The observed course fluctuation of quartz clocks and the Lorentz Contraction of the Earth.

It is shown that first the apparent yearly fluctuation observed by means of the quartz clocks of the PTR in Berlin can be represented in the rotation duration of the earth in the main by one of the LORENTZ contraction of the earth caused star-daily course fluctuation of all examined quartz clocks. Thus the past acceptance of the author are again confirmed over the absolute earth movement and it appropriate LORENTZ contraction of the molecular bodies.

Die beobachtete Gangschwankung der Quarzuhren und die „LORENTZ-Kontraktion" der Erde

Von L. COURVOISIER, Riehen bei Basel

Mit 2 Abbildungen. (Eingegangen 1952 April 2 *)

Es wird gezeigt, daß die zuerst mittels der Quarzuhren der PTR in Berlin beobachtete scheinbare Jahresschwankung in der Rotationsdauer der Erde in der Hauptsache durch eine von der „LORENTZ-Kontraktion" der Erde verursachte sterntägliche Gangschwankung aller untersuchten Quarzuhren dargestellt werden kann. Damit werden die bisherigen Annahmen des Verfassers über die „absolute" Erdbewegung und die ihr entsprechende „LORENTZ-Kontraktion" der molekularen Körper erneut bestätigt.

Seit 1936 wurde an verschiedenen Quarzuhren übereinstimmend eine jährliche Schwankung im täglichen Gang beobachtet, diese als Jahresschwankung in der Rotationsdauer der Erde gedeutet und auf eine Jahresperiode im Hauptträgheitsmoment der Erde zurückgeführt, bedingt durch den jahreszeitlichen Wechsel der meteorologischen Verhältnisse (vgl. das Referat von A. SCHEIBE [1]).

Es soll nun nicht bezweifelt werden, daß ein solcher Einfluß auf das Hauptträgheitsmoment sich in der Rotationsdauer bemerkbar machen kann, wenigstens hat der Verfasser Ähnliches vorausgesetzt, als er seinerzeit bei einer Untersuchung über die Polhöhenschwankungen infolge der LORENTZ-Kontraktion der Erde [2] neben einem durch sie erzeugten konstanten Hauptteil der Schwankung den restierenden veränderlichen Teil den meteorologischen Einflüssen zuschrieb. Aber in der Hauptsache läßt sich die hier beobachtete Erscheinung durch die Wirkung der LORENTZ-Kontraktion auf den Erdkörper und somit indirekt auf die Quarzuhren erklären, wie im folgenden näher nachgewiesen sei.

Im Laufe des Winters 1951/52 wurden auf dem Observatorium in Neuchâtel fortlaufende Vergleichungen einer Pendeluhr mit einer Quarzuhr ausgeführt, für die der Verfasser dem Direktor, Herrn Prof. Dr. GUYOT, sehr zu Dank verpflichtet ist. Es ergab sich dabei, daß die Standunterschiede zwischen den beiden Uhren durchweg innerhalb etwa $\pm 0^s.01$ linear verlaufen, daß also eine eventuelle Gangschwankung bei beiden Uhren nahe gleich ist. Nun läßt sich aber die Wirkung der LORENTZ-Kontraktion auf die Schwingungsdauer einer Pendeluhr formell genau ausdrücken; sie ist eine doppelte, indem sowohl die Pendellänge periodisch verkürzt wird, als auch die Gravitation sich im Laufe eines Sterntages periodisch verändert. Da die Verkürzung einer Strecke l gleich $\frac{l}{2}\left(\frac{v}{c}\right)^2$ ist, erhält man für die relative Veränderung der Schwingungsdauer t: $\frac{dt}{t} = -\frac{3}{4}\beta^2$, wo β die vertikale Komponente von $\frac{v}{c}$ (Erdgeschwindigkeit : Lichtgeschwindigkeit) bedeutet [2]. Die relative Veränderung der Schwerebeschleunigung g allein wird $dg/g = \beta^2$, sie ist also nur wenig größer als dt/t, und es dürfte daher zu erwarten sein, daß allgemein die Schwingungsänderung ds/s einer Quarzuhr einfach proportional $-dg/g$ ist, d.h. daß der Quarzkristall bei zunehmender Schwere schneller schwingt. Damit ergibt sich:

$$\frac{ds}{s} = -\beta^2 = -\frac{1}{2}\left(\frac{v}{c}\right)^2 \{(2\sin^2\varphi\sin^2 D + \cos^2\varphi\cos^2 D) + \sin 2\varphi \sin 2D \cos(\vartheta - A) + \cos^2\varphi\cos^2 D\cos 2(\vartheta - A)\},$$

worin φ die Polhöhe, ϑ die Ortssternzeit, A und D die Rektaszension und Deklination des Zielpunkts der „absoluten" Translationsbewegung der Erde, v ihre Geschwindigkeit bezeichnet. Die Amplitude von ds/s ändert sich also mit der Polhöhe, und es würde das ganztägige Glied am Äquator null werden, in südlichen Breiten entgegengesetzte Phase haben. Leider scheinen bisher noch keine Beobachtungen von Quarzuhren in südlichen Breiten vorzuliegen, so daß auf diese hier wohl eindrucksvollste Beweisführung für das Vorhandensein der LORENTZ-Kontraktion einstweilen verzichtet werden muß[1]).

