

# Magnetfeldbeobachtung im südlichen Afrika: regionale Daten zum Verständnis globaler Änderungen

Monika Korte

Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam

*Satellites and global ground observation networks are the prerequisites to monitor global variations such as, e.g., climate or sea level changes or the decline of the geomagnetic field. Well-distributed ground observations in most cases are essential complements to space observations in order to gain an improved understanding of the processes underlying the observed changes. More than 80 % of the southern hemisphere are covered by oceans. Southern Africa is one of the few regions to allow for ground based observations there. The geomagnetic field shields our habitat against solar wind and cosmic rays. However, its average strength is clearly decreasing since the beginning of systematic observations 180 years ago, and a particularly weak field area is the region over and around the southern Atlantic, known as South Atlantic Anomaly. The GFZ activities regarding geomagnetic field observation in southern Africa and the larger southern Atlantic region provide a good example how regional ground observations are integral parts to investigating global processes, in this case geomagnetic core field evolution and space weather behaviour.*



Wesentliche Veränderungen in unserer Umwelt, wie z. B. der Klimawandel, globale Meeresspiegelschwankungen oder die Abnahme des Erdmagnetfelds, lassen sich nur mit Hilfe von Satelliten und globalen Netzwerken von Beobachtungsstationen überwachen. Obwohl die Messdaten der Erdbeobachtungssatelliten heutzutage die gesamte Erde abdecken, sind in nahezu allen geowissenschaftlichen Fachgebieten ergänzende, global verteilte Daten, die vom Erdboden aus gemessen werden, unverzichtbar. Sie helfen, die zugrundeliegenden, oft weltweit interagierenden Prozesse zu erfassen und tragen so zu einem besseren Verständnis dieser Vorgänge bei. Da die Südhalbkugel zu etwa 81% von Wasser bedeckt ist, spielt das südliche Afrika aufgrund seiner Lage eine zentrale Rolle: Es ist eine der wenigen Regionen dieser Hemisphäre, auf der eine landgebundene Erdbeobachtung möglich ist.

Das Deutsche GeoForschungsZentrum GFZ engagiert sich in vielfältiger Weise mit permanenten Bodenstationen und ergänzenden Messkampagnen zur Erdbeobachtung im südlichen Afrika. Im Rahmen globaler Netzwerke werden kontinuierliche Messdaten z. B. von Schwere- und Magnetfeld oder GPS-Signalen zur Erforschung globaler Prozesse erfasst. Am Beispiel des Erdmagnetfelds wird im Folgenden die grundlegende Bedeutung dieser regionalen Beobachtungsdaten für das bessere Verständnis globaler Änderungen dargestellt.

## Das Erdmagnetfeld und seine Änderungen

Das tief im Erdinneren, im äußeren, flüssigen Erdkern erzeugte Erdmagnetfeld umgibt die Erde und dient als Schutzschild gegen Sonnenwind und kosmische Strahlung. Es weist jedoch eine Schwächezone auf, die sich vom südlichen Afrika über den Südatlantik nach Südamerika erstreckt und als Südatlantische Anomalie bekannt ist (Abb. 1). Die Stärke des Erdmagnetfelds ist hier weltweit am niedrigsten und um rund 40% schwächer als in vergleichbaren Breiten. Während magnetischer Stürme sind hier verstärkt Ausfälle von Satelliten infolge verstärkter Strahlungseinwirkung zu beobachten.

Links: Das magnetische Observatorium Keetmanshoop, Namibia, wird seit 2006 in Zusammenarbeit von SANSA Space Science, Südafrika und dem GFZ betrieben. (Foto: I. Wardinski, GFZ)

Left: The Keetmanshoop Geomagnetic Observatory, Namibia, is run in co-operation of the SANSA Space Science, South Africa and the GFZ since the year 2006.

