

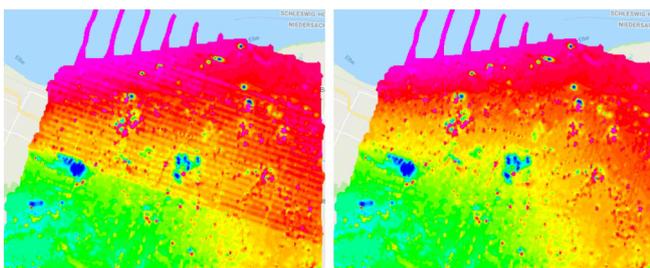
B. Siemon, M. Ibs-von Seht,
J. Pielawa



Bundesanstalt für
Geowissenschaften
und Rohstoffe

Ergänzungsbericht zum Technischen Bericht

Neuauswertung der Befliegung Hadelner Marsch, 2004





Bundesanstalt für Geowissenschaften
und Rohstoffe

**Ergänzungsbericht zum
Technischen Bericht
Neuauswertung der
Befliegung Hadelner Marsch,
2004**



Autoren: B. Siemon
M. Ibs-von Seht
J. Pielawa

Datum: 01.03.2019

Verzeichnis

1.	Zusammenfassung	2
2.	Einleitung	4
3.	Das Messgebiet	6
4.	Verarbeitung und Darstellung der Messdaten	8
4.1.	Prozessabläufe	8
4.2.	Positionsdaten	8
4.3.	Datenverarbeitung in der Elektromagnetik	9
4.4.	Datenverarbeitung in der Magnetik	13
4.5.	Datenverarbeitung in der Radiometrie	14
5.	Kartografische Arbeiten	16
6.	Archivierung	17
7.	Literatur	18
	Unterschriften	19
	Anhang	21
I	Personal	21
II	Abbildungsverzeichnis	22
III	Tabellenverzeichnis	22
VI	Kartenverzeichnis	23
V	Liste der Vertikalsektionen	24
VI	Protokolle	25
VII	DVD-Verzeichnis	33

1. Zusammenfassung

Für die Erkundung von Grundwasserleitern im Bereich der Hadelner Marsch wurde von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) eine aerogeophysikalische Vermessung im Mai/Juni 2004 durchgeführt. Die Befliegung fand auf Vorschlag und mit finanzieller Unterstützung des Instituts für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (heute: Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik) und des Wasserversorgungsverbandes Land Hadeln bzw. des Wasserversorgungsverbandes Wingst statt. Das Ziel der Untersuchungen im Bereich der Elbmündung war die räumliche Erfassung der Salzwasserintrusion und der Süßwasser führenden Grundwasserleiter. Ein weiteres Ziel war die Kalibrierung und der Praxistest des erstmalig eingesetzten, digitalen elektromagnetischen Messsystems.

Das Hubschraubermesssystem der BGR umfasst in seiner Standardausführung die Methoden Elektromagnetik (HEM), Magnetik (HMG) und Radiometrie (HRD). Die Elektromagnetik liefert die Verteilung der elektrischen Leitfähigkeit bis in maximal 150 m Tiefe, die Magnetik bildet die Anomalien des erdmagnetischen Totalfeldes ab, deren Quellen sowohl oberflächennah als auch aus großer Tiefe stammen können, und in der Radiometrie werden die Verteilungen der Totalstrahlung (Gesamtstrahlung) und der Elemente Kalium, Uran und Thorium sowie die Dosisleistung im Boden bestimmt, deren Quellen in der Regel in den oberflächennahen Bereichen des Untergrundes liegen.

Das im Jahr 2004 eingesetzte Messsystem bestand aus einem Hubschrauber als Systemträger, den simultan registrierenden geophysikalischen Messinstrumenten, die sich in einer nachgeschleppten Flugsonde (HEM und HMG) bzw. im Hubschrauber (HRD) befanden, den Navigations- und Positionierungsinstrumenten und einer Bodenstation zur Erfassung der zeitlich variablen Messgrößen (barometrischer Luftdruck, Variation des Magnetfeldes) zur Korrektur der während des Fluges gemessenen Daten.

Die mittlere Flughöhe der Messsensoren betrug etwa 45 m für Elektromagnetik und Magnetik und etwa 85 m für die Radiometrie. Während des Fluges wurden die Daten der HEM und HMG zehnmal pro Sekunde und die Daten der HRD einmal pro Sekunde registriert, was bei einer Fluggeschwindigkeit von etwa 140 km/h auf einen mittleren Messpunktabstand von etwa 4 m bzw. 40 m führte.