Nach den zahlreichen Untersuchungen des Verfassers über die „absolute" Bewegung der Erde (vgl. das Literaturverzeichnis in [4]) besteht eine Translationsbewegung der Erde relativ zum Lichtäther mit einer

*) Text von der Schriftleitung gekürzt.

[1]) Nachträglich bestätigt eine Mitteilung vom Observatorium Mount Stromlo (Australien) an den Verfasser seine theoretische Erwartung, daß die jetzt an dieser Südstation beobachtete jährliche Gangschwankung der Quarzuhren, vor allem der Phase nach wesentlich von der an den Nordstationen beobachteten verschieden ist. Dies zeigt sich am deutlichsten darin, daß die aus dem „Bulletin Horaire" von 1949 des „Bureau International de l'Heure" (Paris) erhaltenen Jahreskurven der täglichen, auf das Mittel von 12 nördlichen und 2 südlichen Stationen bezogenen relativen Uhrkorrektionen, beispielsweise für Mount Stromlo und Potsdam, die beide in dem Mittel selbst nicht vorkommen, in ihrer Form einander gerade entgegengesetzt sind, mit einer maximalen Amplitude von ungefähr $0^s.07$, und daß sich auch die Kurve für Buenos Aires zu der von Potsdam ebenso spiegelbildlich verhält.

Geschwindigkeit von ungefähr $v = 600$ km/sec und mit dem genäherten Zielpunkt $A = 5^h$, $D = +40°$. Mit diesen Annahmen findet man für die Quarzuhren der PTR in Berlin die Gangformel:

$$\frac{ds}{s} = -10^{-6}\{1.47 + 1.90 \cos(\vartheta - 5^h) + 0.43 \cos 2(\vartheta - 5^h)\}$$

und für andere mitteleuropäische Orte nur wenig veränderte Amplituden.

Innerhalb eines Sterntages hebt sich nun die Gangschwankung auf; da aber der mittlere Sonnentag, auf den man alle täglichen Uhrgänge zu beziehen pflegt, um $236^s.6$ länger ist als der Sterntag, so wird außer dem konstanten Teil des täglichen Ganges einer Quarzuhr in Mitteleuropa ein periodischer Teil beobachtet werden, vom Betrag:

$$-10^{-6} \cdot 236^s.6\{1.90 \cos(\vartheta - 5^h) + 0.43 \cos 2(\vartheta - 5^h)\} = -0^s.00045 \cos(\vartheta - 5^h) - 0^s.00010 \cos 2(\vartheta - 5^h).$$

Diese Gangschwankung tritt als Jahresschwankung auf, falls die Zeitbestimmungen im Laufe des Jahres immer zur gleichen mittleren Ortszeit stattfinden, sie ist aber in ihrer Form mit den Momenten der Zeitbestimmungen veränderlich.

Die täglichen Gänge der PTR-Quarzuhren sind aus der beständigen Vergleichung mit dem Nauener Zeitsignal um 13^h MEZ abgeleitet worden, dessen Korrektionen sich aus den bei den Zeitbestimmungen gefundenen Gängen der Quarzuhren in Potsdam, Hamburg, Paris und Greenwich (mittlere Polhöhe $\varphi = +51°.5$, mittlere östliche Länge $\lambda = 25^m$) ergeben. Diese letzteren Gänge gelten nun für den jeweiligen Moment der Zeitbestimmung, haben also einen erheblichen Phasenunterschied gegen die Gänge um 13^h MEZ, werden aber nebst dem hier geringen, durch die kleine Längendifferenz bedingten Unterschied der Uhrgänge in Berlin und im Mittelmeridian der vier genannten Orte zur Zeit des Nauener Signals auf die an das Zeitsignal angeschlossenen Quarzuhren übertragen. (Nebenbei bemerkt, würde bei größerer Längendifferenz solcher Uhren die Gangschwankung wesentlich verändert sein.) Die beobachteten Gänge sind daher, wie schon erwähnt, ganz von den Ortszeiten abhängig, zu welchen die Zeitbestimmungen ausgeführt werden, und es ist nicht verwunderlich, wenn an den verschiedenen Orten die Phasen und auch die Amplituden der Gangschwankung etwas voneinander abweichen und die letztere keine genaue Sinuskurve sein kann.

