekte hingewiesen, die nur festzustellen sind, wenn die Beobachtung von der Erdoberfläche aus erfolgt! Letztlich **scheinen** die Satellitenuhren etwas schneller zu laufen.



# Folie 36

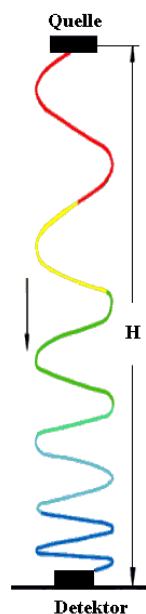
Satellite PRN/SVN	Plane	Freq. Std #	Block	Comments
01/32	F6	Cs3	IIA	On last clock...
02/61	D1	Rb3	IIR	
03/33	C2	Cs4	IIA	Clock swap, 01 January 2007, from Rb1 to Cs4...
04/34	D4	Rb1	IIA	
05/35	B5	Rb1	IIA	
06/36	C1	Rb1	IIA	
07/37	C5	Rb2	IIA	Clock swap, 17 september 2007, from Rb1 to Rb2...
08/38	A3	Cs3	IIA	
09/39	A1	Cs4	IIA	
10/40	E3	Rb1	IIA	Clock swap, 18 september 2007, from Cs4 to Rb1...
11/46	D2	Rb1	IIR	
12/58	B4	Rb3	IIR-M3	Launched: 17 November 2006... Set healthy 13 December 2006...
13/43	F3	Rb1	IIR	
14/41	F1	Rb1	IIR	
15/55	??	Rb?	IIR-M4	Scheduled launch: October 2007...
16/56	B1	Rb3	IIR	
17/53	C4	Rb3	IIR-M1	Launched: 25 September 2005...
18/54	E4	Rb1	IIR	
19/59	C3	Rb3	IIR	
20/51	E1	Rb1	IIR	
21/45	D3	Rb3	IIR	
22/47	E2	Rb3	IIR	
23/60	F4	Rb2	IIR	
24/24^	D5	Cs4	IIA	Placed in AMNM (Mode 5) on 4 January 2005...
25/25	A5	Rb1	IIA	
26/26	F2	Rb1	IIA	
27/27	A4	Cs4	IIA	
28/44	B3	Rb2	IIR	
29/29*	F5	Cs3	IIA	Clock Swap, 07 March 2007, from Rb2 to Cs3...
30/30	B2	Cs3	IIA	Clock swap, 3 June 2006, from Rb1 to Cs3...
31/52	A2	Rb3	IIR-M2	Launched: 25 September 2006... Set healthy 12 October 2006

Folie 36: Und als ob es Absicht wäre, eine genaue Überprüfung der relativistischen Effekte zu verhindern, werden zusätzlich die Uhren **abwechselnd** in Betrieb gehalten (Clock Swap). Man schaltet gelegentlich zwischen den Rubidium- und Cäsiumuhren hin und her.  
Spätestens hier muss wohl jeder zugeben, dass eine Überprüfung der RT mit dem GPS ein Ding der Unmöglichkeit sein muss. Gar von einer „Bestätigung“ zu reden, ist wohl mehr als verwegen.

# Folie 37

## R. Pound and G. Rebka

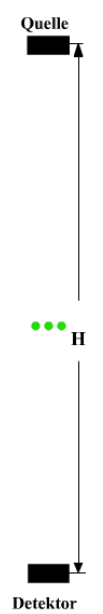
$$\begin{aligned}
 h \cdot \Delta f &= m_{ph} \cdot g \cdot H \\
 h \cdot \Delta f &= \frac{h \cdot f}{c^2} \cdot g \cdot H \\
 \frac{\Delta f}{f} &= \frac{g \cdot H}{c^2} \\
 \frac{\Delta f}{f} &= \frac{9,81 \cdot 22,57 \frac{m}{s^2} \cdot m}{(3,0 \cdot 10^8)^2 \left(\frac{m}{s}\right)^2} \\
 \frac{\Delta f}{f} &\approx 2,5 \cdot 10^{-15}
 \end{aligned}$$



Wellenbild



G. Rebka am Detektor



Teilchenbild

Folie 37: Was sagt die ART eigentlich wirklich aus? Würden Uhren im höheren Gravitationspotenzial *tatsächlich* schneller laufen? **Nein!** Der Eindruck einer schnelleren (oder langsameren) Uhr entsteht immer nur durch eine Messung aus einem *anderen Potenzial* heraus. Wie schon erwähnt: Alle Eigenzeiten der Uhren bleiben invariant.

Pound und Rebka haben mit einem Experiment diese Aussage indirekt bestätigt (wenn man das Experiment dementsprechend interpretiert). Sie ließen aus einer gewissen Höhe (27 bzw. 45 m) Gammaquanten quasi nach unten fallen und stellten mit Hilfe des Mößbauer-Effektes fest, dass die Gammaquanten ihre Frequenz **auf dem Weg nach unten** erhöhten. In umgekehrter Weise verminderten sie auf dem Weg nach oben ihre Frequenz (und damit ihre Energie). Es handelt sich hierbei um die sogenannte gravitative **Blauverschiebung** (bzw. Rotverschiebung).

Maßgeblich für die Veränderung der Frequenz ist der Potenzialunterschied! Die Gammaquanten oben haben sich keinesfalls verändert, aber auf dem Weg nach unten taten sie es. Oder auf dem Weg nach oben. Wenn man also unten die Gammaquanten blauverschoben empfängt, heißt das nicht, dass sie schon oben schneller schwingen. Et vice versa.