Die Messdaten und die dazugehörigen Positionsdaten wurden im Flug auf einer ZIP-Diskette (100 MB) gespeichert und unmittelbar nach der Befliegung einer ersten Kontrolle unterzogen. Eine weiterführende Bearbeitung der Messdaten sowie der Daten der parallel registrierenden Bodenstation erfolgte nach Abschluss der Befliegung in der BGR in Hannover.

Das Messgebiet Hadelner Marsch hat eine maximale Ausdehnung von 29 km in N-S- und 26 km in W-O-Richtung. Es wird durch die Elbe im Norden, das Messgebiet Cuxhaven im Westen, das Messgebiet Bremerhaven im Südwesten sowie den Breitengrad 53°36' im Süden und den Längengrad 9°08' im Osten begrenzt. Im Osten wurde später das Messgebiet Glückstadt hinzugefügt.

Mit 18 Messflügen, die 117 Mess- bzw. 13 Kontrollprofile mit einer Gesamtlänge von etwa 3000 Profilkilometer umfassen, wurde vom 25. Mai bis 11. Juni 2004 eine Fläche von etwa 700 km² vermessen. Der Sollabstand der WNW-OSO-Profile betrug 250 m, derjenige der SSW-NNO-Kontrollprofile 2000 m. Mit je einem weiteren Flug wurde das HEM-System über tiefem Meerwasser vor Helgoland kalibriert bzw. für einen Test der Einsatzmöglichkeit für die Deicherkundung ein Nordseedeich mehrmals überflogen. Aufgrund technischer Probleme, die meist auf Störungen durch externe Sender (Radaranlagen) beruhten, mussten einige Profile wiederholt bzw. konnten nicht ausgewertet werden.

Der vorliegende Bericht ist eine Ergänzung zum „Technischen Bericht“ aus dem Jahr 2005 sowie einer Revision dieses Berichtes aus dem Jahr 2017. Die Technischen Berichte protokollieren die Durchführung der aerogeophysikalischen Vermessung und beschreiben die verwendete Messausrüstung sowie die Bearbeitung der Daten und die Darstellung der Ergebnisse in Form von Schnitten und Karten. Dieser Ergänzungsbericht beschreibt vor allem die Änderungen zu den Technischen Berichten.

Der Ergänzungsbericht fasst die Neuauswertung der Daten zusammen, die erforderlich wurde, um die Auswertung aller an der deutschen Nordseeküste beflogenen Gebiete für die Einstellung der Produkte der Aerogeophysik in die Geodaten-Infrastruktur (GDI) der BGR und die Bereitstellung dieser Produkte im BGR-Produktcenter zu homogenisieren. Das bedeutet insbesondere, dass die anthropogen verursachten Effekte in allen Datensätzen weitgehend entfernt worden sind. Ferner sind bei der Inversion korrigierte Laserhöhen und HEM-Daten aller Messfrequenzen (inklusive der höchsten) verwendet worden. Auch sind zwei unterschiedliche Modelltypen betrachtet worden, ein stufiges Modell mit wenigen Schichten (6) sowie ein glattes Modell mit vielen Schichten (20). Im Zuge der Neuauswertung sind auch die Profilabgrenzungen modifiziert und die HEM-Kalibrierung angepasst worden. Des Weiteren sind nun die Farbkeile aus dem D-AERO-Auswertung-Projekt verwendet worden und alle Produkte sind auf das ETRS89/UTM32-Koordinatensystem bezogen.

Die prozessierten Daten und die thematischen Karten sind auf einer DVD abgelegt, die als Anlage diesem Bericht beigelegt ist.

Folgende Karten sind mit unterlegter Topografie im Maßstab 1:50.000 erstellt worden:

- Fluglinienplan der für die HEM ausgewerteten Profile (Ist-Flugwege);
- Digitales Geländemodell;
- Scheinbare spezifische Widerstände (Halbraumwiderstände) und Schwerpunktstiefen für die fünf HEM-Messfrequenzen 375, 1778, 8510, 37.830 und 139.600 Hz;
- Spezifische Widerstände in den Tiefen 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 und 60 m unter NHN, jeweils abgeleitet aus den HEM-1D-Inversionsmodellen mit 6 bzw. 20 Schichten;
- HEM-Datenqualitätsparameter;
- Anomalien des erdmagnetischen Totalfeldes, mit und ohne anthropogenen Effekte;
- Scheinbare magnetische Suszeptibilität;
- Gehalte von Kalium, Äquivalenzgehalte von Thorium und Uran, Totalstrahlung und Dosisleistung im Boden.

