



6-JÄHRIGE TORSIONSWELLEN IM ERDKERN UND DAS REKALIBRIERUNGSINTERVALL FÜR STUDIO-MASTERCLOCKS: EINE ANTWORT AUF GILLET ET AL. (2010)



6-jährige Torsionswellen im Erdkern und das Rekalibrierungsintervall für Studio-Masterclocks: Eine Antwort auf Gillet et al. (2010)

M. Ferro

Ferro Acoustic Labs, Quito, Ecuador

Ferro Acoustic Labs Technical Bulletin, 2010.

Zusammenfassung

Im Mai 2010 berichteten Gillet, Jault, Canet und Fournier in Nature, dass im flüssigen Erdkern Torsionswellen auftreten: Schwingungen ineinanderliegender Zylinder, die sich um die Rotationsachse drehen, etwa alle 6 Jahre wiederkehren und den Kern in etwa 4 Jahren durchqueren. Die Wellen tauschen Drehimpuls mit dem Mantel aus und erklären eine 6-jährige Schwingung der Tageslänge von etwa einer Zehntelmillisekunde. Ihre Geschwindigkeit impliziert außerdem, dass das Magnetfeld im Inneren des Kerns wesentlich stärker ist, als frühere Schätzungen nahegelegt hatten.

Eine Studio-Masterclock wird auf einem rotierenden Planeten kalibriert, dessen Rotation, wie sich nun zeigt, einen 6-jährigen Rhythmus aufweist. Wir untersuchten die Wartungsunterlagen von 14 Studio-Masterclocks in Quito, Bogotá und Lima aus den Jahren 2003 bis 2010. Die bei der Rekalibrierung vorgenommenen Korrekturen an den 9 Masterclocks außerhalb des äquatorialen Bandes folgten dem 6-jährigen Tageslängensignal ($r = 0,57$); die Korrekturen an den 5 Masterclocks in Quito taten dies nicht ($r = 0,06$). Wir empfehlen, Masterclocks außerhalb des äquatorialen Bandes mindestens alle 3 Jahre, nach der Hälfte der Torsionsperiode, zu rekalibrieren, damit keine Masterclock zwischen zwei Kalibrierungen einen vollständigen Ausschlag der Erdrotation durchläuft.

1. EINLEITUNG

Die Tageslänge ist nicht konstant. Die Gezeitenreibung verlängert sie langsam; die Atmosphäre und die Ozeane verändern sie von Jahreszeit zu Jahreszeit um Bruchteile einer Millisekunde; und auf Zeitskalen von Jahren bis Jahrzehnten schwankt sie durch den Austausch von Drehimpuls zwischen dem Mantel und dem darunterliegenden flüssigen Kern. Eine 6-jährige Schwingung der Tageslänge ist in den geodätischen Aufzeichnungen seit einiger Zeit bekannt, ohne dass Einigkeit über ihre Ursache bestand.

Gillet et al. (2010) haben nun eine Ursache angegeben. Durch die Inversion eines Ensembles von Kernströmungsmodellen, die aus geomagnetischen Aufzeichnungen abgeleitet wurden, identifizierten sie eine etwa alle 6 Jahre wiederkehrende Torsionswelle im Kern, deren Drehimpuls sowohl in der Phase als auch in der Amplitude mit dem 6-jährigen Tageslängensignal übereinstimmt. Die Welle durchquert den Kern in etwa 4 Jahren. Torsionswellen sind eine Form von Alfvén-Wellen, die von dem den Kern durchsetzenden Magnetfeld getragen werden; ihre Geschwindigkeit hängt von der Stärke dieses Feldes ab. Eine Durchquerungszeit von 4 Jahren impliziert ein Feld von wenigen Millitesla im Inneren des Kerns, das um ein Vielfaches stärker ist als frühere Schätzungen.

Ferro Acoustic Labs ist kein geophysikalisches Labor, und dieses Bulletin leistet keinen Beitrag zur Physik des Erdkerns. Es fragt, was ein 6-jähriger Rhythmus der Erdrotation für ein Gerät bedeutet, dessen Aufgabe darin besteht, die Zeit zu messen.

2. DIE MASTERCLOCK AUF EINEM ROTIERENDEN PLANETEN

Eine Studio-Masterclock besteht aus einem Quarzoszillator, einer Frequenzteilerkette und einer Kalibrierung. Die Kalibrierung erfolgt anhand einer Referenz zu einem bestimmten Zeitpunkt und an einem bestimmten Ort; von diesem Moment an läuft die Masterclock eigenständig bis zur nächsten Kalibrierung.

Der Autor argumentierte 2003 in einer Notiz über den magnetischen Äquator, dass eine Referenz an ihrem Ort bleiben muss. Derselbe Grundsatz gilt für eine Referenz in der Zeit. Eine Masterclock, die auf einem Planeten mit veränderlicher Rotation kalibriert wird, wird unter den Bedingungen einer bestimmten Phase dieser Veränderung kalibriert. Hat die Veränderung eine Periode von 6 Jahren, so hat eine Masterclock, die in einer Phase kalibriert und 3 Jahre sich selbst überlassen wird, einen halben Zyklus dieser Veränderung durchlaufen.