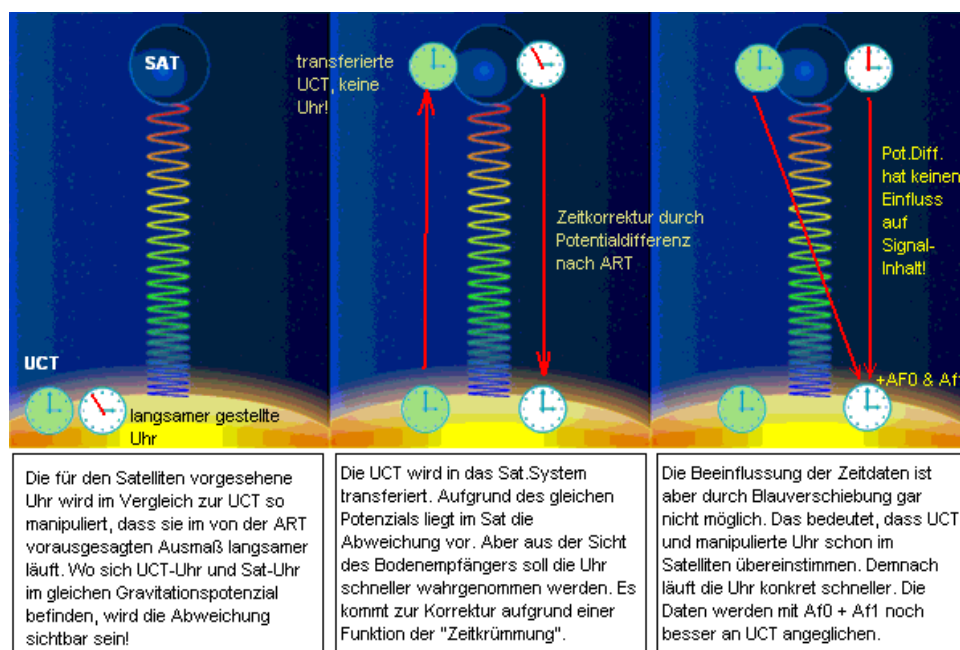
Nehmen wir mal an, wir haben einen Oszillator mit der "blauen" Frequenz und bringen ihn in die Höhe, wo die "rote" Welle schwingt. Wir fürchten nun den ART-Effekt und hätten gerne die Frequenz am Boden unverändert empfangen. Da wir wissen, dass sich die Frequenz auf dem Weg nach unten erhöht, stellen wir sie einfach vorher auf den "roten" Wert zurück, ehe wir den Oszillator in die Höhe bringen. Nun empfangen wir unten diese Frequenz blauverschoben und das ist auch jene Frequenz, die wir erzielen wollten. Aber schwingt der Oszillator deshalb nun **oben** schneller? **Nein!**

Was wäre, wenn er – wie die Falschausleger der ART postulieren würden! – oben *tatsächlich* schneller werden würde? Es käme **zusätzlich** zu einer Blauverschiebung nach unten und wir würden eine Frequenz empfangen, die nicht die erwartete, sondern eine **zusätzlich erhöhte** wäre!

Ganz analog zu diesem Beispiel hat man die Uhren der Satelliten prophylaktisch nach unten verstellt, in der Erwartung, dass sie oben ja ohnehin schneller laufen würden. Sollen sie das? Nach der ART sollen sie das nicht! Sondern **nur wenn wir sie vom Boden aus beurteilen**, sollen sie schneller erscheinen (ebenso wie die Gammaquanten **nur unten** schneller gemessen wurden).

Was machen die Uhren der GPS-Satelliten also falsch? **Sie laufen tatsächlich schneller...** Wieso wissen wir das? Aus dem Zeitsignal, das ja nicht blauverschoben werden kann (=binäre Daten!) und aus dem Wert in einem Subframe, wo der Abstand zur GPS-Zeit bzw. UCT definiert ist, welcher somit auch oben im Satelliten schon existiert!

Folie 38



Folie 38: Der Satellit schickt in seiner Message auch ein codiertes Zeitsignal mit, welches als Binär-File der relativistischen Blauverschiebung nicht ausgesetzt sein kann (Art und Weise eines Transport können am Inhalt einer Botschaft nichts ändern). Der 12,5 Minuten lange Code hingegen und alle anderen mit der Nominalfrequenz von 10,23 MHz verknüpften Frequenzen, die auf der Empfängerseite eine Rolle spielen, müssten auf ihrem Weg nach unten der **Blauverschiebung** ausgesetzt sein. Das Zeitsignal wird im Empfänger noch mit den Daten der Subframes 1 und 5 aufgebessert und verwertet. Es ist dem Zusammenhang dieses Zeitsignals mit den anderen auch vom Satelliten übermittelten Zeitnormalen (GPS und UCT, TAI) zu entnehmen, dass der am Boden zuvor frequenzverstimmte Oszillator in der Tat im höheren Gravitationspotenzial real schneller schwingt und **schon oben** annähernd seine Nominalfrequenz von 10,23 MHz erreicht, was sich auch für alle damit verknüpften Frequenzen auswirken muss. Wenn aber schon im Satelliten selbst die originalen Frequenzen zur Verarbeitung bzw. Abstrahlung nach unten vorliegen, müssten sie aufgrund des Potenzialunterschieds beim Empfänger zusätzlich **blauverschoben** ankommen.

Prof. Franz Embacher schreibt hingegen auf seiner Website

<http://homepage.univie.ac.at/franz.embacher/rel.html>

*„Die relativistischen Effekte sind daher verblüffend einfach zu berücksichtigen: Man tut (und rechnet) so, also ob die Satelliten-Eigenfrequenz 10.23 MHz wäre und kümmert sich nicht weiter um die Relativitätstheorie.*

*Aufgrund dieser einfachen Lösung müssen sich GPS-Techniker nicht mit der Relativitätstheorie auseinandersetzen.“*

Wenn dies der Fall ist, treten offenbar keine Blauverschiebungen auf. Dann jedoch ist die ART falsch. Diese Theorie fordert nämlich, dass die **verminderte Frequenz (10.229999995453 MHz) gesendet** und diese erst aufgrund der „Zeitkrümmung“ am Boden als Nominale (10,23 MHz) empfangen wird! Eine konkrete Gangänderung der Uhren, wie sie beim GPS offensichtlich stattfindet, widerspricht somit der ART sogar.

Auch in der ART sind die Effekte **relativ** und nicht *absolut*. Nur in der Lorentz'schen Variante der SRT ist eine konkrete Gangänderung vorgesehen. (Deshalb schrieb mir einer der Mitbegründer und Mitentwickler des GPS, Ronald R. Hatch: „In my opinion, GPS clearly **contradicts Einstein and supports Lorentz**.“

Davon später mehr...