In der folgenden Tabelle sind neben den Sternzeitstunden und den ihnen entsprechenden berechneten Uhrgängen die Monatsdaten aufgeschrieben, an denen das Zeitsignal zur betreffenden Sternzeit stattfindet, ferner die nach Angaben des Potsdamer Geodätischen Instituts angenommenen mittleren Ortszeiten der Zeitbestimmungen und die zugehörigen Sternzeiten. Damit findet man endlich die unter R in derselben Tabelle angegebenen berechneten Uhrgänge, die den danebenstehenden, für den ersten Tag jedes Monats gültigen, in den Jahren 1934 bis 1944 beobachteten mittleren täglichen Gängen der PTR-Quarzuhren [5] entsprechen. Diese Uhrgänge R können übrigens genähert durch die Gangformel:

$$G = -0^s.00045 \cos(\vartheta + 2^h) - 0^s.00010 \cos 2(\vartheta + 2^h)$$

ausgedrückt werden, indem man zu ϑ rund 7^h, die durchschnittliche mittlere Zeit der Zeitbestimmungen bezüglich der mittleren Ortszeit des Zeitsignals, addiert; die R sind in Abb. 1 graphisch dargestellt, ebenso die beobachteten Uhrgänge B.

Tabelle 1

Sternzeit ϑ	Berechn. Uhrgang	Zeitsignal (12^h25^m m. Z.)	Zeitbestimmung m. Z.	Zeitbestimmung Stz.	Datum	Beob. Uhrgang PTR (B)	Berechn. Uhrgang (R)
h	s		h	h		s	s
23	+0.0001	1. März	18	4.5	1. Jan.	0.0000	−0.0002
1	− 2	1. April	19	7.5	1. Febr.	− 5	− 4
3	− 4	1. Mai	21	11.5	1. März	− 12	− 6
5	− 5	1. Juni	21	13.5	1. April	− 11	− 4
7	− 4	1. Juli	22	16.5	1. Mai	− 9	+ 1
9	− 2	1. Aug.	21	17.5	1. Juni	− 6	+ 3
11	+ 1	1. Sept.	20	18.5	1. Juli	+ 3	+ 4
13	+ 3	1. Okt.	19	19.5	1. Aug.	+ 11	+ 4
15	+ 3	1. Nov.	18	20.5	1. Sept.	+ 12	+ 4
17	+ 3	1. Dez.	18	22.5	1. Okt.	+ 10	+ 3
19	+ 3	1. Jan.	18	0.5	1. Nov.	+ 6	+ 3
21	+ 3	1. Febr.	18	2.5	1. Dez.	0	+ 1

Der Vergleich von Beobachtung und Rechnung zeigt dem Sinne nach Übereinstimmung, nämlich ein Vorgehen der Quarzuhren im Winter und Frühjahr vor einer gleichmäßig gehenden Uhr, ein Nachgehen im Sommer und Herbst. Quantitativ ist eine mäßige Phasenverschiebung von etwa einem Monat vorhanden und eine gegenüber der berechneten mehr als doppelt so große beobachtete Amplitude, die einer Geschwindigkeit v von ungefähr 950 km/sec entsprechen würde. Eine solche Geschwindigkeit ist aber unwahrscheinlich, weshalb es nahe liegt, die Vergrößerung der Amplitude und auch die beobachtete zeitliche Veränderlichkeit der Phase wenigstens zum Teil der Einwirkung der meteorologischen Verhältnisse auf die Rotationsdauer der Erde zuzuschreiben. Eine Entscheidung in diesem Punkt wäre möglich, wenn

die Zeitbestimmungen während etwa eines halben Jahres, z. B. vom Frühjahr bis zum Herbst, immer zur selben Sternzeit angestellt würden, wodurch die sterntägliche Gangschwankung aufgehoben wäre, bzw. nur ein konstanter täglicher Gang zur Geltung käme; oder auch durch Vergleichung von in sehr verschiedenen Breiten beobachteten Gängen. Die Phasenverschiebung ist übrigens gegenüber den in Paris beobachteten Gängen erheblich geringer und weist gegenüber Greenwich das umgekehrte Zeichen auf, ist also gegenüber dem Mittel aller verglichenen Beobachtungen unwesentlich.