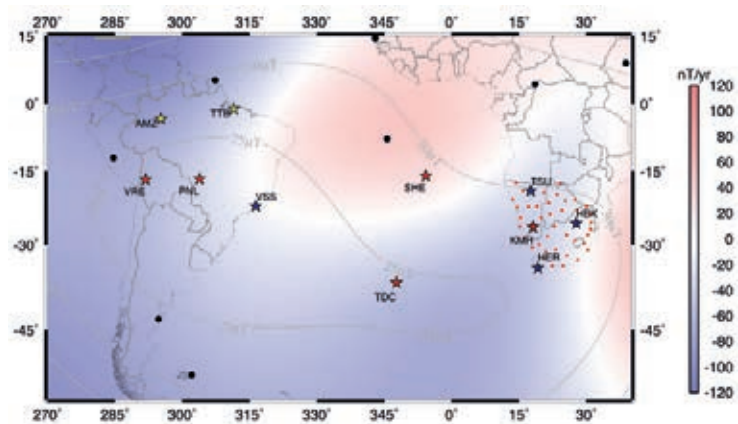


Abb. 1: Die geomagnetische Südatlantische Anomalie mit zum Teil stark abnehmenden Feldstärken von bis zu weniger als  $25 \mu\text{T}$  erstreckt sich von Südamerika bis über das südliche Afrika (blaue Gebiete). Die Magnetfeldänderungen werden kontinuierlich von geomagnetischen Observatorien gemessen (Sterne; rot: durch GFZ oder in Kooperation betrieben, blau oder gelb: von Kooperationspartnern betrieben oder geplant, schwarze Punkte: weitere INTERMAGNET-Observatorien). Zusätzliche, als Säkularpunkte bezeichnete Messpunkte in Südafrika, Namibia und Botswana sind durch rote Punkte markiert.

Fig. 1: The geomagnetic South Atlantic Anomaly with field intensities down to less than  $25 \mu\text{T}$  and decreasing covers the areas from South America to southern Africa (blue areas). Magnetic field changes are continuously monitored by geomagnetic observatories (stars; red: operated by GFZ or in cooperation, blue or yellow: operated or planned by collaboration partner, black dots: further INTERMAGNET observatories). Additional measurement locations (repeat stations) in South Africa, Namibia and Botswana are marked by red dots.

Flüssigkeitsbewegungen im äußeren Erdkern spielen eine wesentliche Rolle bei der dynamischen Erzeugung des magnetischen Hauptfelds und führen dazu, dass sich das Feld langsam, aber ständig ändert. Die Änderung wird als Säkularvariation bezeichnet. Dabei nimmt die mittlere globale Stärke des Erdmagnetfelds seit Beginn der systematischen Beobachtung vor etwa 175 Jahren beständig ab. Die deutliche Abnahme um 9% über diesen Zeitraum könnte auf eine über die nächsten Jahrhunderte bevorstehende Feldumkehr hindeuten, oder aber auch lediglich Teil einer gewöhnlichen Schwankung auf diesen Zeitskalen sein. Die Feldstärkeänderungen sind regional nicht gleichmäßig über die Erde verteilt. Während in Europa die Intensität sogar leicht zunimmt, ist die Abnahme in Teilen des südlichen Atlantiks und über Nord- und Südamerika gebietsweise noch deutlich stärker als im weltweiten Mittel.



Kontakt: M. Korte  
(monika.korte@gfz-potsdam.de)

Nur durch ein besseres Prozessverständnis auf der Grundlage von guten Beobachtungsdaten wird es möglich sein, die Bedeutung dieser Änderungen für die zukünftige Entwicklung des magnetischen Schutzschildes vorhersagen zu können. Eine Herausforderung bei der Interpretation magnetischer Beobachtungsdaten besteht darin, die Einflüsse verschiedener Quellen des Erdmagnetfelds in den Messdaten zu trennen. Zum Gesamtsignal tragen neben dem Hauptfeld aus dem Erdkern sowohl die permanente Magnetisierung lithosphärischer Gesteine als auch stark variable externe Felder bei. Letztere werden in Entfernungen von mehr als 100 km bis zu mehreren Erdradien oberhalb der Erdoberfläche durch diverse elektrische Stromsysteme in der Ionosphäre und Magnetosphäre erzeugt.

### Kontinuierliche Beobachtung des Erdmagnetfelds

Das GFZ ist seit dem Jahr 2005 intensiv an der Beobachtung des Erdmagnetfelds im südlichen Afrika beteiligt. An geomagnetischen Observatorien werden kontinuierlich Stärke und Richtung des Erdmagnetfelds und seiner Schwankungen registriert. Weltweit gibt es etwa 120 solcher Einrichtungen, die hochqualitative Daten nahezu in Echtzeit im Rahmen des INTERMAGNET-Programms (<http://www.intermagnet.org>) für wissenschaftliche Anwendungen zur Verfügung stellen. Seit 1941 existiert das magnetische Observatorium Hermanus (HMO) an der Südspitze Südafrikas, das zur South African National Space Agency (SANSA Space Science) gehört und von wo aus seit 1964 bzw. 1972 Observatorien in Tsumeb (TSU), Namibia und Hartebeesthoek (HBK) im nordöstlichen Südafrika betrieben werden. Die Abstände zwischen diesen Observatorien betragen jeweils mehr als 1200 km (Abb. 1). Im Jahr 2006 wurde in Kooperation von SANSA und GFZ ein weiteres Observatorium in Keetmanshoop (KMH) im Süden Namibias eingerichtet (Korte *et al.*, 2009). Zur verbesserten Überwachung der Magnetfeldänderungen in der südatlantischen Anomalie richtete das GFZ in der Folge ein weiteres Observatorium auf der Insel St. Helena (STH, seit 2007) im Südatlantik ein; seit Juli 2014 wird das von der Dänischen Technischen Universität Kopenhagen (DTU) neu errichtete Observatorium auf der Insel Tristan da Cunha (TDC) gemeinsam von GFZ und DTU betrieben. Zur Beobachtung der ausgedehnten Südatlantischen Anomalie ist das GFZ auch in Südamerika aktiv und hier seit 2011 in Kooperation mit dem Observatorio Nacional in Rio de Janeiro am Auf- und Ausbau mehrerer geomagnetischer Observatorien in Brasilien beteiligt.