#### Folie 39

Jede im höheren Gravitationspotential abgesandte Frequenz wird lt. ART erst im niedrigeren Potential erhöht empfangen (**Blauverschiebung**). Uhren erscheinen nur dann als schneller laufend, wenn zwischen den Bezugssystemen eine Gravitationspotential-Differenz vorliegt („Zeitkrümmung“).

Andererseits ist es verifiziert, dass manche Uhrentypen am Berg tatsächlich schneller laufen als im Tal (Pendel- und Sanduhren u.ä. verhalten sich hingegen umgekehrt!).

Die praktische Anwendung des GPS und diverse Experimente (Hafele Keating, Maryland etc.) haben gezeigt, dass im höheren Potential Uhren ausgewählter Bauart („Atomuhren“) ihren Gang absolut ändern, sie laufen **ganz konkret schneller** ... Ihr Gang wird nicht vom niedrigeren Potential heraus als schneller wahrgenommen! Ihr **real veränderter** Gang wurde auch durch Vergleich mit am Boden verbliebenen Uhren aufgrund feststellbarer Differenzen in ihren Zeitanzeigen nachgewiesen.

Wenn dem so ist, wird die ART vom GPS und den diversen Experimenten sogar widerlegt. Denn der konkret beschleunigte Uhrengang (wie er zweifellos durch **Gravitationseinfluss** verursacht wird) versetzt die Uhr **bereits im GPS-Satelliten** auf die korrekte Zeit bzw. wird schon hier die Frequenz auf die Nominale zurückverstellt! Durch den Potentialunterschied der Signal-Wegstrecke zum Empfänger käme danach auch noch **zusätzlich die Blauverschiebung** (Pound Rebka!) zum Tragen. Wenn diese im GPS offenbar nicht (durch erhöhte Frequenzen!) sich störend auswirkt bzw. gar nicht existiert, liegt ein Widerspruch zur ART vor..

Die SRT ist ohnehin im GPS kaum von Belang. Mangels Vorliegens von Inertialsystemen ist ihre Anwendung ohnehin hinterfragbar. Die Korrekturdaten legen außerdem nahe, dass der SRT-Effekt nicht vorliegt (lt. Ronald R. Hatch).

Folie 39: Der Text auf der Folie spricht für sich selbst. Hier ist nichts hinzu zu fügen.

## Relativistische Korrekturen für GPS

Franz Embacher

Oktober 1998 (überarbeitet im Oktober 2006):

„Die Satellitenuhren verhalten sich so, als ob sie um  $4.44 \times 10^{-8}$  Prozent schneller gingen, als sie auf der Erde geeicht worden sind.“

<http://homepage.univie.ac.at/Franz.Embacher/rel.html>

**Die Uhren verhalten sich nicht so, als ob ...  
Sondern sie laufen konkret schneller!**

**Das widerspricht der ART.**

Folie 40: Erst in der Überarbeitung seiner Website (Okt. 2006) drückt sich Prof. Franz Embacher vorsichtiger aus:

„Die Satellitenuhren verhalten sich so, **als ob** sie um  $4.44 \times 10^{-8}$  Prozent schneller **gingen**, als sie auf der Erde geeicht worden sind.“

Diese Aussage im Konjunktiv ist konform mit der ART. Denn damit wird gesagt, dass eine konkrete Gangänderung der Uhren nicht stattfindet. Nochmal: die Eigenzeiten der Uhren sind in den RT stets **invariant**, veränderte Wahrnehmungen ihres Gangs kommen nur in relativ bewegten Beobachtersystemen od. durch Gravitationspotenzial-Differenzen zum Tragen und haben keine konkret erkennbare physikalische Ursache, sondern wären auf mystische Ursachen (4-dimensionaler Minkowski-Raum, „Raumzeitkrümmung“ etc.) zurückzuführen. Embachers Diktion auf seiner Website ist daher korrekt, wenn er betont, dass die empfangenen Frequenzen aufgrund der SRT **vom Boden aus** unterschätzt bzw. aufgrund der ART überschätzt werden und die Uhren nur ein **Als-Ob-Verhalten** zeigen.

Sie ist auch noch korrekt, wenn er den ART-Effekt als **Blauverschiebung im Gravitationsfeld** bezeichnet. Sie wäre jedoch nicht mehr konform mit der ART, wenn er behaupten würde, dass die Satellitenuhren **tatsächlich ihren Gang verändern**. Das behauptet Prof. Embacher auch nicht, sondern er drückt sich diplomatisch, aber jedenfalls konform mit den RT aus:

„*Bewegte Uhren und Uhren, die starken Gravitationsfeldern ausgesetzt sind, scheinen "zu langsam" zu gehen.*“

Haben Herr Prof. Franz Embacher ebenso wie Neil Ashby selbst übersehen, dass der **reale, konkret veränderte Gang der Satellitenuhren ihre faszinierenden Argumentationen ab absurdum führt und bestenfalls, wenn überhaupt, die Äthertheorie von Lorentz eine Bestätigung findet?**

**Das GPS kann deshalb weder als praktische "Anwendung" noch als Bestätigung der Relativitätstheorien gewertet werden. Abgesehen davon, dass auch das Wikipedia-Lexikon bereits auf diese irrtümliche Wertung hinweist, hat sich sogar Erzrelativist Johan Baez dazu bequemt, darauf unmissverständlich hinzuweisen:**

**"It is true that GPS is not used as a test of gtr, because it is simply not designed for that purpose. In particular, the orbiting clocks are occasionally reset from the ground to maintain the best possible synchrony of the orbiting clocks with one another and with UTCtime."**