Die Interpretation der Daten hinsichtlich der oben genannten Zielsetzung werden nicht in diesem Bericht, sondern in anderen Publikationen behandelt.

2. Einleitung

Die in dem Forschungsvorhaben „Pilotstudie zu einer detaillierten aerogeophysikalischen Landesaufnahme“ der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) gewonnenen Erfahrungen im Raum Cuxhaven–Bremerhaven (Siemon et al., 2004) sollten in einem weiteren, für die Trinkwasserversorgung bedeutsamen Gebiet mit tiefen quartären Rinnensystemen und Kontakt zum Meerwasser eingebracht werden. Hierzu führte die BGR (in 2004: Referat B3.13, heute Fachbereich B2.1) im Bereich der Hadelner Marsch im Mai/Juni 2004 eine aerogeophysikalische Vermessung durch. Die Befliegung fand auf Vorschlag und mit finanzieller Unterstützung des Instituts für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (GGA, heute: Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG)) und des Wasserversorgungsverbandes Land Hadeln bzw. des Wasserversorgungsverbandes Wingst statt. Das Ziel der Untersuchungen im Bereich der Elbmündung war die räumliche Erfassung der Salzwasserintrusion und der Süßwasser führenden Grundwasserleiter. Ein weiteres Ziel war die Kalibrierung und der Praxistest des erstmalig eingesetzten, digitalen elektromagnetischen Messsystems.

Inzwischen sind die Ergebnisse der Befliegung Hadeln in diversen Projekten verwendet worden, insbesondere im BGR-Projekt [D-AERO-Auswertung](#) (2016–2019), in dem alle Ergebnisse der Aerogeophysik (www.aerogeophysik.de) an der Nordseeküste INSPIRE-konform in die Geodaten-Infrastruktur (GDI) der BGR eingestellt worden sind und die Produkte, zu denen auch der Technische Bericht zählt, über das BGR-Produktcenter (produktcenter.bgr.de) angeboten werden. Die Ergebnisse sind auch über das Fachinformationssystem Geophysik (FIS-GP) des LIAG (www.geophysics-database.de) abrufbar.

Das Hubschraubermesssystem der BGR umfasst in seiner Standardausführung die Methoden Elektromagnetik (HEM), Magnetik (HMG) und Radiometrie (HRD). Die Elektromagnetik liefert die Verteilung der elektrischen Leitfähigkeit, die Magnetik zeigt die Anomalien des erdmagnetischen Totalfeldes und in der Radiometrie werden die Verteilungen der Gesamtstrahlung und der Elemente Kalium, Uran und Thorium sowie die Dosisleistung im Boden bestimmt. Die Details zum Messsystem sind in einem allgemeinen Technischen Bericht (Siemon et al., 2019) beschrieben.

Die erste Auswertung der HEM-Daten erfolgte im Jahr 2005 und wurde bereits in einem Technischen Bericht dokumentiert (Siemon et al., 2005). Eine Revision des Technischen Berichtes (Siemon et al., 2017) wurde anlässlich Einstellung der Produkte der Aerogeophysik GDI erstellt. Diese Revision wurde notwendig, da die Auswertung der HMG- und HRD-Daten, die zwar erstmalig in den Jahren 2007 und 2008 erfolgte, nicht in einem Technischen Bericht dokumentiert wurde. Die beigelegten Karten und Schnitte entsprachen dem damaligen Stand der Auswertung. Lediglich der digitale Export der finalen Ergebnisse in ASCII-Dateien, TIFF-Dateien, ArcGIS-Datenbanken und -Gitterdaten (grids) erfolgte in den aktuellen Formaten, um die Konformität zu allen anderen Exporten zu gewährleisten.

Dieser Ergänzungsbericht fasst die Neuauswertung der Daten zusammen, die erforderlich wurde, um die Auswertung aller an der deutschen Nordseeküste befliegenen Gebiete zu homogenisieren. Des Weiteren sind die Ansprüche an die Qualität der HEM-Ergebnisse durch die Verwendung in geologischen und hydrogeologischen 3D-Modellierungen gestiegen. Die Neuauswertung berücksichtigt daher insbesondere die verbesserte HEM-Kalibrierung, die Reduktion der anthropogen verursachten Effekte in den HEM-Daten sowie die Inversion der HEM-Daten (inklusive der Daten der höchsten Messfrequenz) mit zwei Modelltypen (stufiges Modell mit wenigen Schichten sowie ein glattes Modell mit vielen Schichten).

