

# Erdmagnetfeld

I. Butz, U. Grob, P. Keller, M. Sennhauser

## Einleitung

Die Zielsetzung war die Erfassung der Erdmagnetfelddaten auf Lipari und den umliegenden Inseln. Hierfür wurde ein selbst konstruierter Prototyp eines Messgeräts verwendet. Der Prototyp basiert auf Mikrokontrollern des Typs Arduino.

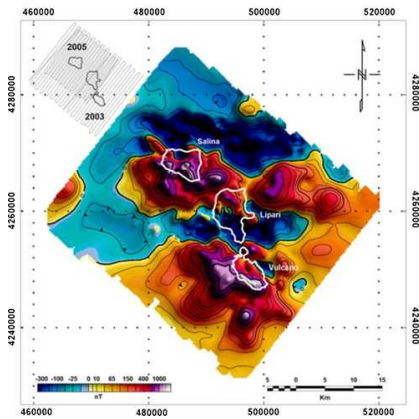


Abb. 1: Magnetfeldanomalien um die Inseln Lipari und Vulcano.

Magnetfeldstärken werden üblicherweise in Tesla (T) gemessen. Das Erdmagnetfeld gleicht von der Form her in etwa jenem eines Stabmagneten. Die Variationen der Magnetfeldstärke sind lokal relativ klein. In Mitteleuropa beträgt die Feldstärke ca.  $40\mu\text{T}$ . Die Liparischen Inseln eignen sich besonders für Magnetfelduntersuchungen, da aufgrund des Vulkanismus messbare **Variationen von bis zu  $1.5\mu\text{T}$**  in der Feldstärke auftreten (vgl. Referenzmessung in Abb. 1 aus [1]).

## Messgerät

Das Messgerät besteht aus zwei unabhängigen Teilen, dem Magnetfeldmessgerät und dem GPS-Messgerät. Bei beiden werden die Sensordaten mithilfe von Mikrokontrollern des Typs Arduino digitalisiert, zusammengeführt und abgespeichert.

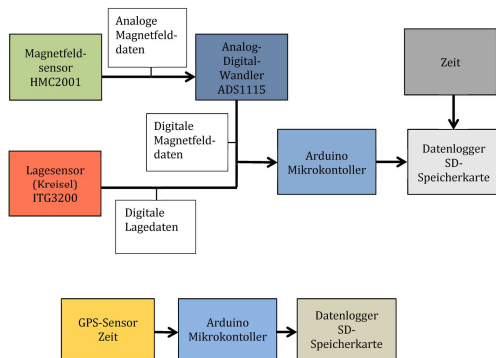


Abb. 2: Schema des in zwei unabhängigen Teilen aufgebauten Messgeräts.

Das **Magnetfeldmessgerät** liest den **Magnetfeldsensor** über einen hoch auflösenden Analog-Digital-Wandler aus und speichert diese auf der SD-Karte ab. Der zusätzliche Wandler ist nötig, da die Analog-Digital-Wandler des Arduinos eine zu geringe Auflösung haben. So kann die Sensitivität des Magnetfeldsensors besser ausgenutzt werden. Das Auflösungsvermögen beträgt ca.  $8\text{nT}$ . Ebenfalls im Magnetfeldmessgerät integriert ist ein digitales **Gyroskop** zur Bestimmung der räumlichen Ausrichtung des Messgeräts.

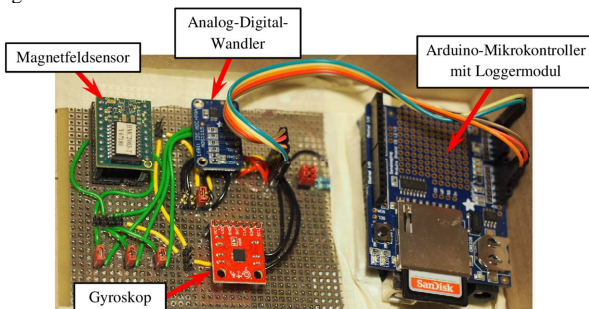


Abb. 3: Aufbau des Magnetfeldmessgeräts.

Das **GPS-Messgerät** dient der Positionserfassung für die Kartierungsmessungen. Um die Komplexität des Messgerätprototyps in Grenzen zu halten, wurden die Positionsdaten separat geloggt. Die Korrelation zwischen den Sensor- und den Positionsdaten geschieht über die Zeit.

## Testmessungen

Der Prototyp wurde mehrheitlich in der Schweiz zusammengebaut, die einzelnen Sensoren und schliesslich das ganze Messgerät wurden in Lipari getestet.