<http://math.ucr.edu/home/baez/RelWWW/wrong.html#gps>

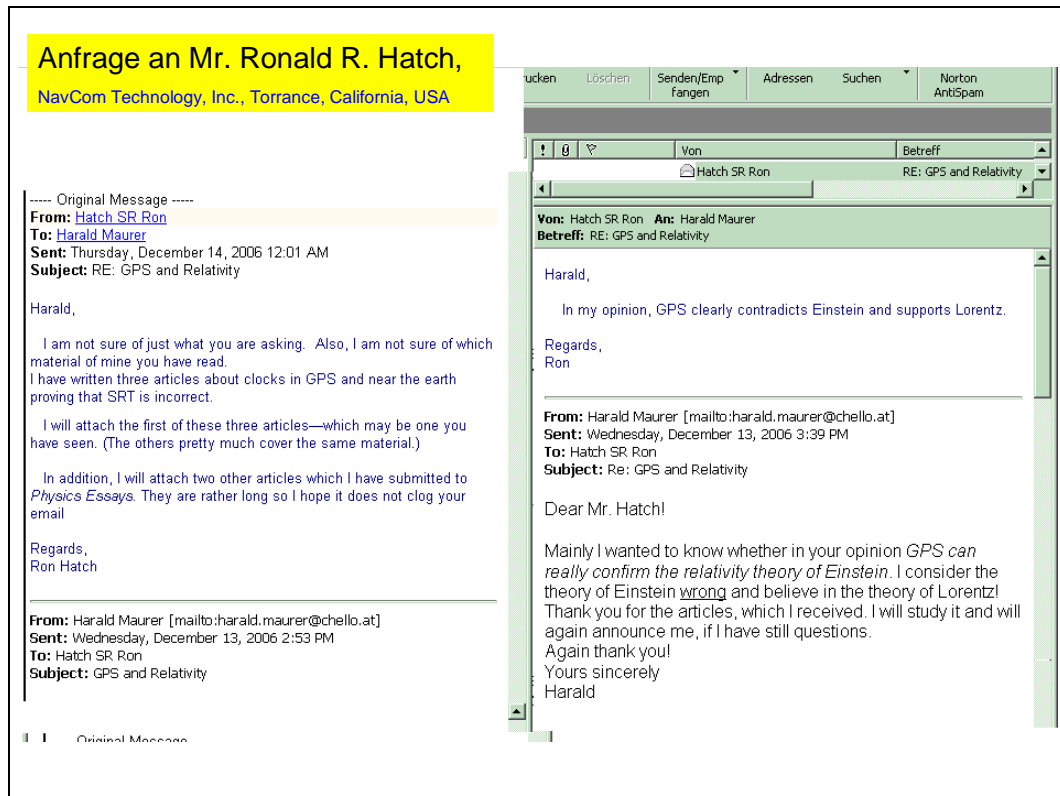
Folie 41: Zitat aus Wikipedia ([http://de.wikipedia.org/wiki/Global Positioning System](http://de.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System)):

*"Oft wird irrtümlich darauf hingewiesen, dass diese Gangunterschiede zu einem Positionsbestimmungsfehler von mehreren Kilometern pro Tag führten, wenn sie nicht korrigiert würden. Ein solcher Fehler würde aber nur dann auftreten, wenn die Positionsbestimmung über die Ermittlung der Abstände des GPS-Empfängers zu 3 Satelliten anhand eines Uhrenvergleichs mit einer Uhr im Empfänger erfolgte. In diesem Fall würde sich bei jeder dieser Abstandsbestimmungen ein Fehler von ca. 12 km pro Tag anhäufen. Gewöhnliche GPS-Empfänger sind aber nicht mit einer Atomuhr ausgestattet. Stattdessen wird die präzise Zeit am Empfangsort auch aus dem C/A-Code der empfangenen Satelliten bestimmt. Aus diesem Grund sind für eine 3D Positionsbestimmung mindestens 4 Satelliten erforderlich (4 Laufzeitsignale zur Bestimmung von 4 Parametern, i.e. 3 Ortsparametern und der Zeit). **Weil alle Satelliten den gleichen relativistischen Effekten ausgesetzt sind, entsteht hierdurch kein Fehler bei der Positionsbestimmung.***

*Damit die Satellitensignale des GPS außer zur Positionsbestimmung auch als Zeitstandard verwendet werden können, wird der relativistische Gangunterschied der Uhren allerdings kompensiert. Dazu wird die Schwingungsfrequenz der Satelliten-Uhren auf 10,229999995453 MHz verstimmt, so dass trotz der relativistischen Effekte ein synchroner Gang mit einer irdischen Uhr mit 10,23 MHz gewährleistet ist."*

Dass diese Gewährleistung nicht gegeben ist und der „synchrone Gang“ erst durch trickreiche Korrekturmaßnahmen (Af0 und Af1) erreicht werden kann, verschweigt uns Wikipedia hier allerdings! Die Original-Zeitanzeigen der Satellitenuhren wären wohl kaum als Zeitstandard zu gebrauchen. Wer ein wenig darüber nachdenkt, dass die Zeitsignale der Satelliten überhaupt erst nach Korrektur bzw. Hinzufügung von Daten brauchbar sind, wird selbst dahinter kommen, dass man eigentlich überhaupt keine Uhren in den Satelliten selbst benötigen würde. Mit den Korrekturdaten Af0 und Af1 (und der Schaltsekunden-Differenz) könnte man ja überhaupt die Vorhalte-Zeit selbst auch mitschicken ☺

Relativist Johan Baez räumt zumindest ein, dass sich das GPS als Test der ART nicht eignet, weil es einfach nicht für diesen Zweck designed wurde und überdies die Satellitenuhren vom Boden aus kontinuierlich beeinflusst werden, um eine bestmögliche Synchronizität mit der UTC zu erzielen.



Folie 42: **Mrs. Ronald R. Hatch** received his Bachelor of Science degree in physics and math in 1962 from Seattle Pacific University. He worked at Johns Hopkins Applied Physics Lab, Boeing and Magnavox before working for a time as a GPS consultant. In 1994 he joined Jim Litton, K.T. Woo, and Jalal Alisobhani in starting what is now NavCom Technology, Inc. He has served a number of roles within the Institute of Navigation (ION), including Chair of the Satellite Division. He is currently finishing a one-year term as President of the ION. Ron has received the Johannes Kepler Award from the Satellite Division and the Colonel Thomas Thurlow Award from the ION. He is also a Fellow of the ION (Institute of Navigation).