In den Bereichen der HMG- und HRD-Auswertung sind ebenfalls einige Neuerungen zu verzeichnen. In der Magnetik kommt ein verbessertes Verfahren zur automatischen Detektion von anthropogen gestörten Bereichen zum Einsatz. Als weiteres Ergebnis wird eine Karte der scheinbaren magnetischen Suszeptibilität erstellt, in der feine, geologisch bedingte Strukturen gut zur Geltung kommen. In der Radiometrie werden im Vergleich zu früheren Auswertungen besser bestimmte Kalibrier- und Korrekturwerte verwendet, und auch die Daten des nach oben gerichteten Detektors zur Abschätzung des Radoneinflusses kommen nun zur

Anwendung. Außerdem werden nun anthropogen beeinflusste sowie durch offene Wasserflächen gebildete Bereiche der Erdoberfläche identifiziert und die dort aufgenommenen radiometrischen Daten zur Bestimmung von Elementgehalten nicht verwendet. Dadurch erhält man einen klareren Eindruck über geologisch bedingte radiometrische Anomalien.

Des Weiteren werden modifizierte Profilabgrenzungen, die Farbkeile aus dem Projekt D-AERO-Auswertung und das ETRS89/UTM32N-Koordinatensystem verwendet.

Alle Ergebnisse (Berichte, Daten und Modelle, Karten und Vertikalsektionen sowie Protokolldateien) sind auf beiliegender **DVD** abgelegt (**Anhang VII**).

3. Das Messgebiet

Das Messgebiet Hadelner Marsch wird durch die Elbe im Norden, das Messgebiet Cuxhaven (Siemon et al., 2013) im Westen, das Messgebiet Bremerhaven (Siemon et al., 2011) im Südwesten sowie den Breitengrad $53^{\circ}36'$ im Süden und den Längengrad $9^{\circ}08'$ im Osten begrenzt. Hier schließt sich das Messgebiet Glückstadt (Steuer et al., 2013) an. Das Befliegungsgebiet hat eine maximale Ausdehnung von 29 km in N-S- und 26 km in W-O-Richtung. **Tabelle 1** enthält die Kenndaten für das Messgebiet und **Abbildung 1** zeigt einen Lageplan des Messgebietes (mit roten Punkten umrandete schraffierte Fläche) sowie die Blattsnitte der Topographischen Karten im Maßstab 1:50.000 zur Darstellung der Ergebnisse (schwarz gestrichelt eingerahmte Fläche).

