

GEOFOKUS



Hubschrauber-Geophysik der BGR neu am Start

Uwe Meyer & Bernhard Siemon*

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) setzt seit den frühen 1970er Jahren Hubschrauber zur Erkundung des Untergrundes ein. Der erste Hubschrauber, damals vom Typ Sikorsky S-56, kam in einem großen Projekt der technischen Zusammenarbeit in Brasilien zum Einsatz. Nach Projektende verblieb er dort, und es wurde eine weitere Maschine gleichen Typs in Deutschland von der Bundeswehr übernommen (Abb. 1). 1986 wurde seitens des Bundesministeriums für Wirtschaftliche Zusammenarbeit (BMZ) eine neue Maschine erworben und für die Zwecke der Aerogeophysik eingerichtet, dieses Mal eine S-76B. Vor etwa drei Jahren waren für diese Maschine die Betriebsstunden aufgebraucht und es wurde über eine Neubeschaffung aus Mitteln des damaligen Sonderkonjunkturprogramms diskutiert. Allerdings konnte keine zu der Zeit am Markt erhältliche Maschine mit dem bestehenden Typ konkurrieren, so dass anstelle einer Neubeschaffung ein kompletter Neuaufbau der S-76B beschlossen wurde, einschließlich einer grundlegenden Neuzulassung des Hubschraubers und seiner Systeme beim Luftfahrt-Bundesamt in Braunschweig.

Der Hubschrauber wurde in seine Einzelteile zerlegt und detailliert geprüft, seine Turbinen wurden aufgearbeitet, Verschleißteile ersetzt und die tragenden Strukturen sicherheitstechnisch überarbeitet (Abb. 2).

Auf Grundlage der neuen Basiszulassung konnte dabei auch die gesamte Messtechnik neu eingerüstet werden und es wurde die Chance genutzt, alte Technik auszusondern, durch moderne zu ersetzen und zu ergänzen. Dieser Prozess ist weitgehend abgeschlossen und der Hubschrauber der BGR seit etwa 18 Monaten wieder im Einsatz.

Der Hubschrauber wurde mit einer technisch-wissenschaftlichen Basisausrüstung bestückt, die neben der Cockpit-Ausrüstung, die derzeit ebenfalls auf den technisch aktuellen Stand ge-

bracht wird, für den Piloten zusätzliche Navigationshilfen bereitstellt und den schnellen Einbau verschiedener Messtechnikmodule ermöglicht. Zur Basisausrüstung gehört grundlegend eine hochpräzise Navigationstechnik. So stehen für die Primärnavigation zwei L1/L2-GNSS-Antennen (GNSS: global navigation satellite system) zur Verfügung mit zusätzlich vier weiteren GNSS-Antennen an der Nase, der Stirn und am Heck des Hubschraubers. Die Antennen für die wissenschaftlichen Anwendungen können im hinteren Teil der Kabine über ein leicht zugängliches Panel angeschlossen werden und sind teils zusätzlich mit aktiven Signalsplitttern versehen.

Im Boden der Hubschrauberkabine ist ein hochwertiges Inertial-Navigationssystem (INS) vom Typ iMAR VRU-F fest installiert. Die Daten des INS sind zusammen mit einem optional einrüstbaren Laserscanner vom Typ Riegl LMS Q240-80 über ein weiteres gemeinsames Kabinenpanel abgreifbar. Zusätzlich ist eine fest installierte digitale Videokamera vom Typ Sony SSC-DC378P eingerüstet, optional ergänzt durch eine Flugwegkamera, die unter dem Hubschrauber installiert werden kann.