### Säkularpunktmessungen in Südafrika, Namibia und Botswana

Die Abstände zwischen den magnetischen Observatorien auf dem südlichen afrikanischen Kontinent betragen auch mit dem neuen Observatorium in Namibia noch über 800 km. Angesichts der schnellen und unterschiedlichen Feldänderungen in der südafrikanischen Region ist ein dichteres Beobachtungsnetz für ein besseres Verständnis der Säkularvariation wichtig. Auch



Abb. 2: Geomagnetische Säkularpunktmessung in Südafrika (Foto: M. Korte, GFZ)

Fig. 2: Geomagnetic repeat station survey in South Africa

die lithosphärischen und magnetosphärischen Einflüsse auf die Messdaten könnten so besser untersucht werden. Das magnetische Observatorium Hermanus unterhält schon seit einigen Jahrzehnten ein Netz von zusätzlichen Messpunkten, die als sogenannte Säkularpunkte fest im Gelände markiert sind. Seit 2005 führen SANSA Space Science und GFZ gemeinsam jährliche Beobachtungen auf einem Netz von 40 dieser Stationen in Südafrika, Namibia und Botswana durch (Abb. 2). Dabei werden jeweils die Stärke und die Richtung des Magnetfelds an jedem Punkt über einen Zeitraum von etwa 15 Stunden gemessen.

### Interpretation der Beobachtungsdaten

Die Daten der magnetischen Observatorien werden unter anderem zusammen mit Satellitendaten in der globalen Magnetfeldmodellierung verwendet. Das GFZ-Magnetfeldmodell GRIMM (Lesur *et al.*, 2010) zeigt detailliert die für die Südatlantische Anomalie verantwortliche umgekehrte Feldstruktur an der Kern-Mantel-Grenze, welche auch für die globale Intensitätsabnahme von großer Bedeutung ist. Insgesamt sind schnelle und global stark variable Feldänderungen (Abb. 3) zu erkennen. Das Modell wird z.B. zur Untersuchung der Flüssigkeitsströmungen im Erdkern als Teil des Geodynamoprozesses genutzt. Die Säkularpunktdaten helfen, lithosphärische Feldanteile und langfristige magnetosphärische Änderungen besser zu verstehen (Korte und Lesur, 2011). Aufgrund der Lage auf ähnlichen magnetischen Längen- und Breitengraden ergänzen sich die Daten der Observatorien Hermanus und St. Helena sehr gut mit denen der nordhemisphärischen GFZ-Observatorien Niemegk (Deutschland) und Santa Maria (Azoren). Mit der Kombination der Observatoriendaten können Symmetrien in externen Magnetfeldern untersucht werden und Störungen in der Ionosphäre im Rahmen der Beobachtung und Erforschung der Weltraumwetterbedingungen beschrieben werden.