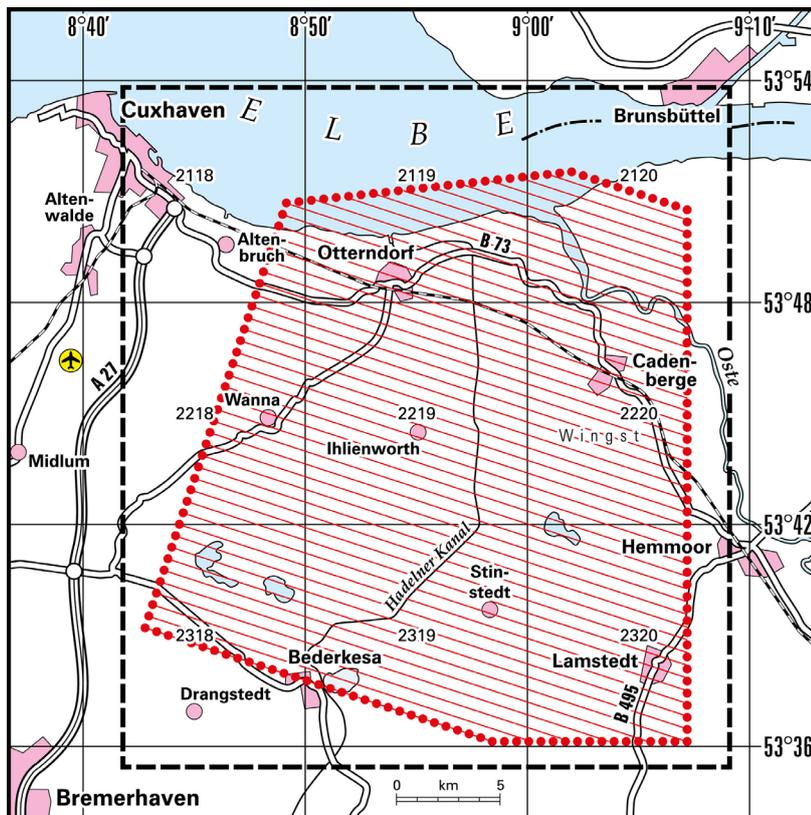


Abbildung 1: Lagekarte des Messgebietes Hadelner Marsch

Die geophysikalische Befliegung des Messgebietes Hadelner Marsch wurde vom 25. Mai bis 11. Juni 2004 vom Flugplatz Nordholz-Spieka aus durchgeführt. Mit 18 Messflügen, die 117 Mess- und 13 Kontrollprofile mit einer Gesamtlänge von 3019 Profilkilometer umfassen, wurde eine Fläche von etwa 700 km^2 vermessen. Aufgrund technischer Probleme, die meist auf Störungen durch externe Sender (Radaranlagen) beruhen, mussten einige Profile wiederholt bzw. konnten bei HEM nicht komplett ausgewertet und mussten somit unterteilt werden. Der erste Messflug (10900) musste komplett wiederholt werden.

Die Befliegung fand auf parallelen Messprofilen bei einem vorgegebenen Profilabstand von 250 m und senkrecht hierzu auf Kontrollprofilen mit deutlich größerem Profilabstand von 2000 m statt. Die Messprofilrichtung in diesem Messgebiet war WNW-OSO, die der Kontrollprofile SSW-NNO. Die vorwiegend nach Norden bzw. Osten geflogenen Profile wurden mit geraden, die in entgegengesetzter Richtung geflogenen Profile mit ungeraden Profilnummern gekennzeichnet. Üblicherweise erhalten die Messprofile (L) die Kennzeichnung „1“ nach der Profilnummer, die Kontrollprofile (T) werden am Ende ihrer Beschriftung mit einer „9“ gekennzeichnet. Da einige Messprofile wiederholt oder geteilt werden mussten, erhielten diese die Kennung „2“, „3“ bzw. „4“. Daraus ergaben sich 124 Messprofile.

Tabelle 1: Technische Daten der Befliegung Hadelner Marsch

Messgebiet BGR-Gebietsnummer	Hadelner Marsch 109
Befliegungszeitraum	25.05. –11.06.2004
Größe des Messgebietes	700 km ²
Gesamtprofilkilometer	3019 km
Gesamtanzahl der Messpunkte	771.397
Zahl der Messflüge (+ Sonderflüge)	18 (+2)
Bezeichnung der Mess- und Sonderflüge	10900–10919
Mittlere Flughöhe der Messsonde über Grund	45 m
Mittlere Messfluggeschwindigkeit über Grund	140 km/h
Mittlerer Messpunktabstand	4 m
Zahl der Messprofile (+ Unterteilung/Wiederholung)	117 (+7)
Länge der Messprofile	9–28 km
Richtung der Messprofile	108,5° bzw. Gegenrichtung
Abstand der Messprofile	250 m
Zahl der Kontrollprofile	13
Länge der Kontrollprofile	11–28 km
Richtung der Kontrollprofile	18,5° bzw. Gegenrichtung
Abstand der Kontrollprofile	2000 m

Zwei weitere Messflüge (10917, 10919) dienten der Kalibrierung des HEM Messsystems über der Nordsee südlich von Helgoland bzw. einigen Testmessungen im Messgebiet Cuxhaven (L20*) und über einem Deich östlich von Cuxhaven (L30*). Ferner wurde – sofern möglich – am Ende der Messflüge eine Testlinie bei Wanna überflogen (L90*).

Die Flughöhe des Hubschraubers betrug während der Messflüge im Mittel etwa 85 m über Grund und die Flugsonde hing etwa 40 m darunter. Über Wald, bebauten Gebieten und Hochspannungsleitungen konnte die niedrige Flughöhe aus Sicherheitsgründen nicht immer eingehalten werden. Während eines Messfluges, insbesondere vor dem ersten und nach dem letzten Profil, aber auch zwischen den Profilen, stieg der Hubschrauber mit dem Messsystem eine deutlich größere Höhe (>350 m), um fern von störenden Einflüssen die notwendigen Kalibrierungen des HEM-Systems durchführen zu können.

