Eine fliegende unbemannte geophysikalische Messplatform

Rudolf Eröss[1], Bülent Tezkan[1], Rainer Bergers[1], Johannes Stoll[2] und Bernhard Siemon[3]
reroess@geo.uni-koeln.de

[1]Universität zu Köln, [2]Mobile Geophysical Technologies - Celle,
[3]Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe - Hannover

Motivation & Einleitung

In einem Pilotprojekt 2009/2010, welches von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert wurde, wurden zum ersten Mal mit einem *Unmanned Aerial System* (UAS) aeromagnetische Messungen durchgeführt (Abb. 1). Hierbei wurden die Anwendungsmöglichkeiten und die Messgenauigkeit untersucht (Tezkan et al, 2011).

Es wurden verschiedene, vergrabene, künstliche Anomalien sowohl am Boden, als auch mit dem UAS vermessen. Alle eingegrabenen Störkörper konnten mit UAS-Magnetik detektiert werden (Abb. 2).

Ein UAS kann aufgrund seiner computerkontrollierten Navigation präzise navigieren und daher auch Messungen bei geringer Flughöhe durchführen. Es kann schweben oder mit langsamer Geschwindigkeit über Messlokationen fliegen.

Nach der erfolgreichen UAS-Magnetik Messung ist in einem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekt geplant, VLF/LF-Messungen mit einem UAS durchzuführen. Dazu wird auf dem UAS ein Induktionsspulentriple und ein Datenlogger (Abb. 3) der Firma Metronix integriert. Mit diesen lassen sich die elektromagnetischen Felder von Sendern im Frequenzbereich von 10 kHz bis 250 kHz messen.
Durch die große Anzahl der zur Verfügung stehenden Sender, welche ein breites Frequenzband abdecken, wird eine feine Tiefenauflösung erreicht.

Ziel der UAS-gestützten Messungen ist die Entwicklung einer neuen Messplattform bzw. neuer Inversionsalgorithmen für effiziente, flächenhafte Leitfähigkeitsuntersuchungen.

Abb. 1: UAS-Magnetfeld-messungen bei Köln

Abb. 2: Totalfeldmessung - Boden und UAS-Magnetik Daten. (Tezkan et al, 2011)

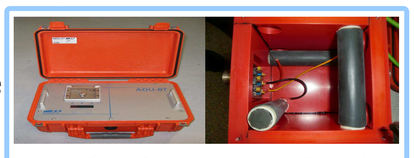

Abb. 3: ADU-07 Logger (links) und SHFT Sensor (rechts) von Metronix

Noisemessungen mit UAS und Datenlogger

Um den Einfluss des Hubschraubers auf den Logger und den Sensor zu untersuchen, wurde ein Experiment durchgeführt, bei welchem für verschiedene Abstände (0, 0.85, 1, 1.5, 2, 2.5 ... 6 m) des Logger bzw. des Sensors vom Hubschrauber abwechselnd Zeitreihen aufgenommen wurden (Abb. 4). Dabei war der Motor ständig in Betrieb. Hier wird das Ergebnis für den Logger dargestellt.

Abb. 4: Aufbau des Hubschrauber bei der Noisemessung in Luzern

Ein Blick auf die Rohdaten zeigt, dass die Entfernung des Loggers vom Hubschrauber großen Einfluss auf das Rauschniveau der Daten hat: befindet er sich 2 m vom Hubschrauber entfernt (Abb. 5a), so bleibt die Amplitude der aufgezeichneten Zeitreihe je nach Komponente zwischen 20 mV und 120 mV, steht er zwischen den Kufen des Hubschraubers (Abb. 5b), liegt der Betrag der Amplitude je nach Komponente zwischen 200 mV und 600 mV. Dieses Rauschen verhindert das Identifizieren von Sendern im Spektrum.

Bei der Konstruktion der Aufhängung ergibt sich hieraus ein Mindestabstand von Logger zu Hubschrauber von 2 Metern.