Die Daten des Höhenradars sind ausschließlich der Primärnavigation im Cockpit vorbehalten, es kann jedoch optional ein Laseraltimeter vom Typ Riegl LD90-3800-FLP oder LD321-3K der Technischen Universität Dresden in einer Seitenhalterung außerhalb der Kabine mit wenig Aufwand installiert werden (Abb. 3). Für die Betreiber der Messtechnik stehen ein Laptoptisch oder ein modernes, kompaktes Instrumentenrack zur Verfügung, je nach Einrüstung und Notwendigkeit. Weiterhin ist ein Panel für den Anschluss von Lichtleiterkabeln eingebaut, das die Verbindung zu einem entsprechenden Steckerbrett unterhalb des Hubschraubers bietet. Alternativ zum Laserscanner können WLAN-Antennen installiert werden, um möglichst einfach mit Sonden zu kommunizieren, die ohne

Abb. 1: Der erste BGR-Hubschrauber vom Typ S-56, 1972 (oberes Bild) und der von der Bundeswehr übernommene Hubschrauber, 1978 (unteres Bild). Foto: BGR



weitere Signalleitung am Lasthaken des Hubschraubers hängen.

Das in der Vergangenheit am häufigsten genutzte Modul im und am Hubschrauber ist die Frequenzelektromagnetik, die zusammen mit einem optisch gepumpten Totalfeld-Magnetiksensor, einem Laserhöhenmesser und einer GNSS-Einheit in einer über 10 m langen Flugsonde untergebracht ist. Das System wird ergänzt durch ein neu beschafftes Gamma-spektrometer vom Typ Radiation Solutions Inc. RSX-5 und die genannte Basisausstattung des Hubschraubers. Die Flugsonde ist mit sechs

Messfrequenzen ausgestattet, fünf der zugehörigen Spulensysteme sind horizontal gelagert, eines vertikal. Die technischen Details sind in Tabelle 1 aufgeführt.

In den vergangenen Jahren wurde das System hauptsächlich in Projekten zur Erkundung von Grundwassersystemen und Versalzungsstrukturen an der Nordseeküste eingesetzt, sowohl in BGR-eigenen Projekten (D-AERO, FLIN) als auch im Rahmen von EU-Forschungsvorhaben (BURVAL, CLIWAT). In jüngster Zeit wird das System auch wieder vermehrt zur Exploration von mineralischen Lagerstätten verwendet. Das

Aktuelle HEM-Sonde mit sechs Frequenzen		
Typ:	RESOLVE – Digitales System Modifizierte BKS36a-DSP- und BKS60-DSP-Sonden	
Länge:	~ 10 m	
Gewicht:	~ 400 kg mit Kabel (80 kg)	
Hersteller:	Fugro Airborne Systems, Canada	
Frequenz [Hz]	Spulenabstand [m]	Geometrie
387	7,94	horizontal-koplanar
1820	7,93	horizontal-koplanar
5500	9,06	vertikal-koaxial
8225	7,93	horizontal-koplanar
41550	7,91	horizontal-koplanar
133200	7,92	horizontal-koplanar

Tab. 1: Spulen und Frequenzen der Hubschrauber-Elektromagnetsonde

Messprinzip ist graphisch in Abb. 4 veranschaulicht.

Zur Aeroelektromagnetik zählen insgesamt diejenigen Verfahren der Elektromagnetik, mit

denen eine schnelle Erkundung des Erduntergrundes im Bereich von wenigen Metern bis mehreren hundert Metern Tiefe aus der Luft möglich ist.



Abb. 2: Die S-76B bei der Überholung in der Flugwerft der Fa. Wiking Helikopter Service GmbH in Wilhelmshaven. Foto: BGR