Die Bodenstation zur Aufzeichnung von magnetischen Tagesvariationen und Luftdruck wurde am Ostende des Segelflugplatzes Spieka bei 8,651536° östlicher Länge und 53,769985° nördlicher Breite aufgestellt.

Einzelheiten zum Messgebiet und den Messflügen können dem Revisionsbericht (Siemon et al., 2017) sowie **Tabelle 1** entnommen werden.

4. Verarbeitung und Darstellung der Messdaten

Die aerogeophysikalischen Daten wurden bereits während des Feldbetriebes auf Plausibilität sowie technische und formale Korrektheit überprüft. Die Auswertung der Daten erfolgte in der BGR, wobei sich mehrere Auswertungszyklen ergaben, die in den Technischen Berichten (Siemon et al., 2005 bzw. 2017) beschrieben sind. Die aktuelle Auswertung stellt eine Neuauswertung dar, beginnend bei den originären Messdaten. Die wesentlichen Bearbeitungsschritte sind in einem allgemeinen Technischen Bericht (Siemon et al., 2019) erläutert, der sich auf der beiliegenden **DVD** befindet. Hier werden vor allem die Unterschiede zur standardmäßigen Auswertung beschrieben.

4.1. Prozessabläufe

Der erste Schritt war die Transformation der binären Messdaten in das aktuell verwendete Datenbankformat von [Geosoft Oasis montaj](#). Danach erfolgte die Bearbeitung der Positionsdaten mit dem BGR-eigenen Programm PosView06. Anschließend konnten– ebenfalls mit BGR-eigenen Programmen – die Bearbeitungen der HEM-Daten mit HemView20a, HMG-Daten mit HmgView05 und HRD-Daten mit HrdView117 erfolgen.

Bei den HEM-Rohdaten war zuvor noch ein Zwischenschritt erforderlich, um extreme Werte ($> \pm 10$ V) zu korrigieren, da diese bei Über-/Unterschreitung von ± 10 V um 20 V bei der Registrierung verkleinert/vergrößert wurden. Des Weiteren sind die HEM-Rohdaten in ppm-Werte transformiert worden auf Basis der in 2005 verwendeten Kalibrierfaktoren (noch ohne Phasenkorrektur).

Alle Bearbeitungsprogramme benötigen Geosoft-Lizenzen. Die für die Auswertung verwendeten Steuerparameter sind in Konfigurationsdateien abgelegt. Dies ermöglicht eine schnelle Wiederholung von ausgewählten oder auch allen Arbeitsschritten. Im Vergleich zu früheren Auswertungen, bei denen die Wiederholung von Arbeitsschritten recht zeitaufwändig war, kann nun eine iterative Auswertung erfolgen, bei der zunächst grob und bei Wiederholungen zunehmend genauer ausgewertet werden kann.

4.2. Positionsdaten

Für die Bearbeitung der Positionsdaten wurde das Programm (PosView06) verwendet. Folgende Arbeitsschritte sind in Anlehnung an Siemon et al. (2019) durchgeführt worden:

- Umrechnung und Korrektur der GPS-Koordinaten der Flugsonde;
- Übernahme der GPS-Koordinaten der Flugsonde für den Hubschrauber;
- Grundlegende Korrektur der Laserhöhe (Ausreißer);
- Umrechnung und Korrektur der Radarhöhe;
- Umrechnung und Korrektur der barometrischen Höhe;
- Berechnung der GPS-Höhe des Hubschraubers;
- Berechnung und Korrektur der topografischen Höhe;
- Korrektur der Laserhöhe (Auslenkung, Hindernisse);
- Korrektur der GPS-Höhe der Flugsonde;
- Berechnung der effektiven Kabellänge (Abstand Hubschrauber–Flugsonde);
- Berechnung der auf die Flugsonde bezogenen Radarhöhe und der barometrischen Höhe.

Die jeweiligen verwendeten Parameter sowie das Ablaufschema sind in den Konfigurationsdateien protokolliert (auf der **DVD** unter \Protokolle\Pos\).

Die geografischen Koordinaten, die in der Flugsonde registriert wurden, sind in ETRS89/UTM32N-Koordinaten transformiert worden. Alle Produkte beziehen sich auf dieses Koordinatensystem (und nicht mehr wie zuvor auf Gauß-Krüger-Koordinaten).

