

Werk

Jahr: 1953

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 Z NAT 2148:19

Werk Id: PPN101433392X_0019

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PID=PPN101433392X_0019 | LOG_0008

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain there Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

Die Temperaturkompensation bei Torsions-Magnetometern

Von Dr. Friedrich Werner, Berlin¹⁾

Mit 1 Abbildung

Der Bau von einwandfreien Torsions-Magnetometern ist lange Zeit auf erhebliche Schwierigkeiten gestoßen. Ob man nur das Schneidenlager durch ein Torsionslager ersetzte, oder ob man im richtigen Sinne des Wortes ein Torsions-Magnetometer konstruierte, in beiden Fällen lag die Schwierigkeit in erster Linie in der torsionssicheren Befestigung der Fäden. Es ist das Verdienst von Venske, als Erster darauf hingewiesen zu haben, daß nur mit sehr dünnen Torsionsfäden und entsprechend kleinen Magneten die Aufgabe gelöst werden kann. Die Horizontal-Torsions-Magnetometer QHM und HTM sind dafür eine einwandfreie Demonstration.

Nachdem die torsionssichere Befestigung von dünnen Fäden gelöst ist, tritt nun die Frage der Temperaturkompensation bei Torsions-Magnetometern in den Vordergrund. Die bei Magnetometern mit Schneidenlager übliche Temperaturkompensation kann nicht einfach übernommen werden. Zumindest muß die Temperaturabhängigkeit der elastischen Eigenschaften der Torsionsfäden in Rechnung gestellt werden. Bei Torsions-Magnetometern liegen die Verhältnisse aber auch insofern anders, als eine vertikale oder horizontale Drehachse gewählt werden kann. Da sich für die beiden Fälle verschiedene Kompensationsmöglichkeiten ergeben, wollen wir sie getrennt betrachten.

I. Magnetometer mit vertikaler Torsionsachse

Bei dieser insbesondere für H -Messungen gebräuchlichen Anordnung liegt der Schwerpunkt des Systems praktisch in der Drehachse. Ein durch die Schwere erzeugtes mechanisches Drehmoment ist also nicht vorhanden und kann daher nicht zur Temperaturkompensation herangezogen werden. Wirksam sind lediglich das magnetische Drehmoment und das Torsionsdrehmoment, die folgender Gleichgewichtsbedingung genügen, wenn die magnetische Achse des Magneten mit der magnetischen N-S-Richtung den Winkel α einschließt, τ die Torsionskonstante und φ den Torsionswinkel bedeuten:

$$M \cdot H \cdot \sin \alpha = \tau \cdot \varphi.$$

Von der Temperatur abhängig sind das magnetische Moment M und τ .

Die Erfüllung der Forderung $dM - d\tau = 0$ würde also schon Temperaturkompensation bedeuten. Leider bleibt diese Forderung aber Theorie, da Torsionsfäden mit thermoelastischen Koeffizienten der gewünschten Größe nicht zur Verfügung stehen und der Temperaturkoeffizient von brauchbaren Magneten sich praktisch nicht beeinflussen läßt.

¹⁾ Dir. Dr. Friedrich Werner, Askania-Werke, Berlin-Friedenau, Bundesallee 86-88.

Nachfolgend einige thermoelastische Koeffizienten, die aber für dünne Fäden erheblich abweichen können:

Stahl	— 30 bis — 40 · 10 ⁻⁵ /°C
Kupfer	— 20 bis — 40
Phosphorbronze	— 36 bis — 38
Neusilber	— 34 bis — 38
Invar	etwa ± 50
Quarz	etwa + 10

Der Temperaturkoeffizient des magnetischen Moments von hochwertigen Magneten beträgt

$$- 5 \text{ bis } - 10 \cdot 10^{-5}/^{\circ}\text{C}.$$

Quarz- und Invarfäden erhöhen also die durch den Magneten gegebene Temperaturabhängigkeit, während die Fäden aus den anderen Werkstoffen eine starke Überkompensation in der anderen Richtung bewirken.

Nach einem Vorschlag von *F. Haalck* (DBPa) kann die Temperaturkompensation auf einfachste Weise — zumindest für stationäre Geräte — vollständig gelöst werden. Man kombiniert zwei Fäden mit unterschiedlichen Koeffizienten, um auf diese Weise die gewünschte Größe zu erhalten.