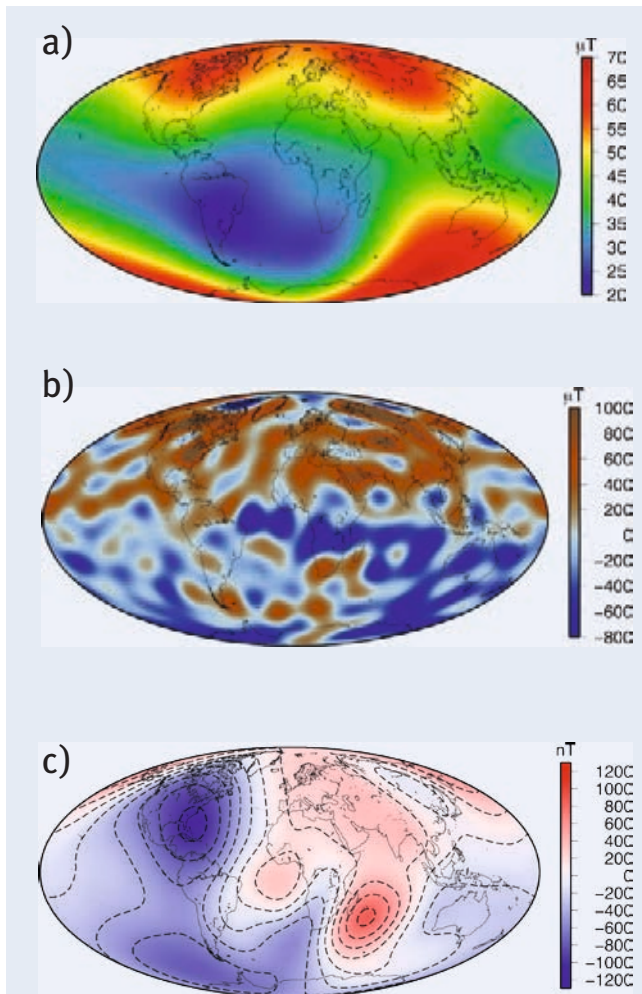


Abb. 3: Geomagnetische Beobachtungsdaten werden zur globalen Magnetfeldmodellierung verwendet. Hier sind Ergebnisse für das Jahr 2010 dargestellt. a) Die Feldstärke an der Erdoberfläche zeigt deutlich die als Südatlantische Anomalie bekannte Schwächezone. b) In der radialen Feldkomponente an der Kern-Mantel-Grenze sind in dieser Region große Bereiche umgekehrter Magnetfeldrichtung zu erkennen. c) Die Änderung der Feldstärke an der Erdoberfläche von 2002 bis 2010 zeigt, dass das Feld in dieser Region überwiegend deutlich weiter abgenommen hat.

Fig. 3: Geomagnetic data are used for global field modelling. Results for 2010 are shown here. a) Field intensity at Earth's surface shows the weak zone of the South Atlantic Anomaly. b) The radial field component at the core-mantle boundary shows reverse flux patches. c) The change of field intensity at Earth's surface from 2002 to 2010 shows that field intensity in this area has mostly further decreased.

## Ausblick

Im November 2013 wurde die ESA-Satellitenmission Swarm (Abb. 4) zur Beobachtung des Erdmagnetfelds mit einer Konstellation aus drei Satelliten gestartet. Das GFZ ist neben weiteren europäischen Forschungseinrichtungen an den wissenschaftlichen Aspekten dieser Mission beteiligt und betreibt das Swarm-Projektbüro. In Kombination mit den Observatorien-daten sind durch die hochaufgelösten Erdmagnetfelddaten von Swarm deutliche Fortschritte bei der Trennung der einzelnen Magnetfeldanteile zu erwarten. Auch kann die Verbindung der Satelliten- und Bodenmessungen zu einem umfassenderen Verständnis der den einzelnen Feldanteile zugrunde liegenden Prozesse führen und damit die Variabilität des natürlichen Schutzschildes der Erde genauer analysiert werden. Neue Erkenntnisse über die zukünftig zu erwartende Entwicklung der Südatlantischen Anomalie und ihrer Bedeutung für die Abnahme der globalen Magnetfeldstärke werden dazu beitragen, Space Weather-Einflüsse zu minimieren und abzuschätzen, ob eine Magnetfeldumkehr in näherer Zukunft bevorsteht.



Abb. 4: Swarm-Satellitentrio im All (Abbildung: Astrium)

Fig. 4: Swarm satellite trio in space

## Literatur

- Korte, M., Mandea, M., Linthe, H.-J., Geese [Hemshorn], A., Kotzé, P., Ricaldi, E. (2009): New geomagnetic field observations in the South Atlantic Anomaly region. - *Annals of Geophysics*, 52, 1, p. 65-81. DOI: <http://doi.org/10.4401/ag-4631>
- Korte, M., Lesur, V. (2012): Repeat station data compared to a global geomagnetic field model. - *Annals of Geophysics*, 55, 6, p. 1101-1111. DOI: <http://doi.org/10.4401/ag-5410>
- Lesur, V., Wardinski, I., Hamoudi, M., Rother, M. (2010): The second generation of the GFZ Reference Internal Magnetic Model: GRIMM-2. - *Earth Planets and Space*, 62, 10, p. 765-773. DOI: <http://doi.org/10.5047/eps.2010.07.007>