Bei der Befliegung in 2004 wurden noch keine GPS-Daten im Hubschrauber aufgezeichnet. Dafür standen aber barometrische Daten im Hubschrauber zur Verfügung, die mittels Messungen am Boden vor und nach einem Messflug und der Flugplatzhöhe (Werte stehen in 109.POSprj) in absolute Höhen gewandelt werden konnten. Es zeigte sich jedoch, dass diese Höhen im Niveau nachkorrigiert werden mussten. Hierfür ist die Höhe des Hubschraubers aus der Geländehöhe (DEM) plus Radarhöhe berechnet und anschließend die geglättete Differenz aus beiden Höhen an die barometrische Höhe angebracht worden.

Als Referenz für die topografische Höhe des Geländes (DEM) diente das digitale Höhenmodell DGM25 des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie (BKG). Dieses DEM weist jedoch lokal signifikante Abweichungen zu den aus den (korrigierten) Flugmessungen abgeleiteten topografischen Höhen (topo) auf, z. B. über den Wassergebieten im Bereich der Elbmündung (Tideneffekt) und bei veränderten, verfüllten oder gefluteten) Tongruben in der Wingst. Daher sind die auf das DEM nivellierten topo-Werte als Geländehöhen verwendet worden und folglich auch die korrigierten Laserhöhen als Abstand der Flugsonde von der Erdoberfläche. Letzteres erforderte umfangreiche Korrekturen (Löschen und Interpolieren) der gemessenen Laserhöhe an Stellen mit starken Schwankungen der Flugsonde und Objekten an der Erdoberfläche (Bewuchs, Bebauung).

Für den Export sind schließlich noch die im Hubschrauber erfassten Höhen (Radarhöhe, barometrische Höhe) durch Abzug der effektiven Kabellänge (Abstand Hubschrauber–Flugsonde) auf die Flugsonde transformiert worden.

Somit sind folgende Positionsdaten weiterverwendet worden:

- HEM: UTM-Koordinaten, topografische Höhe, Radarhöhe, Laserhöhe, GPS-Höhe, barometrische Höhe, alles bezogen auf die Flugsonde (außer: topografische Höhe);
- HMG: UTM-Koordinaten und GPS-Höhe der Flugsonde
- HRD: UTM-Koordinaten und Höhe des Hubschraubers über Grund

4.3. Datenverarbeitung in der Elektromagnetik

Die Auswertung der gemessenen HEM-Daten, Realteil I (In-phase) und Imaginärteil Q (Quadrature) erfolgte mit den korrigierten Positionsdaten (siehe **Kapitel 4.2**) in Anlehnung an den allgemeinen Technischen Bericht (Siemon et al., 2019). Die notwendigen Arbeitsschritte wurden – abgesehen von einigen Vor- und Nacharbeiten zur Behandlung von Eingabe- und Ausgabedaten mit Oasis montaj – mit HemView20a durchgeführt. Die einzelnen Arbeitsschritte lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Berücksichtigung der Kalibrierung;
- Verschiebungs- und Driftkorrektur;
- Datenauswahl und -korrektur;
- Korrektur von anthropogenen Effekten;
- Transformation der HEM-Daten in Halbraumparameter;
- Statistische Niveauekorrektur mit Interpolation und Glättung;
- Inversion der HEM-Daten in Widerstands-Tiefen-Modelle.

Die jeweiligen verwendeten Parameter sind in den Konfigurationsdateien protokolliert (auf der **DVD** unter \Protokolle\HEM\) und im **Anhang A-VI** auszugweise dargestellt. In EM_defaults.com befinden sich die

allgemeinen Steuerparameter und Zuordnungen. **Tabelle VI.1** listet die Steuerparameter auf. Die Profilabgrenzungen sowie allgemeine Kenndaten zum Messgebiet befinden sich in 109_pre.dat.

Bei der Transformation der HEM-Daten für fünf Messfrequenzen (375, 1778, 8510, 37.830 und 139.600 Hz) wurden bereits alte Kalibrierwerte berücksichtigt, mit denen die in den Empfängern gemessenen Spannungen in die Werte des relativen sekundären magnetischen Feldes I [ppm] und Q [ppm] umgerechnet wurden. Bei der Erstauswertung mit HemView20a sind ferner Stützstellen automatisch angebracht worden, um die generellen Driften der HEM-Daten zu erfassen und zu korrigieren. Diese Werte, die in Sensorhöhen von 300 m erfasst wurden, waren für das Messgebiet Hadeln aber nicht ausreichend, da neben den temperaturbedingten Driften auch starke Sprünge in den Daten auftraten (verursacht durch externe Funksignale: Sendemast östlich von Otterndorf, Schiffsradar) und eine Nachkorrektur der Kalibrierung notwendig war. Dies betraf vor allem die Daten der höchsten Messfrequenz. Insbesondere waren bei den beiden Kontrollprofilflügen (10910, 10911) Amplitudenkorrekturen von 50% und Phasenkorrekturen von über 20° nötig.