Das **GPS-Messgerät** wurde durch den Vergleich mit den Ausgabedaten eines kommerziellen Geräts getestet. Die Genauigkeit liegt unter zehn Metern, was für die Kartierungsaufgaben im vorliegenden Projekt mehr als ausreichend ist. In Abbildung 1 ist zu erkennen, dass sich die Magnetfeldanomalien über einige 100m und darüber erstrecken.

Das **Gyroskop** zur Lagebestimmung des Messgeräts hat sich leider als nicht stabil genug herausgestellt. Abbildung 4 zeigt eine Testmessung, bei welcher das Messgerät einmal horizontal im Kreis herum getragen wurde und am Ende gleich positioniert wurde wie am Anfang. Die gemessenen Abweichungen vom Sollwert betragen bis zu  $90^\circ$ . Daher wurde entschieden, dass vorerst nur die richtungsunabhängige Magnetfeldmagnituden kartiert würde.

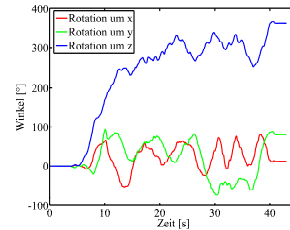


Abb. 4: Testmessung Gyroskop.

## Resultate

Der Test des ganzen Messgeräts diente gleichzeitig auch der Erfassung von Magnetfelddaten für die Kartierung. Dazu wurden mehrere Transekte zu Fuss, auf dem Schiff und im Auto vermessen. Ein Beispiel ist in Abbildung 5 gezeigt. Der Transekt führt von Lipari per Schiff zur Insel Vulcano und da zu Fuss quer über die Insel. Die Referenzdaten zum Vergleich sind in Abbildung 1 gezeigt. Lokal korrelieren die relativen Änderungen gut mit den Referenzdaten. Insbesondere das erhöhte Magnetfeld im Süden von Vulcano ist gut aus den Messdaten ersichtlich. Allerdings scheinen Umgebungseinflüsse problematisch zu sein. So zeigt die Messung auf dem Schiff zwischen Lipari und Vulcano erhöhte Werte. Lokale Änderungen im Magnetfeld sind aber trotzdem auch da nachweisbar.

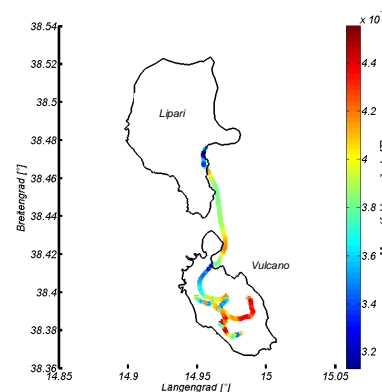


Abb. 5: Transektmessung auf Vulcano.

## Diskussion und Ausblick

Angesichts des grossen Umfangs des Projekts, welches von der Planung über den Bau und die Softwareentwicklung bis hin zu den Testmessungen und ersten Erhebungen von Transektaten reichte, war das Projekt sehr erfolgreich.

- Der Magnetfeldsensor erreicht die notwendige Sensitivität für die Vermessung von Anomalien im Erdmagnetfeld.
- Die Positionsbestimmung per GPS ist präzise und zuverlässig.
- Das Loggen der Daten auf SD-Speicherkarten ist einfach und zuverlässig.
- Die Arduino-Mikrokontroller eignen sich dank ihrer Flexibilität in der Softwarebearbeitung als Schnittstelle der verschiedenen Messgerätmodule.

Raum für die Weiterentwicklung des Prototyps gibt es insbesondere in der Minimierung der Störanfälligkeit aufgrund von Umwelteinflüssen.

- Die Selbstkalibrationsfunktion des Magnetfeldsensors sollte implementiert werden, damit die Langzeitstabilität der Sensitivität gewährleistet werden kann.
- Die Reduktion von zwei Datenloggern auf einen würde den Auswerteaufwand erheblich verringern, wenn alle Sensordaten in der gleichen Form und direkt korreliert abgespeichert würden.
- Der Ermittlung der räumlichen Ausrichtung des Messgeräts per Gyroskop hat sich als schwierig herausgestellt. Damit die Magnetfeldkomponenten in x-, y- und z-Richtung einzeln aufgezeichnet werden könnten, müsste eine neue Variante erarbeitet werden.

## Quellen

[1] De Ritis, R., Ravat, D., Ventura, G., Chiappini, M.: *Curie isotherm depth from aeromagnetic data constraining shallow heat source depths in the ventral Aeolian Ridge (Southern Tyrrhenian Sea, Italy)*, Springer (2013).