Dabei kann man zwei Fäden parallel kombinieren, d. h. eine bifilare Aufhängung wählen oder aber zwei Fäden hintereinander anordnen. In beiden Fällen gewinnt man eine Möglichkeit, den TK zu beeinflussen. Bei der Bifilaraufhängung kann man z. B. die Fäden verschieden stark tordieren, wodurch der Einfluß der einzelnen TKs auf den TK des Gesamtsystems auch verschieden groß wird. Bei der Verwendung eines Tandemfadens wirken die einzelnen TKs im Verhältnis der Fadenlängen auf den Gesamtkoeffizienten. Man kann dadurch jeden TK, der zwischen den beiden Einzelwerten liegt, erreichen, so daß bei richtiger Auswahl der einzelnen Fäden eine Temperaturkompensation gelingt.

Aus der Gleichgewichtsbedingung:

$$M \cdot H \cdot \sin \alpha = 2 \varphi \frac{\tau_1 \cdot \tau_2}{\tau_1 + \tau_2}$$

läßt sich die Bedingung für die Temperaturkompensation ableiten:

$$\frac{dM}{M} = \frac{d\tau_1}{\tau_1} \cdot \frac{\tau_2}{\tau_1 + \tau_2} + \frac{d\tau_2}{\tau_2} \cdot \frac{\tau_1}{\tau_1 + \tau_2}$$

Bezeichnet man den TK des magnetischen Moments mit σ , die Länge der Fäden mit anfänglich gleichen Torsionskonstanten mit l_1 und l_2 und ihre thermoelastischen Koeffizienten mit ε_1 und ε_2 , so gilt für die Temperaturkompensation unter Vernachlässigung der Glieder höherer Ordnung

$$l_1 = l_2 \cdot \frac{\varepsilon_2 - \sigma}{\sigma - \varepsilon_1}$$

Eine solche Kombination ist also weitestgehend von der Temperatur und damit auch von der Intensität unabhängig, eine Tatsache, die sich besonders bei Reiseinstrumenten vorteilhaft auswirkt.

Die praktische Durchführung, d. h. das Aussuchen von solchen Fäden und die Bestimmung der notwendigen Längen bietet grundsätzlich keine

Schwierigkeiten. Erhebliche Entwicklungsarbeit mußte aber geleistet werden, bevor das Zusammenfügen von solchen dünnen Fäden (etwa $30\ \mu$) einwandfrei gelöst werden konnte.

Eingeführt wurde diese Temperaturkompensation bereits bei dem *H*-System des tragbaren Variographen und den Horizontal-Torsions-Magnetometern (HTM), die beide von den Askania-Werken hergestellt werden.

II. Magnetometer mit horizontaler Torsionsachse

Bei Magnetometern mit horizontaler Drehachse liegen die Verhältnisse erheblich anders. Erstens sind zur Erlangung einer horizontalen Drehachse auf jeden Fall zwei Fäden notwendig und zweitens ist ein von der Schwere