**Mr. Ronald R. Hatch** was one of the founders of Navcom Technology, a John Deere Company, where he is currently the director of navigation systems. Prior to joining NavCom, and after 23 years with Magnavox, Mr. Hatch **worked as a GPS consultant** with a number of companies and government agencies. Included among these were Leica, Honeywell, Northrop, the National Aeronautics and Space Administration and the FAA. Mr. Hatch received a B.S. degree in math and physics from Seattle Pacific University. His entire career has been involved in satellite navigation and surveying, starting with TRANSIT at the Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory and Magnavox, and continuing to this day with Global Positioning Systems.

He is a prolific author with dozens of technical papers to his credit. He edited volume IV of the Institute of Navigation's "Redbook" series on differential GPS. Mr. Hatch will take office as ION president on June 15, 2001. He has contributed significantly to the ION over many years, including holding posts as program chair and general chair of ION GPS meetings and as Satellite Division vice chair and chair. Mr. Hatch received the 1994 Satellite Division's Johannes Kepler Award and was elected an ION fellow in 2000.

<http://www.ion.org/awards/thurlow2000.cfm>

<http://www.newtonphysics.on.ca/faq/relativity-GPS-10.html>

<http://www.ima.umn.edu/gps/abstract/hatch1.html>

<http://russsp.org/books.htm>

<http://www.amazon.com/Escapes-Einstein-Ronald-R-Hatch/dp/0963211307>

<http://www.aliceinphysics.com/introduce/ion.pdf>

<http://www.springerlink.com/content/h503n551u713wg72/>

<http://www.springerlink.com/content/811lg28hgau30kur/>



**Ronald R. Hatch:**

*„Ashby is guilty of claiming that clocks run at a rate determined by their relative velocity. In fact, the rate at which clocks run must be computed using the clock velocity with respect to the chosen isotropic light-speed frame. This is consistent with the Lorentz ether theory but not with the special theory.“*

*Ashby ist "schuldig" behauptet zu haben, dass der Uhrengang durch ihre Relativgeschwindigkeit bestimmt ist. In Wirklichkeit muss deren Uhrengang in Bezug auf das gewählte isotrope Lichtgeschwindigkeits-System berechnet werden.\* Das ist konsistent mit der Lorentzäthertheorie aber nicht mit der SRT.*

*\* = kein relativer, sondern absoluter Effekt!*

Folie 43: Hier sagt Hatch dasselbe wie ich: Der Uhrengang darf nur *relativ* als verändert gemessen werden, sich aber nicht im Eigensystem konkret ändern. Tatsächlich ändert sich der Gang der GPS-Uhren in Bezug zum „isotropen Lichtgeschwindigkeits System“ (repräsentiert durch die kosmische Mikrowellen-Hintergrundstrahlung, CMB) völlig **real** – und ist daher als absoluter Effekt im Sinne der Lorentzäthertheorie zu interpretieren. Das widerspricht den Relativitätstheorien Einsteins!

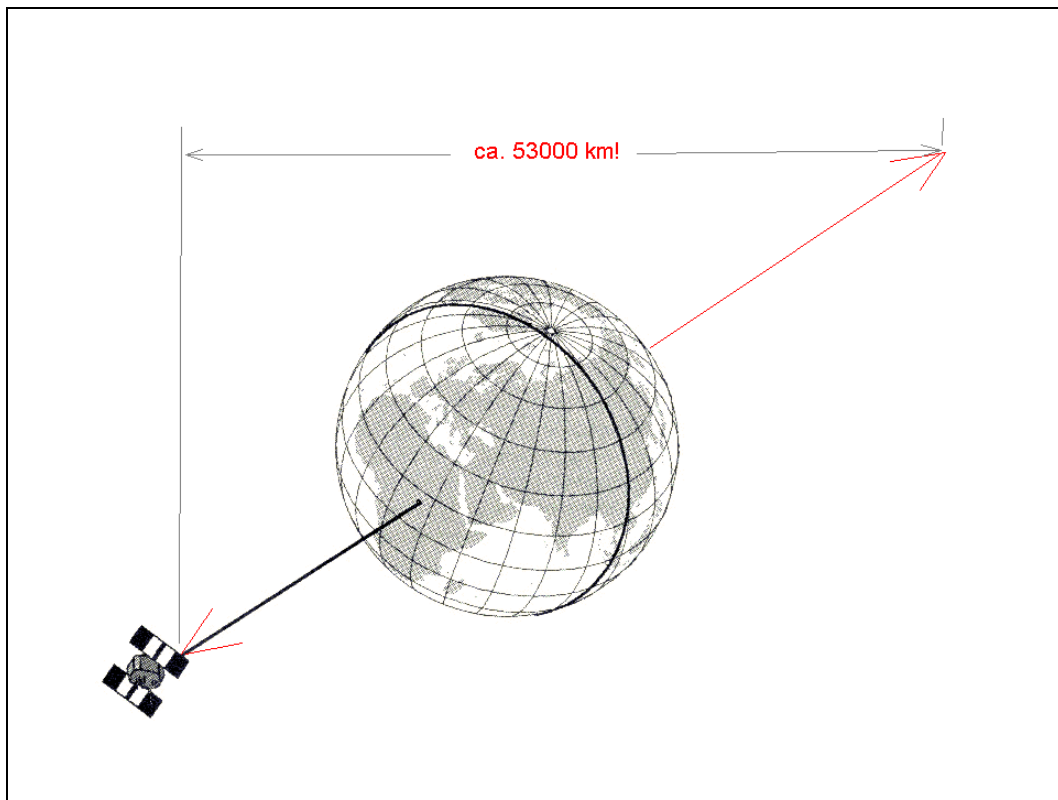
**Ronald R. Hatch:** (Clocks and the Equivalence Principle)

*Einstein's equivalence principle has a number of problems, and it is often applied incorrectly. Clocks on the earth do not seem to be affected by the sun's gravitational potential. The most commonly accepted reason given is a faulty application of the equivalence principle. While no valid reason is available within either the special or general theories of relativity, ether theories can provide a valid explanation. A clock bias of the correct magnitude and position dependence can convert the Selleri transformation of ether theories into an apparent Lorentz transformation, which gives rise to an apparent equivalence of inertial frames. The results indicate that the special theory is invalid and that only an apparent relativity exists.*