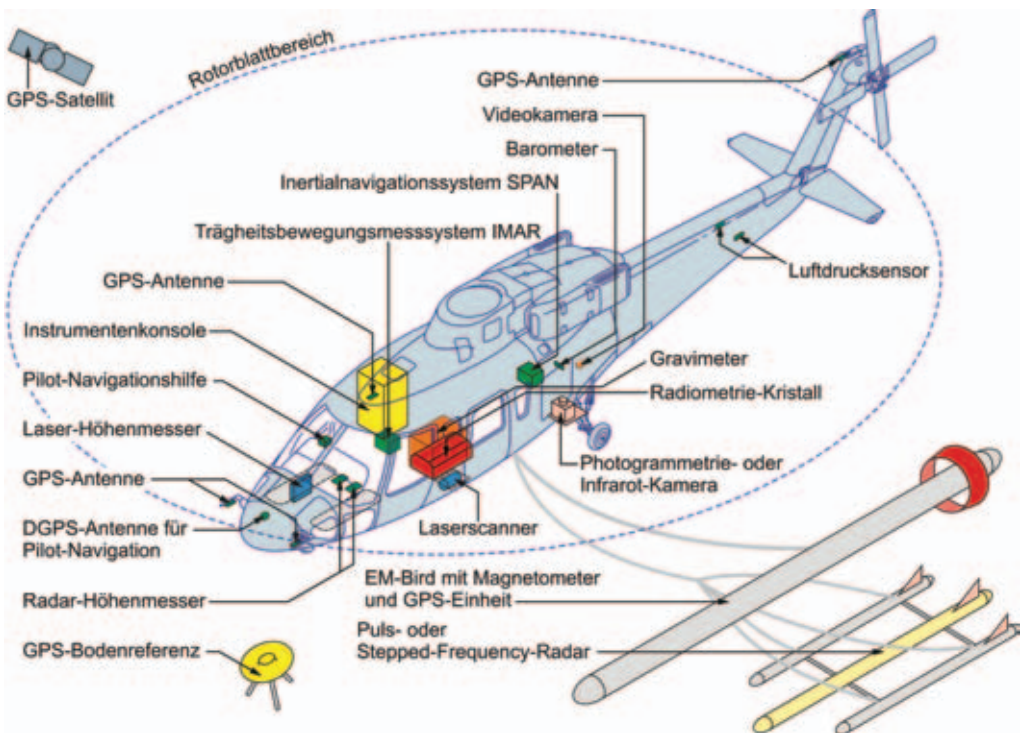


Abb. 3: BGR-Hubschrauber mit Basisausrüstung und einem Teil der optional einrüstbaren Systeme, nicht alle Systeme können parallel betrieben werden. Quelle: BGR

Das BGR-System nutzt den Hubschrauber zum Schleppen der Sender und Empfänger, die sich in einer Flugsonde befinden. Diese etwa 10 m lange Flugsonde hängt an einem 45 m langen Kabel etwa 30 bis 40 m über dem Gelände. Die dipolförmigen Sendesignale (Primärfelder) werden bei sechs diskreten Messfrequenzen im Bereich von 386 Hz bis 133 kHz als kontinuierliche Sinusschwingungen generiert. Für jede Messfrequenz werden je zwei Komponenten des im Untergrund induzierten sekundären Magnetfeldes registriert (Abb. 4), die mittels einfacher Modelle in spezifische Widerstände (Kehrwert der elektrischen Leitfähigkeit) umgerechnet werden. Die Ergebnisse werden in Vertikal- oder Horizontalschnitten dargestellt (Abb. 5 u. 6). Alternativ zu diesem Frequenzbereichsverfahren

der Aeroelektromagnetik existieren auch Zeitbereichsverfahren, bei denen das Sendesignal durch Ein- und Ausschaltvorgänge generiert wird. Derzeit ist das Hauptarbeitsgebiet die deutsche Nordseeküste. Hier soll innerhalb des Projekts D-AERO ein homogenes, flächendeckendes Datenarchiv angelegt werden, u.a. um mögliche Klimafolgen auf die Region z.B. über Salzwasserintrusionen zu untersuchen (Abb. 8). Darüber hinaus sind mit dem System Erkundungen mineralischer Lagerstätten in Bearbeitung. Ein systematischer Vergleich zwischen Daten der Hubschrauber-Elektromagnetik und der Geologie wurde bereits 2002 erfolgreich ausgewertet (Jordan und Siemon, 2002). Ein weiteres Modul der Hubschrauber-Geophysik der BGR ist die Aerogravimetrie. Hier besteht

