Entmagnetisierung der Tragfeder eines STS-1V Thomas Forbriger Observatorium Schiltach, BFO

Geowissenschaftliches Gemeinschaftsobservatorium der Universitäten Karlsruhe und Stuttgart, Heubach 206, 77709 Wolfach

Störung seismischer Registrierungen durch Magnetfelder

Magnetischer Sturm



Quantitative Beschreibung der Empfindlichkeit



Korrektur seismischer Registrierungen



Abbildung 1: Oben: Signalpegel relativ zum NLNM an den ruhigsten GSN-Stationen. Unten: Magnetische Totalintensität gemessen am BFO. Beides für den Zeitraum vom 25.10.2003 bis 1.11.2003. Deutlich zu erkennen ist der Beginn des magnetischen Sturms (SSC) am 29.10.2003 um 6:11:10 UT mit dem ein Anstieg des Störpegels im GSN einhergeht.

Quelle: Göran Ekström (http://www.seismology.harvard.edu/~ekstrom/Research/Noise/ RADB_hourly_rms.html) und Rudolf Widmer-Schnidrig





Abbildung 4: Für das Periodenband von 1 s bis 1200 s wurde nachgewiesen, dass die auftretende Störbeschleunigung $a_k(t)$ in der Komponente k des Seismometers proportional zur Variation $\Delta \vec{B}(t)$ des Magnetfeldes ist. Der Zusammenhang $a_k(t) = \vec{s}_k \Delta \vec{B}(t)$ kann durch die frequenzunabhängige Empfindlichkeit \vec{s}_k beschrieben werden. Oben links sind die Richtungen \vec{s}_k des Magnetfeldes dargestellt, für die die UVW-Komponenten des STS-2 am BFO empfindlich sind. Die dunkelblauen Pfeile geben die Einzelergebnisse für zweistündige Zeitfenster an, der hellblaue Pfeil jeweils den Mittelwert daraus. Die roten Pfeile geben die Richtung der seismischen Empfindlichkeit an. Der Betrag $S_k = |\vec{s}_k|$ der Empfindlichkeit für einige GRSN-Stationen ist in der Tabelle rechts angegeben. Es konnten jeweils N Zeitfenster für die Analyse verwendet werden. In diesen wurde jeweils eine Varianzreduktion von mehr als 90 % erzielt. \vec{s}_k liegt bei erstaunlich vielen Seismometern senkrecht zur mechanischen Pendelachse. Diese Orientierung wird für die Wirkung des Drehmoments auf einen magnetischen Dipol erwartet.



Abbildung 5: Unter Verwendung der in Abb. 4 angegebenen Empfindlichkeiten können seismische Registrierungen von Störungen befreit werden, falls eine gleichzeitige Registrierung des Magnetfeldes verfügbar ist. Oben (schwarz): Seismische Registrierung des Honshu-Bebens vom 31.10.2003. Mitte (rot): Korrigierte seismische Registrierung. Unten (blau): Magnetische Störung, die aus der seismischen Registrierung entfernt wurde. Für die Darstellung wurden das schwarze und das blaue Seismogramm um 1.5 μ m s⁻¹ verschoben. Die Aufzeichnung des STS-2 wurde mit 100 s Tiefpass gefiltert und auf 360 s Eigenperiode entzerrt, um die langperiodischen Oberflächenwellen zu betonen. Im gezeigten Zeitfenster trägt der magnetische Sturm hauptsächlich Störungen bei Signalperioden von 200 s und länger bei.

Experimente mit der Tragfeder eines STS-1V

Da die Horizontalkomponenten des STS-1 keine Epmfindlichkeit zeigen, wird die

Schlussfolgerungen

1. Es ist nicht so einfach, ein Seismometer

Abbildung 2: Ausfall der aktiven magnetischen Abschirmung der Station STU von 8:58 UT bis 9:23 UT am 13.8.1998. Die magnetische Abschirmung senkt den Störpegel um ca. den Faktor 20. Die Station STU ist mit Helmholtzspulen gegen Magnetfelder abgeschirmt. Im Stadtgebiet von Stuttgart werden im Untergrund zeitlich variierende Magnetfelder durch Starkströme der Straßenbahnen erzeugt. (Siehe auch: http://www.geophys.uni-stuttgart.de/STU/gallery/Hstu.html)