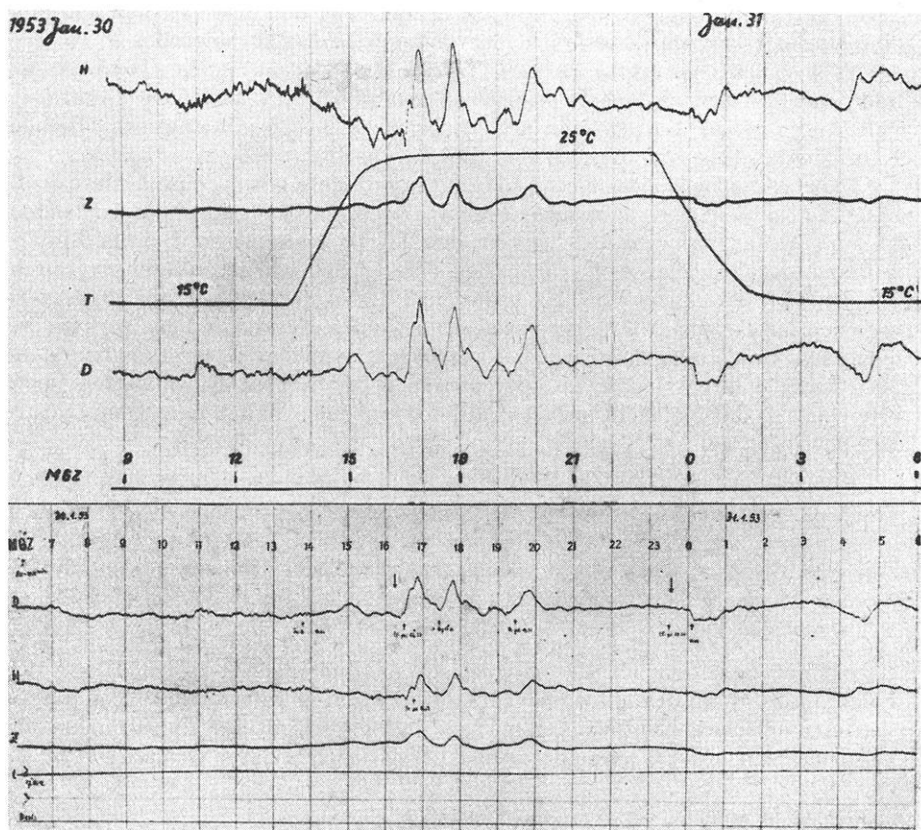


Abb. 1. Vergleich der Magnetogramme des Observatoriums Wingst (unten) und des tragbaren Askania-Variographen (oben). Trotz Temperaturänderung um 10°C ist bei letzterem kein Temperatureinfluß mehr bemerkbar

abhängiges mechanisches Drehmoment, das auch temperaturabhängig ist, praktisch nicht ganz zu vermeiden.

Die vorgeschlagene Temperaturkompensation (s. o.) läßt hier noch eine weitere und wichtige Variante zu:

Für die beiden Torsionsfäden wählt man unterschiedliche thermoelastische Koeffizienten. Tordiert man diese beiden Fäden verschieden stark, so werden auch die thermoelastischen Koeffizienten der einzelnen Fäden verschieden stark für den TK des Gesamtsystems wirksam. Für eine solche Anordnung gilt bei einem horizontal eingestellten Magneten.

$$Z \cdot M + m \cdot g \cdot l \cdot \sin \gamma = \varphi_1 \cdot \tau_1 + \varphi_2 \cdot \tau_2$$

Bleibt z. B. $\varphi_2 = 0$, d. h. wird nur der Faden mit τ_1 zur Erzeugung eines Drehmoments herangezogen, so ist auch nur der thermoelastische Koeffizient von τ_1 wirksam. Da man durch $\varphi_1 = 0$ den thermoelastischen Koeffizienten von τ_2 einstellen kann, sind somit auch alle Zwischenwerte durch entsprechende Wahl von φ_1 und φ_2 zu erreichen. Man kann aber noch darüber hinausgehen, indem man das Torsionsdrehmoment des einen Fadens z. T. durch das Torsionsdrehmoment des anderen Fadens aufhebt, d. h. die beiden Fäden entgegengesetzt tordiert, so daß nur die Differenz als Gegendrehmoment für das magnetische Drehmoment wirksam ist. Auf diese Weise kann man praktisch immer vollständige Kompensation erreichen. Sie ist jedoch von der Intensität abhängig, da — ganz abgesehen von dem von der Schwere abhängigen Drehmoment — es praktisch nicht möglich ist, daß das Verhältnis der beiden Torsionswinkel für andere Intensitäten erhalten bleibt. Diese Art der Kompensation eignet sich daher nur für stationäre Instrumente. Sie wurde bereits mit Erfolg bei dem Z-System des tragbaren Variographen der Askania-Werke eingeführt und ist bei dem neuen Universal-Torsions-Magnetometer (UTM) in Aussicht genommen.

Als Beispiel für die gute Wirksamkeit der geschilderten Kompensationsmethode bei Torsionsmagnetometern ist vorstehend eine Registrierung wiedergegeben, die mit einem tragbaren Askania-Variographen im Observatorium Wingst am 30./31. 1. 1953 erhalten wurde (oberer Bildteil). Außer den 3 Variationskomponenten D , Z und H und einer Basislinie enthält die Registrierung eine Temperaturaufzeichnung, aus der hervorgeht, daß die Thermostaten-temperatur des Variographen um 13.30^h von 15 °C auf 25 °C umgeschaltet und um 23^h wieder auf 15 °C zurückgeschaltet wurde. Zum Vergleich ist das entsprechende Magnetogramm des Observatoriums Wingst in gleichem Zeitmaßstabe darunter wiedergegeben. Abgesehen von den größeren Amplituden des tragbaren Variographen in allen 3 Komponenten ist trotz des schnellen Temperaturwechsels um 10 °C keinerlei Temperatureinfluß durch Vergleich mit der Observatoriumsregistrierung mehr bemerkbar und damit die Brauchbarkeit dieser Kompensationsmethode bewiesen.