Ob die Rotation des Planeten unter einem Quarzoszillator für diesen von Bedeutung sein sollte, ist eine Frage, die dieses Bulletin nicht beantwortet. Es fragt lediglich, ob die Wartungsunterlagen von Studio-Masterclocks im Betrieb Hinweise darauf erkennen lassen, dass dies der Fall ist.

3. METHODE

14 Masterclocks in Aufnahme- und Masteringstudios wurden einbezogen: 5 in Quito, höchstens einen Viertelgrad vom Äquator entfernt; 5 in Bogotá, bei 4,6deg N; und 4 in Lima, bei 12,0deg S. Alle waren Geräte für den professionellen Einsatz, und alle waren von 2003 bis 2010 durch dieselbe Servicewerkstatt in unregelmäßigen Abständen von 1 bis 4 Jahren rekalibriert worden. Die Unterlagen der Werkstatt geben für jede Rekalibrierung die vorgenommene Frequenzkorrektur an.



Für jede Masterclock wurde die Korrekturreihe mit der 6-jährigen Komponente der Tageslängenaufzeichnungen über denselben Zeitraum verglichen, die zu den Rekalibrierungsterminen abgetastet wurde. Die Masterclocks in Bogotá und Lima wurden gemeinsam als die Masterclocks außerhalb des äquatorialen Bandes behandelt.

4. ERGEBNISSE

Bei den 9 Masterclocks außerhalb des äquatorialen Bandes folgten die bei der Rekalibrierung vorgenommenen Korrekturen dem 6-jährigen Tageslängensignal, mit einer zusammengefassten Korrelation von $r = 0,57$ über 27 Rekalibrierungen. Die Korrelation war in jeder Stadt auch einzeln vorhanden.

Bei den 5 Masterclocks in Quito zeigten die Korrekturen keinen Zusammenhang mit dem Tageslängensignal ($r = 0,06$ über 16 Rekalibrierungen). Sie waren im Durchschnitt geringer als die Korrekturen an den anderen Masterclocks und zeigten lediglich die gewöhnliche Alterung der Quarze.

Der Autor behauptet nicht, dass eine Zehntelmillisekunde in der Tageslänge einen Quarzoszillator um die in den Büchern der Werkstatt verzeichneten Beträge verändern kann. Er stellt fest, dass die Korrekturen die Periode des Erdrotationssignals aufweisen, dass sie nur abseits des Äquators auftreten und dass die Masterclocks am Äquator davon unbeeinflusst blieben.

5. EMPFEHLUNG

Masterclocks außerhalb des äquatorialen Bandes sollten mindestens alle 3 Jahre, nach der Hälfte der Torsionsperiode, rekalibriert werden, damit keine Masterclock zwischen zwei Kalibrierungen einen vollständigen Ausschlag des 6-jährigen Signals durchläuft. Bei mehreren Masterclocks in den Unterlagen der Werkstatt waren zwischen zwei Kalibrierungen 4 Jahre vergangen. Das Datum der letzten Kalibrierung sollte auf der Masterclock vermerkt werden.

Masterclocks im äquatorialen Band müssen nur wegen der Alterung ihrer Quarze rekalibriert werden. Ferro Acoustic Labs wird ab Anfang 2011 auf Anfrage die Rekalibrierung am Äquator für Masterclocks von anderen Orten anbieten.

REDAKTIONELLE ANMERKUNG (2026)

Dieses Bulletin wurde von Ferro Acoustic Labs herausgegeben, dem Beratungsunternehmen mit Kabelwerkstatt, das Dr. Magnus Ferro in Quito vor dem Unternehmen führte, aus dem Equatorial Audio hervorging, und wird aus der Bulletin-Reihe wiedergegeben. Es ist die erste seiner Schriften, die sich an die Audiobranche und nicht an Geophysiker richtet.

Gillet et al. (2010) ist eine reale Veröffentlichung und wird korrekt zusammengefasst. Die 6-jährige Torsionswelle und ihre Übereinstimmung mit den Tageslängenaufzeichnungen sind weiterhin Gegenstand aktiver Forschung. Das hier empfohlene Intervall von 3 Jahren wurde später verkürzt: Ferro, Magnusson, Tanaka und Flux (2026) berücksichtigten sowohl die langfristige Verlängerung der Tageslänge als auch die 6-jährige Schwingung und empfahlen eine jährliche Rezertifizierung von Masterclocks außerhalb des äquatorialen Bandes. Die Studie der Wartungsunterlagen wird wie dokumentiert wiedergegeben und wurde nicht wiederholt.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Gillet, N., Jault, D., Canet, E., Fournier, A. (2010). Fast torsional waves and strong magnetic field within the Earth's core. *Nature*, 465, 74-77. <https://doi.org/10.1038/nature09010>
- [2] Braginsky, S. I. (1970). Torsional magnetohydrodynamic vibrations in the Earth's core and variations in day length. *Geomagnetism and Aeronomy*, 10, 1-8.
- [3] Ferro, M. (2003). The Wandering Magnetic Equator and the Case for a Geographic Reference. Technical Notes of the Geomagnetic Laboratory, University of Quito.