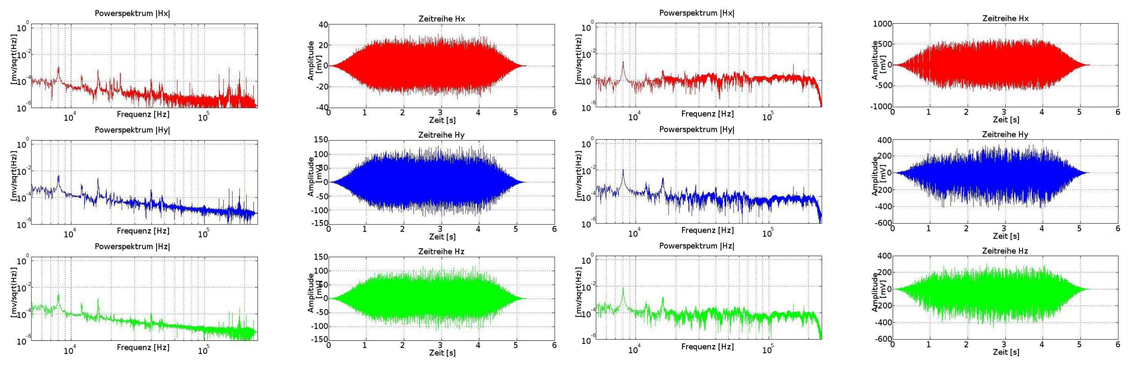

Abb. 5a: ADU-Logger befindet sich 2 m entfernt vom Hubschrauber.
Die Zeitreihen der Magnetfeldkomponenten befinden sich je nach Achse zwischen einer Amplitude von 20 bzw. 120 mV. Im Spektrum sind Linien zu erkennen, welche Radiosendern zugeordnet werden können.

Abb. 5b: ADU-Logger befindet sich direkt unter dem Hubschrauber.
Die Zeitreihen der Magnetfeldkomponenten befinden sich je nach Achse zwischen einer Amplitude von 200 bzw. 500 mV. Aufgrund des Rauschens können im Spektrum keine Sender identifiziert werden.

Drehexperiment mit dem SHFT Sensor

Der Hubschrauber wird nicht in der Lage sein, den Sensor rotationsfrei entlang eines Profils zu bewegen. Vielmehr wird der Sensor voraussichtlich Pendelbewegungen entlang der x-Achse (schwarzer Pfeil Abb. 6) und y-Achse (zeigt in Posterebene) und Drehbewegungen um die z-Achse (orangener Pfeil in Abb. 6) ausführen.
Um diese zu untersuchen, wurde der Sensor mit einem Gestell (Abb. 7) zunächst von -90 bis +90 Grad kontrolliert rotiert. Die Auswirkungen solcher Bewegungen auf die Daten ist in Abbildung 7 zu sehen: rot/blau bei Rotation um die y-Achse, grün/rosa für Drehung um z-Achse und anschließender Rotation um die y-Achse.
Man erkennt, dass bereits kleine Drehungen erheblichen Einfluss haben. Daher sollte die Gyration des Sensors während des Fluges gemessen werden, um Sensordrehungen nicht fälschlicherweise als Anomalie zu deuten. Es ist zu Prüfen ob es auch möglich ist Drehungen aus der Übertragungsfunktion herauszurechnen und so Anomalien leichter zu identifizieren.

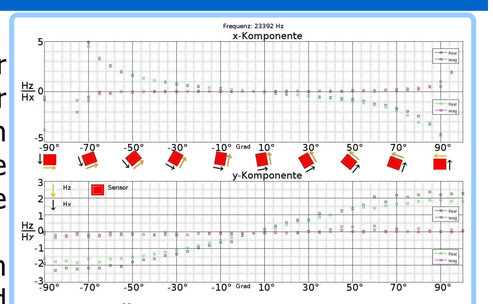

Abb. 6: Übertragungsfunktion als Funktion der Sensordrehungen um die y-Achse -90 bis +90 Grad (pitch angle) und um die z-Achse 8 Grad (yaw angle)