Folie 44: Ronald R. Hatch deutsch: *Einsteins Äquivalenzprinzip hat eine Reihe von Problemen und wird oft falsch angewendet. Uhren auf der Erde scheinen nicht von dem Gravitations-Potenzial der Sonne beeinflusst zu werden. Der allgemein akzeptierte Grund dafür ist die falsche Anwendung des Äquivalenzprinzips. Während keine gültige Erklärung im Rahmen der SRT und ART vorhanden ist, kann die Lorentz'sche Äthertheorie eine gültige Erklärung liefern. Eine Uhrenabweichung im korrekten Ausmaß und mit einer Positionsabhängigkeit kann die Selleri-Transformation der Äthertheorien in eine scheinbare Lorentztransformation umwandeln, welche die scheinbare Gleichberechtigung der Inertialsysteme zur Folge hat. Die Resultate zeigen an, dass die SRT falsch ist und nur eine scheinbare Relativität existiert*

Folie 45

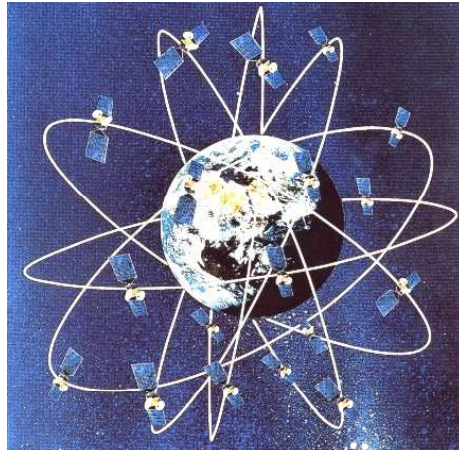


Folie 45: Ein GPS-Satellit durchmisst auch das Gravitationsfeld der Sonne. Dazu **Ronald R. Hatch:** *Using the SRT, no proper explanation for the apparently missing effect of the sun's gravitational potential upon the clocks in the earth's frame can be found. However, LET shows us that the same gradient of the potential (force), which causes the velocity vector of the earth to change direction, also causes the direction of the clock biases in the vicinity of the earth to be changed so as to remain aligned with the velocity vector. This effect is undoubtedly common to all gravitational potentials, i.e., it also applies to the effect of the moon's potential upon the earth and to the galactic potential upon the sun.*

Wird die SRT benutzt, kann keine korrekte Erklärung für den scheinbar fehlenden Effekt des Gravitations-Potenzials der Sonne auf die Uhren des Erd-Bezugssystems gefunden werden. Jedoch die Lorentz'sche Äthertheorie zeigt, dass der selbe Gradient des Potenzials (Kraft), welcher den Geschwindigkeitsvektor der Erde verändert, auch die Richtung der Abweichung der Uhren in der Nähe der Erde verursacht, so dass sie mit dem Geschwindigkeitsvektor übereinstimmen. Dieser Effekt betrifft unzweifelhaft alle Gravitations-Potenziale, d.h. er betrifft auch den Einfluss den Mond-Potenzials auf die Erde und des galaktischen Potenzials auf die Sonne.

Die interessante Arbeit von Ronald R. Hatch kann in deutscher Übersetzung herunter geladen werden auf: [http://www.mahag.com/download/Scandalous clocks.pdf](http://www.mahag.com/download/Scandalous%20clocks.pdf)

Kann das Global Positioning System die Relativitätstheorien wirklich „bestätigen“?



**NEIN!**

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Folie 46: **Zusammenfassung:**

Das GPS kann die RT weder bestätigen noch beweisen. Ganz im Gegenteil ist der **konkret veränderte** Gang der Satellitenuhren nicht konsistent mit den Aussagen der Einstein'schen RT. Auch in der ART ist die Zeitdilatation ein **relativer**, also von der Differenz der Gravitationspotenziale verursachter Effekt und kein *absoluter* Vorgang (in der SRT ist der relative Effekt von der Geschwindigkeit der bewegten Bezugssysteme zueinander abhängig).

Die scheinbare Gangabweichung der Uhr hängt lt. ART ausschließlich davon ab, von welchem Gravitationspotenzial aus die Uhr beurteilt (gemessen) wird. Die im GPS-Satelliten erzeugten Zeitsignale unterscheiden sich aber schon im Satelliten eindeutig von den Zeitdaten der Korrektur-Subframes in der Message und würden im Satelliten selbst eine Feststellung des Bewegungszustandes nur aufgrund einer Zeitmessung erlauben – was dem Relativitätsprinzip von vornherein widerspricht. Nach dem Relativitätsprinzip sind bewegte Uhren und ruhende Uhren ununterscheidbar!

Die eingesetzten Atom-Uhren bestimmter Bauart (Rb u. Cs) verändern ihren Gang daher entgegen den Aussagen der Einstein'schen Relativitätstheorien ganz konkret und absolut (aber teilweise im Rahmen der Aussagen der Lorentz'schen Äthertheorie). Dafür verantwortlich könnte ein unmittelbarer Einfluss der Gravitation ein, der ja z.B. bei Pendeluhrn augenscheinlich ist. Auch Atomuhren sind im übrigen gravitationsabhängig (z.B. Cäsium-Fontänen, siehe <http://www.mahag.com/allg/atomuhr.php> ).

Wenn man den Photonen des Pound-Rebka-Versuches (Folie 37) eine Masse zuschreibt (wie dies in der dargestellten Rechnung auch zum Ausdruck kommt), wird der gravitative Einfluss plausibel, wenn man bedenkt, dass jede elektromagnetische Wirkung von Photonen (Überträgerteilchen des EM-Feldes) übermittelt wird. Gravitations**betriebene** Oszillatoren werden im höheren Gravitationspotenzial deshalb langsamer, gravitations**gebremste** Uhren hingegen werden schneller laufen können (geringere Schwerkraft verändert die physikalischen Beziehungen der Bauelemente zueinander, wie z.B. die gegenseitige Anziehung, Reibung etc.).