Verzerrung des Erdmagnetfeldes



Abbildung 3: Störung der GRSN-Station TNS durch Lastfahrzeuge am 15.11.2001. An diesem Tag passierten mehrere Lastfahrzeuge auf dem Weg zu einer Baustelle das Seismometer nordöstlich in ca. 10 m räumlichem Abstand. Die Störungen auf den Horizontalkomponenten können durch Auflast bedingte Neigungen mit einer Amplitude von bis zu 30 nrad erklärt werden. Das Neigungssignal (rechts) zeichnet die Fahrtrichtung nach. Die Störungen in der Vertikalkomponente können nur durch eine Verzerrung des Magnetfeldes um 30 nT erklärt werden. Andere Effekte (Neigung, Vertikalverschiebung, Luftdruck, gravitative Anziehung, hydraulische Hebung) können aus physikalischen Gründen als Ursache ausgeschlossen werden. Ursache in der Tragfeder der Seismometer vermutet und hängt sicherlich mit den ferromagnetischen Eigenschaften der verwendeten Elinvar-Legierung zusammen. Als physikalische Ursache sind folgende Effekte denkbar: (1) Drehmonent auf eine remanent magnetisierte Tragfeder (Kompass-Nadel-Effekt), (2) Magnetstriktion oder (3) von der Magnetisierung abhängiger E-Modul. Um den Einfluss remanenter Magnetisierung zu überprüfen und die Bedeutung des Kompass-Nadel-Effekts zu untersuchen wurde versucht, die Tragfeder eines STS-1V mit einem Tonkopf-Entmagnetisierer der Firma Bernstein (Typ 2-305) im eingebauten Zustand abzumagnetisieren.



Abbildung 6: Die Empfindlichkeit \vec{s} des STS-1V (SN 1828) für fünf verschiedene Zustände. Links dargestellt ist die Projektion auf die horizontale Ebene. Rechts dargestellt ist die Vertikalkomponente über dem Betrag der Horizontalkomponenten. (1) $|\vec{s}| = 0.15 \text{ ms}^{-2}\text{T}^{-1}$ im Urzustand und (2) $|\vec{s}| = 0.91 \text{ ms}^{-2}\text{T}^{-1}$ nach einem ersten Versuch zur Entmagnetisierung (jeweils ohne μ -Metall Abschirmung). (3) $|\vec{s}| = 0.05 \text{ ms}^{-2}\text{T}^{-1}$ wie (2), jetzt aber mit μ -Metall Abschirmung. (4) $|\vec{s}| = 0.47 \text{ ms}^{-2}\text{T}^{-1}$ nach einem zweiten und (5) $|\vec{s}| = 0.66 \text{ ms}^{-2}\text{T}^{-1}$ nach einem dritten Versuch zur Entmagnetisierung (beide ohne μ -Metall Abschirmung). Der Pfeil F gibt die Richtung des Erdmagnetfeldes am Versuchsort an (das Koordinatensystem ist nicht genordet). Die schwarze Winkelhalbierende in der linken Abbildung zeigt die Orientierung der Achse des Seismometerpendels. Der kleine schwarze Kreis im rechten Bild markiert die Empfindlichkeit ($|\vec{s}| = 0.07 \text{ ms}^{-2}\text{T}^{-1}$) des STS-1V Stationsseismometers am BFO mit μ -Metall Abschirmung. Der große schwarze Kreis gibt die mittlere Empfindlichkeit ($|\vec{s}| = 0.33 \text{ ms}^{-2}\text{T}^{-1}$) der UVW-Komponenten des STS-2 am BFO wieder (Abb. 4). im montierten Zustand zu entmagnetisieren.

- 2. Der Urzustand des STS-1V SN 1828 könnte ein Hinweis darauf sein, dass der Kompass-Nadel-Effekt nicht der einzige Mechanismus ist, der zu Magnetfeldempfindlichkeit führt.
- 3. Die Lage der magnetischen Empfindlichkeit sowohl bei den GRSN-Seismometern, wie auch beim STS-1V SN 1828 weist auf eine starke Beteiligung des Kompass-Nadel-Effekts hin.
- 4. Der Vergleich zwischen den Fällen (2) und (3) in Abb. 6 (mit und ohne μ -Metall Abschirmung) zeigt, dass der μ -Metall Topf die Störungen um einen Faktor 18 abschwächen kann. Er ist damit genauso effektiv wie die aktive Abschirmung der Station STU (Abb. 2).
- 5. Der Vergleich der erreichten Empfindlichkeiten für das STS-1V SN 1828 (Abb. 6) mit denen der GRSN- und BFO-Seismometer (Abb. 4) zeigt, dass die vorbandenen Seismometer potenti-

die vorhandenen Seismometer potentiell deutlich unempfindlicher sein könnten, wenn ihre Tragfeder die optimalen Eigenschaften hätte.

6. Registrierungen des Magnetfeldes können zur Verbesserung des Signal-Stör-Verhältnisses seismischer Aufzeichnungen verwendet werden (Abb. 5).

Danksagung

Ich danke Walter Zürn dafür, dass er mich zu Anfang der Untersuchungen auf die richtige Fährte gesetzt hat (Abb. 3). Ihm und Erhard Wielandt bin ich für zahlreiche Diskussionen über das beschriebene Phänomen und die Bereitstellung von Seismometern dankbar. Heinz Otto, Andreas Hippel, Nicolas Hummel und Peter Duffner trugen zu den Experimenten mit dem STS-1V bei. Herr und Frau Streckeisen waren mit einem Ersatzteil zur Wiederherstellung eines defekten Seismometers für die Experimente behilflich. Rudolf Widmer-Schnidrig stellte die Registrierungen des magnetischen Sturms zur Verfügung. Ein Teil der Abb. 1 wurde einer Web-Seite von Göran Ekström entnommen.