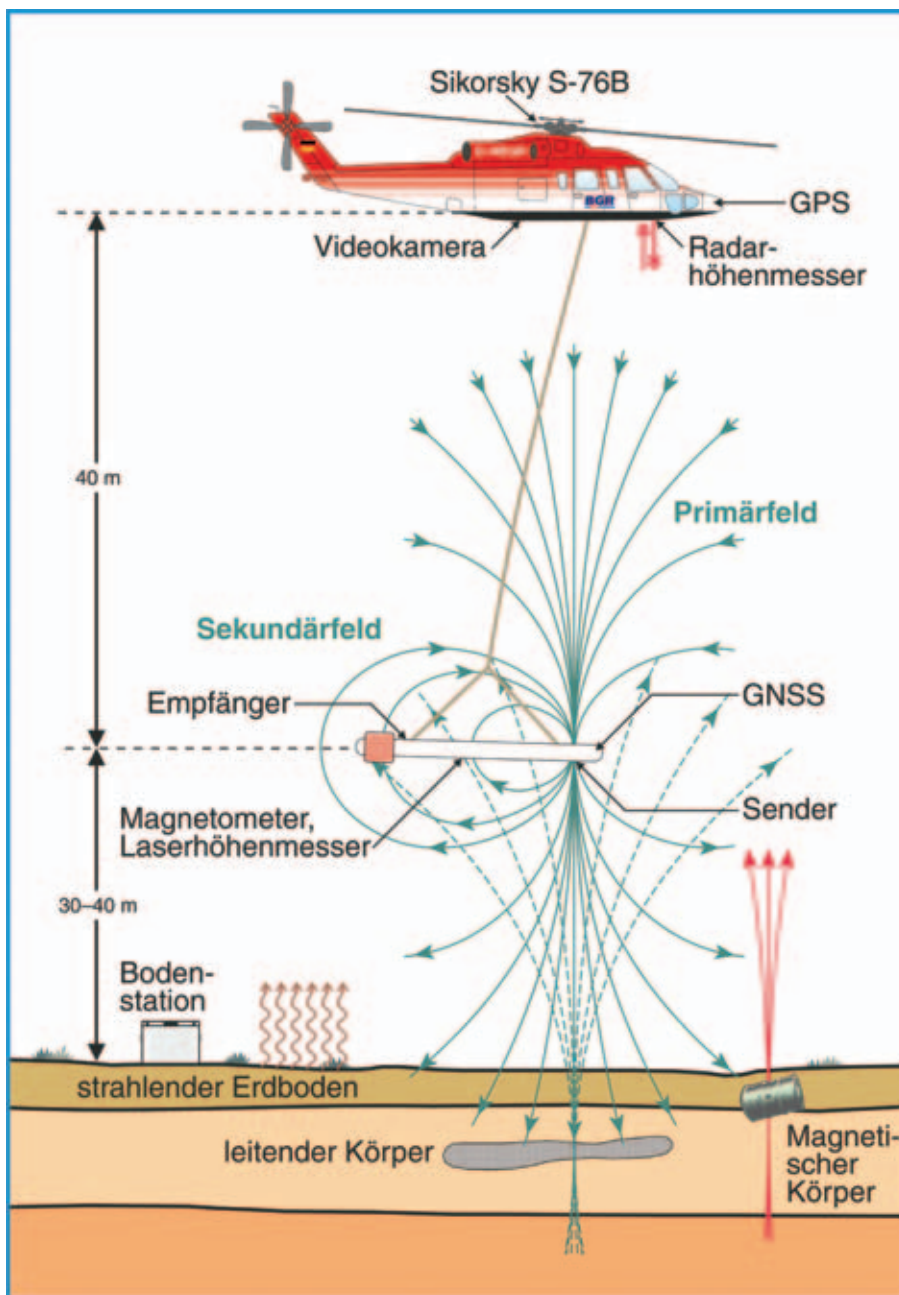


Abb. 4: Messprinzip der Hubschrauber-Frequenzelektromagnetik, Aeromagnetik und Radiometrie. Quelle: BGR