Ob der Einbezug der SRT-Zeitdilatation in die Berechnung der Ashby-Korrektur überhaupt einen Sinn macht, kann man den angewendeten Korrekturdaten ( $Af_0$ ) nicht entnehmen, da der SRT-Effekt (eine Verlangsamung der Uhren gegenüber der Gangbeschleunigung der ART) zu klein ist (er beträgt etwa ein Sechstel der ART-Effekte). Der vielzitierte Ausspruch „Bewegte Uhren gehen langsamer“ ist, wie schon erwähnt, nicht konform mit der SRT: Die Wahrnehmung (Messung) eines veränderten Uhrengangs könnte hier nur aus einem relativ bewegten Bezugssystem heraus erfolgen; der Gang der Uhren selbst ändert sich dabei nicht (so wie sich der Gang einer Kirchturmuhr nicht verändert, wenn die Zeiger verlangsamt erscheinen, weil man sich während der Beobachtung von der Uhr entfernt. Es werden lediglich die Laufstrecken für das Licht immer länger. Die Zeitdilatation hat allerdings nichts mehr mit Lichtlaufzeiten zu tun, obwohl sie Einstein ursprünglich von solchen hergeleitet hatte).

Die Ontologisierung der relativistischen Effekte, wie dies leider von den meisten Relativisten angenommen wird, zeugt vom fehlenden Verständnis der Einstein'schen Theorien, die nirgends irgendwelche absoluten Veränderungen physikalischer Beziehungen enthalten und lediglich aussagen, dass bewegte Bezugssysteme (im übrigen völlig ohne theoretische Begründung) mit der Lorentztransformation und nicht im Sinne von Galilei verknüpft sein sollen (eine teleologische Maßnahme, um das 2. Postulat ( $c=\text{const}$ ) und Maxwells Gleichungen zu unterstützen!).

Wer das GPS als Bestätigung der RT präsentiert, betreibt entweder ganz bewusst Propaganda oder hat weder von den korrekten Aussagen der Relativitätstheorien noch von der Funktion des GPS eine ausreichende Kenntnis.

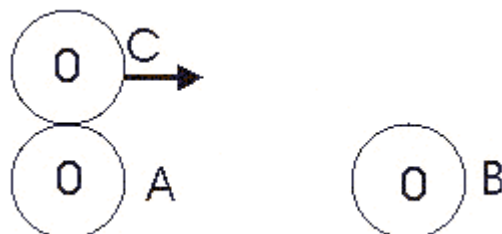
Salzburg, am 6.10.2007

Harald Maurer, [www.mahag.com](http://www.mahag.com)

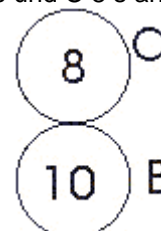
Anmerkung zur „**RdG**“ (Relativität der Gleichzeitigkeit):

Aus der Bedingung, dass die Zeitdilatation ein symmetrisches Phänomen zu sein habe, demnach jeder Beobachter in zueinander bewegten Bezugssystemen die jeweils andere Uhr verlangsamt wahrnehmen müsste, entsteht das Paradoxon, dass 2 Uhren, die zueinander um denselben Faktor nachgehen, ja wiederum bloß gleich schnell laufen. In der SRT weicht man diesem Problem mit der **Relativität der Gleichzeitigkeit** aus, die sich aus der Synchronisation der Uhren nach Einstein'scher Vorschrift mittels Lichtsignalen ergibt. Sie führt dazu, dass die „bewegte“ Uhr stets vorläuft, also gegenüber der Beobachteruhr immer einen Vorsprung hat.

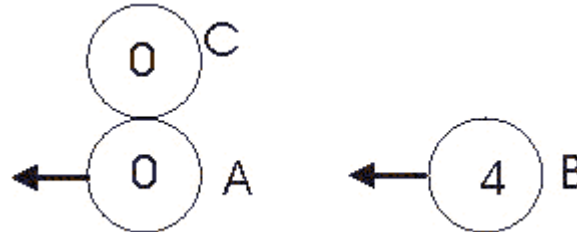
Betrachten wir einen einfachen Fall der Zeitdilatation. Wir haben die "bewegte" Uhr C, und um ihren Gang zu messen brauchen wir zumindest 2 "ruhende" Uhren A und B. A und B müssen natürlich im Laborsystem synchron sein. **Alle Uhren zeigen also 0 an** und C startet:



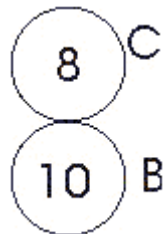
Da die "bewegte" Uhr C langsamer geht, zeigt sie bei Ankunft bei B einen kleineren Wert als B an. Es wird nun ein "Beweis-Photo" geschossen, welches für B 10 s und C 8 s anzeigt.



Jetzt zum System, in dem C ruht. Hier "bewegt" sich B und muss folglich langsamer laufen als C. Wir müssen ja auch hier dasselbe Photo erhalten wie vorhin, also für B einen höheren Wert, obwohl nun B hier langsamer läuft! Nun hat man die **RdG** zu berücksichtigen. Diese besagt, dass A und B nicht synchron sind, oder genauer, dass die Zieluhr **immer** vor geht!! Das ergibt **beim Start** dann folgendes Bild: B geht gegenüber C bereits um 4s **vor**: Denn nun sind die Uhren A und B nicht synchron (einem Synchronisationssignal laufen sie hier ja davon oder ihm entgegen und "beim Start" ist Uhr B bereits 4 s lang unterwegs – und nur Einstein und der liebe Gott wissen, wie das funktionieren soll ☺ )



Da B langsamer tickt, **holt C jetzt natürlich auf**. Aber C holt nicht genug auf, d.h. der Vorsprung **reduziert** sich von 4 auf 2 Sekunden und wir haben dasselbe Ergebnis wie vorhin: Es wird nun das Beweis- Photo geschossen, welches - wie gehabt - für B 10 s und C 8 s anzeigt:



Ergebnis: Die jeweils bewegte Uhr ging langsamer - aus der Sicht von **beiden** Bezugssystemen.