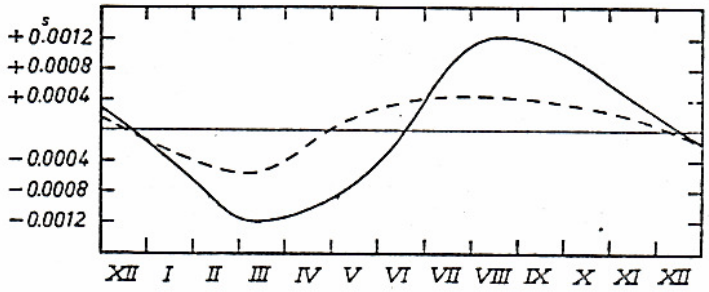

Abb. 1. Gangkurve. - - - - - Theorie (R) ———— Beobachtung PTR (B)

Um nun die theoretische Uhrstandformel zu erhalten, hat man die obige genäherte Gangformel zu integrieren, was den Ausdruck ergibt:

$$\Delta s = -0^s.026 \sin(\vartheta + 2^h) - 0^s.003 \sin 2(\vartheta + 2^h) + C.$$

In der von A. SCHEIBE [1] gewählten Formulierung würde man entsprechend für den scheinbaren „Erdstand" zu setzen haben:

$$\text{Erdstand} = -0^s.026 \cos\frac{2\pi}{365}(t + 45) + 0^s.003 \cos\frac{4\pi}{365}(t + 45) + C,$$

während die Ausgleichung der von 1934 bis 1944 erhaltenen Beobachtungen der PTR-Quarzuhren liefert:

$$\text{Erdstand} = -0^s.067 \cos\frac{2\pi}{365}(t + 16) + 0^s.008 \cos\frac{4\pi}{365}(t + 13) + C_0,$$

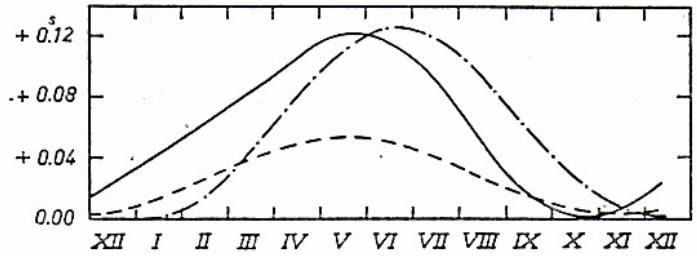

Abb. 2. „Erdstand". - - - - - Theorie ———— Beobachtung (Greenwich) -·-·-·-·- Beobachtung (PTR)

wo t die Anzahl der Tage seit Jahresbeginn bedeutet. Bei der Vergleichung der beiden Formeln fällt besonders auf, daß auch die Beobachtung zwei Perioden aufweist, eine jährliche bzw. ganztägige und eine halbjährliche bzw. halbtägige, deren Amplituden zudem in beiden Fällen im selben Zahlenverhältnis zueinander stehen. Da es an und für sich wenig wahrscheinlich ist, daß bei der Erdrotation außer einer jährlichen Schwankung auch noch eine halbjährliche vorkommen sollte, so bildet diese Tatsache vor allem ein starkes Argument für die Brauchbarkeit der Theorie.

Abb. 2 zeigt neben diesen beiden scheinbaren Jahreskurven der „Erdstände" noch die Ausgleichungskurve der Greenwicher Beobachtungen von 1943 bis 1947; aus dieser Figur ist die gute qualitative Übereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung besonders deutlich zu ersehen. Jedenfalls möchte der Verfasser das hier wiedergegebene und besprochene Ergebnis der Beobachtungen der Quarzuhren, insbesondere derjenigen der PTR, als neue und endgültige Bestätigung seiner bisherigen Annahmen über die „absolute" Erdbewegung und die LORENTZ-Kontraktion betrachten.

Literatur

[1] A. SCHEIBE, Die Änderung der Drehgeschwindigkeit der Erde nach den Messungen an den PTR-Quarzuhren. Mitteilungen der Astron. Ges. 1950, S. 25.
[2] L. COURVOISIER, Über die Polhöhenschwankungen infolge der LORENTZ-Kontraktion der Erde. Z. f. Geophysik 4.49 (1928).
[3] L. COURVOISIER, Bestimmungsversuche der Erdbewegung relativ zum Lichtäther. Astron. Nachr. 226.241 (1926).
[4] L. COURVOISIER, Zur Bestimmung der „LORENTZ-Kontraktion" und der „absoluten" Erdbewegung. Astron. Nachr. 280.61 (1951).
[5] A. SCHEIBE und U. ADELSBERGER, Über die Phase des Standes der Erde. Z. f. Physik 129.234 (1951).