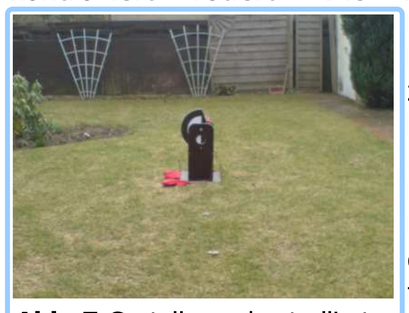

Abb. 7: Gestell zum kontrollierten drehen des Sensors

Suche nach geeigneten Messlokationen für UAS/VLF Messungen bei Cuxhaven

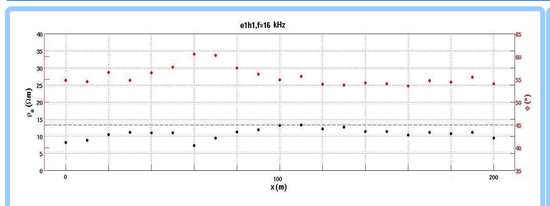

Abb. 8: RMT-Messung bei Cuxhaven - Telefonkabel bei 50m als Anomalie zu sehen

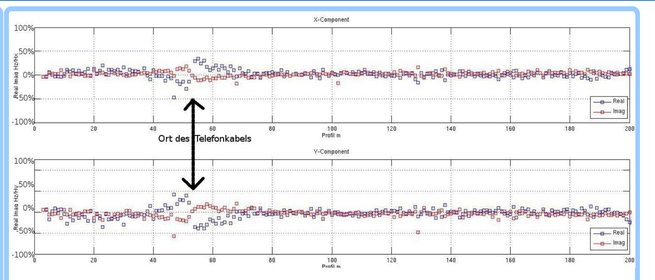

Abb. 9: VLF-Bodenmessung bei Cuxhaven - Telefonkabel deutlich als Anomalie zu erkennen

Um eine geeignete Messlokation für die UAS-VLF-Messung zu finden, wurden bisher verschiedene bodengebundene RMT– und VLF/LF-Messungen in Cuxhaven und im Harz ausgeführt.
Sowohl die RMT- als auch die VLF-Daten aus der Nähe von Cuxhaven zeigen bei ca. 55 m eine Anomalie. Diese Anomalie rührt von einem Telefonkabel (Abb. 8 und 9). Eine natürliche Anomalie, wie etwa der Übergang von Süß– zu Salzwasser ist in den Daten nicht zu erkennen.

Suche nach geeigneten Messlokationen für UAS/VLF Messungen im Harz

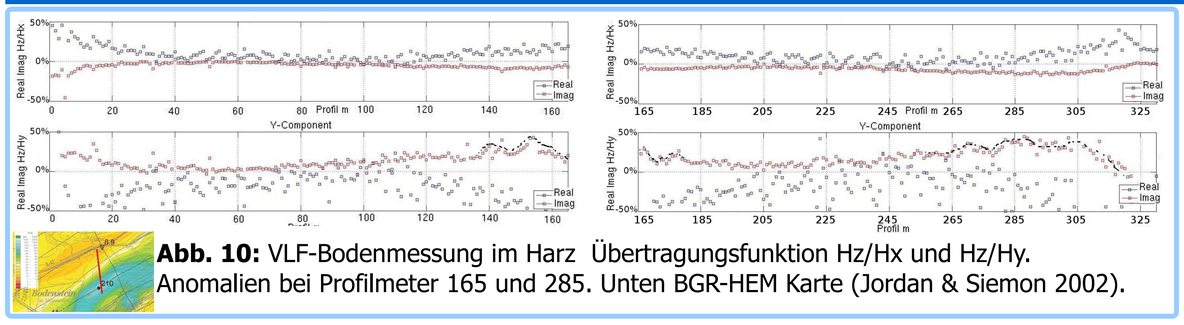

Abb. 10: VLF-Bodenmessung im Harz Übertragungsfunktion Hz/Hx und Hz/Hy.
Anomalien bei Profilmeter 165 und 285. Unten BGR-HEM Karte (Jordan & Siemon 2002).

Als zweite potentielle Messlokation wurde ein Übergang im Harz von kreidezeitlichen zu quartären Ablagerungen vermessen. Das Profil haben wir mit Hilfe einer spez. Widerstandskarte des BGR Hannover, die mit 41,3 kHz aufgenommen wurde, ausgewählt (Abb. 10 unten). Auf einem 360 m langen Profil wurden hierzu VLF-Messungen im *Walking-Modus* durchgeführt.
Im Imaginärteil von Hz/Hy sieht man zwei Anomalien: eine bei 140 bis 160 m und eine bei 265 bis 305 m. Es bleibt zu prüfen, ob die Anomalien auch in anderen Frequenzen zu sehen sind.

Ausblick

- UAS-Messung in Cuxhaven oder im Harz - evtl. mit künstlichen Anomalien
- Weiterentwicklung des Auswertealgorithmus, um die Unterdrückung des Noise zu verbessern
- Weitere Noisemessungen
- Weitere Rotationsmessungen
- Entwicklung eines Simulationsalgorithmus für UAS-VLF-Messung

Referenzen

- **Tezkan et al.**, Unmanned Aircraft Systems: A new geophysical measuring platform for aeromagnetic surveys, *First Break*, pp. 103-105, 2011.
- **Pedersen und Dynesius**, Final report on the Multi Frequency VLF/LF receiver (MFR) project, 2008.
- **Jordan und Siemon**, Die Tektonik des nordwestlichen Harzrandes - Ergebnisse der Hubschrauber-Elektromagnetik, 2002.

AIDA – From airborne data inversion to in-depth analysis
GEOTECHNOLOGIEN