Relativisten finden eine derartige Lösung dieser paradoxen Situation durchaus logisch. Dass je nach Bezugssystem die Uhr B "beim Start" einmal **0 Sekunden** und das andere Mal schon **4 Sekunden** zeigt, irritiert sie nicht besonders ☺

Die Zeitdilatation entspringt in der SRT bloß der **Synchronisationsmethode**, die man auf die Uhren A und B anwendet. Eine weitere Folge der Einstein'schen Synchronisationsvorschrift ist die Verkürzung des bewegten Bezugssystems, die Lorentzkontraktion. All das sind aber nur mathematische Konstruktionen zum Zweck, in jedem der Bezugssysteme dieselbe Lichtgeschwindigkeit annehmen zu können. Wendet man eine **andere** Synchronisationsmethode an (z.B. externe Synchronisation mittels verschränkter Quanten), sieht das alles sofort völlig anders aus!

Nicht so einfach durchschaubar ist die Relativität der Zeitdilatation in der ART. Hier glauben sogar auch viele Kritiker, die ART würde eine konkrete Gangänderung der Uhr je nach Gravitationspotenzial voraussagen – und das ist falsch (die meisten Relativisten glauben diesen Unsinn sowieso). Tatsächlich ist für das Ausmaß der Zeitdilatation aber die Potenzial-DIFFERENZ entscheidend, welche **zwischen Uhr und Beobachter** liegt. Der entsprechende Vorgang, welcher die Veränderung des Zeitflusses wahrnehmbar machen soll, nennt sich gravitative Rot- od. Blauverschiebung. Ein auf dem Erdboden auf 10.229999995453 MHz eingestellter Oszillator sollte demnach in der Höhe von 20200 km keinesfalls mit 10,23 MHz schwingen, **sondern seine Signale sollten auf dem Weg nach unten wieder diesen gewünschten Wert annehmen**. Das heißt, man sollte am Boden diese 10,23 MHz empfangen, so **als ob** der Oszillator oben schneller geworden **wäre**. Die übliche relativistische Interpretation des Pound & Rebka Experimentes entspricht auch dieser Aussage. Auch in den Berechnungen von Prof. Embacher wird ausschließlich von Blauverschiebung gesprochen, die diesen Effekt erzeugt, so **als ob** die Uhren schneller laufen würden.

Die Relativität der Zeitwahrnehmung wird am besten illustriert, wenn man sehr starke Gravitation voraussetzt. So verlangsamten sich die Ereignisse in der Nähe eines Schwarzen Loches **nur für einen weit entfernten Beobachter**. Am Ereignishorizont bleibt die Zeit **für ihn** sogar stehen. Hingegen kann ein Beobachter, der z.B. in einem Raumschiff frei auf das Schwarze Loch zufällt, den Ereignishorizont in endlicher **Eigenzeit** durchfliegen. Nach den Relativisten, welche die konkrete Gangänderung der GPS-Uhren als Bestätigung der ART sehen, müsste auch für den Raumfahrer die Zeit am Ereignishorizont stehen bleiben – aber das sagt die ART eben **nicht** voraus!

Da unsere Zeitnormale von der Erddrehung abgeleitet wurde, ist es nur natürlich, diese Drehung auch als Zeiteinheit zu wählen und eine Dauer damit zu messen. Man wird dann sofort einsehen, dass diese „Uhr“ von jedem Gravitationspotenzial aus betrachtet unbeeinflussbar läuft und überall dieselbe Zeit festgestellt werden kann. Es ist einfach ein hanebüchener Blödsinn, wenn man – wie z.B. in [Wikipedia](#) – zu lesen bekommt, dass ein Auto auf der Erdoberfläche von München nach Stuttgart eine Zeit von 2 Stunden benötigt, ein Beobachter in großer Entfernung von der Erdoberfläche für diesen Vorgang aber eine größere Zeit ( $2 + x$  Stunden) messen würde. Ein mit der Erdrotation geeichter Zeitmesser würde nämlich diesen Irrtum sofort aufzeigen.

Nachbemerkung (hinzugefügt am 22.10.2007):

In der ART kommt die Blau- oder Rotverschiebung einer Frequenz durch den unterschiedlichen ZEITFLUSS zustande, welcher zwischen den unterschiedlichen Gravitationspotenzialen vorliegen soll. Eine Sekunde soll daher am Erdboden länger dauern als in einem GPS-Satelliten (die Uhr soll im Satelliten eine schneller verlaufende Zeit „messen“) und deshalb fallen innerhalb einer Erdsekunde mehr Photonen in den Empfänger als in einer Sekunde vom Sender abgestrahlt wurden.

Wenn wir von dem sich abzeichnenden Energie-Erhaltungsproblem einmal absehen (auf die Probleme mit dem Energieerhaltungssatz in der ART haben ja schon **Hilbert und Emily Noether** seinerzeit hingewiesen) muss uns diese Erklärung der Blauverschiebung aus einem anderen Grund sehr seltsam erscheinen:

Ein Funksignal aus einem höheren Gravitationspotenzial ist lt. ART quasi ein Signal aus einer anderen Zeit. Zeit ist aber etwas, das ausnahmslos sämtliche physikalischen Prozesse beeinflusst, ja determiniert. Eigenartiger Weise wird das Signal aus der anderen Zeit vom Zeitfluss der Empfängerseite nicht erfasst ... es entzieht sich der Allmacht der Zeit und bleibt so wie es abgestrahlt wurde. Deshalb soll es ja aufgrund der längeren Boden-Sekunde frequenzerhöht erscheinen. Aber ein physikalisch periodischer Vorgang, wie dies die Abfolge der elektrischen und magnetischen Felder der em-Welle eines Funksignals ist, müsste sich zweifellos dem jeweils gültigen Zeitfluss anpassen und wir könnten den Übergang von einer Zeit zur anderen Zeit gar nicht erkennen!

Andererseits müsste die gedehnte Zeit am Erdboden eine höhere Photonengeschwindigkeit des herabfallenden Signals ergeben. Es macht ja schließlich einen Unterschied, ob eine bestimmte Strecke in einer Sekunde oder in einer halben Sekunde zurückgelegt wird! So gesehen könnte man mit der ART augenblicklich die SRT aushebeln. Und damit auch den Ast absägen, auf welchem die ART selber sitzt ☺

**Sie haben eine Meinung zu den Themen GPS und Relativitätstheorie?  
Benutzen Sie bitte das Forum der Edition Mahag  
<http://www.mahag.com/FORUM/forum.php>**