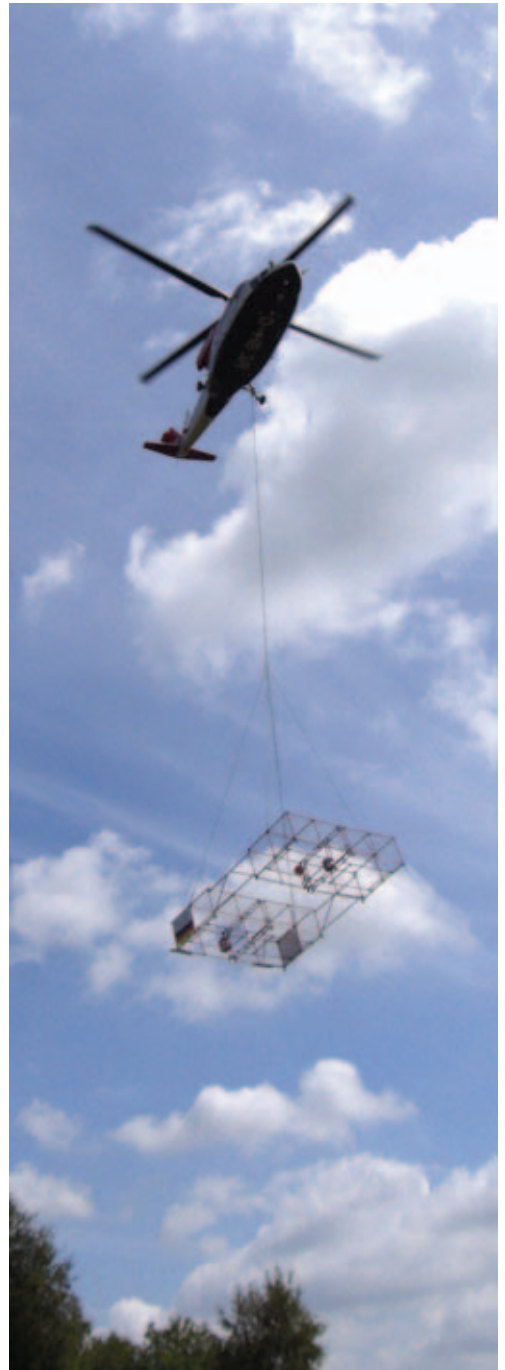


Abb. 7: Pulsradarsystem unter dem BGR-Hubschrauber. Foto: BGR



Abb. 8: Aufnahme des Schleppkörpers des IPHT zu einem Erkundungsflug

Foto: Ronny Stolz, IPHT Jena

chen sollen, vom Hubschrauber aus den Untergrund bis zu Tiefen von 1 km zu erkunden, sind aktuell in der Planung. Insgesamt ist der Hubschrauber der BGR mit seiner Leistungsfähigkeit und Ausstattung zumindest im westeuropäischen Raum eine einzigartige Mess- und Forschungsplattform, die zur Beantwortung vielfältiger geowissenschaftlicher Fragestellungen genutzt werden kann.

Literatur

Grube A., Wichmann, K., Hahn, L & Nachtigall, K.H. (2000): *Geogene Grundwasserversalzung in den Poren-Grundwasserleitern Norddeutschlands und ihre Bedeutung für die Wasserwirtschaft*. - TZW-Schriftenreihe 9, Karlsruhe.

Jordan, H. & Siemon, B. (2002): *Die Tektonik des nordwestlichen Harzrandes – Ergebnisse*

der Hubschrauber-Elektromagnetik. - Z. dt. geol. Ges. **153/1**: 31–50.

Siemon, B. (2005): *Ergebnisse der Aeroelektromagnetik zur Grundwassererkundung im Raum Cuxhaven-Bremerhaven*. - Z. angew. Geol. **1/2005**: 5–11.

Siemon, B., Steuer, A., Ibs-von Seht, M., Voß, W., Meyer, U. & Wiederhold, H. (2012): *Combination of airborne geophysical surveys at the estuaries of the Weser and Elbe Rivers in Northern Germany*. - Extended Abstract Remote Sensing Workshop Paris, 3.-5.9.2012: RS 30.

*Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Stilleweg 2, 30655 Hannover
Uwe.Meyer@bgr.de/Bernhard.Siemon@bgr.de
www.aerogeophysik.de