Die Nachkorrektur der Kalibrierung fand in drei Schritten statt. Zunächst wurden die HEM-Daten eines Messfluges über die Nordsee (10917) ausgewertet, wobei Amplitude und Phase so verändert wurden, dass die zugehörigen Halbraumparameter (Siemon, 2001) sowohl untereinander als auch zu dem Untergrund (Salzwasser) passten. Dann wurde basierend auf den hieraus resultierenden Korrekturen die Kalibrierung manuell Flug für Flug angepasst. Dabei wurden zuerst die Flüge über der Elbmündung bearbeitet und danach alle anderen Überlandflüge, bei denen keine Überprüfung über Salzwasser möglich war. Hierzu diente im letzten Schritt eine Testlinie bei Wanna, auf der die Halbraumparameter der Überlandflüge in einem ungestörten Bereich der Testlinie auf diejenigen der Salzwasserflüge angepasst wurden. Zur Kontrolle zeigt **Abbildung 2** eine Gegenüberstellung der Inversionsergebnisse entlang dieser Testlinie. Die verwendeten Kalibrierparameter sind in **Tabelle VI.2** gelistet und auf der **DVD** in EM1-5.conf gespeichert.

Die flugweise Korrektur der Kalibrierung war jedoch bei den Flügen, bei denen Sprünge in den HEM-Daten auftraten (10901, 10902, 10910, 10916), nicht ausreichend. Bei diesen Flügen mussten zusätzlich nicht nur die Sprunghöhen, sondern auch abschnittsweise die Kalibrierungen korrigiert werden. Dies führte auch dazu, dass einige Profile unterteilt oder sogar auf Teilbereiche ganz verzichtet werden musste. Daher wurden einige Profile im Bereich der Fluglinien 21-25 wiederholt (10918) und es existieren dort mehrere, zum Teil auch überlappende Messprofile.

Neben diesen extrem beeinflussten Bereichen traten weitere Störungen durch externe Quellen über Hochspannungsleitungen, Eisenbahnstrecken und Ortschaften auf. Die Bereiche mit den stärksten Effekten, insbesondere dort, wo die Sensorhöhe auf über 150 m liegt, sind generell in den HEM-Daten vor der Weiterverarbeitung gelöscht worden.

Basierend auf diesem reduzierten Datensatz wurde die statistische Niveaueinstellung (Siemon, 2009) durchgeführt, wobei zwei Messprofile (L23.2, L26.1) vom Microlevelling der Halbraumparameter ausgeschlossen und wie Kontrollprofile behandelt wurden. Beim nachfolgenden I,Q-Levelling sind die berechneten Korrekturen, die mit linienparallelen Leitfähigkeitsstrukturen korrelierten, nicht angebracht worden. Die verwendeten Steuerparameter sind in **Tabelle VI.3** gelistet und auf der **DVD** in LevHSP.conf und LevIQ.conf gespeichert.

Anhand dieses Zwischenergebnisses war es nun möglich, sowohl die niveaueinstellten Daten und die daraus abgeleiteten Halbraumparameter und Inversionsmodelle zu begutachten, um weitere Korrekturmaßnahmen einzuleiten. Dazu zählen vor allem die manuelle Setzung von zusätzlichen Stützstellen (zur Driftkorrektur) und die Behandlung von anthropogen beeinflussten Datenbereichen (Siemon et al., 2011). Durch die Betrachtung der Vertikalsektionen, in denen sich solche Störungen (vor allem metallische Installationen an Straßen und Gebäuden) charakteristisch abbilden, ist die Beurteilung von anthropogenen Effekten gezielt möglich. Dieser Prozess wurde iterativ mehrmals durchlaufen, bis ein zufriedenstellendes Ergebnis erzielt werden konnte. Die verwendeten Steuerparameter sind auf der **DVD** in EM1-5.conf gespeichert.

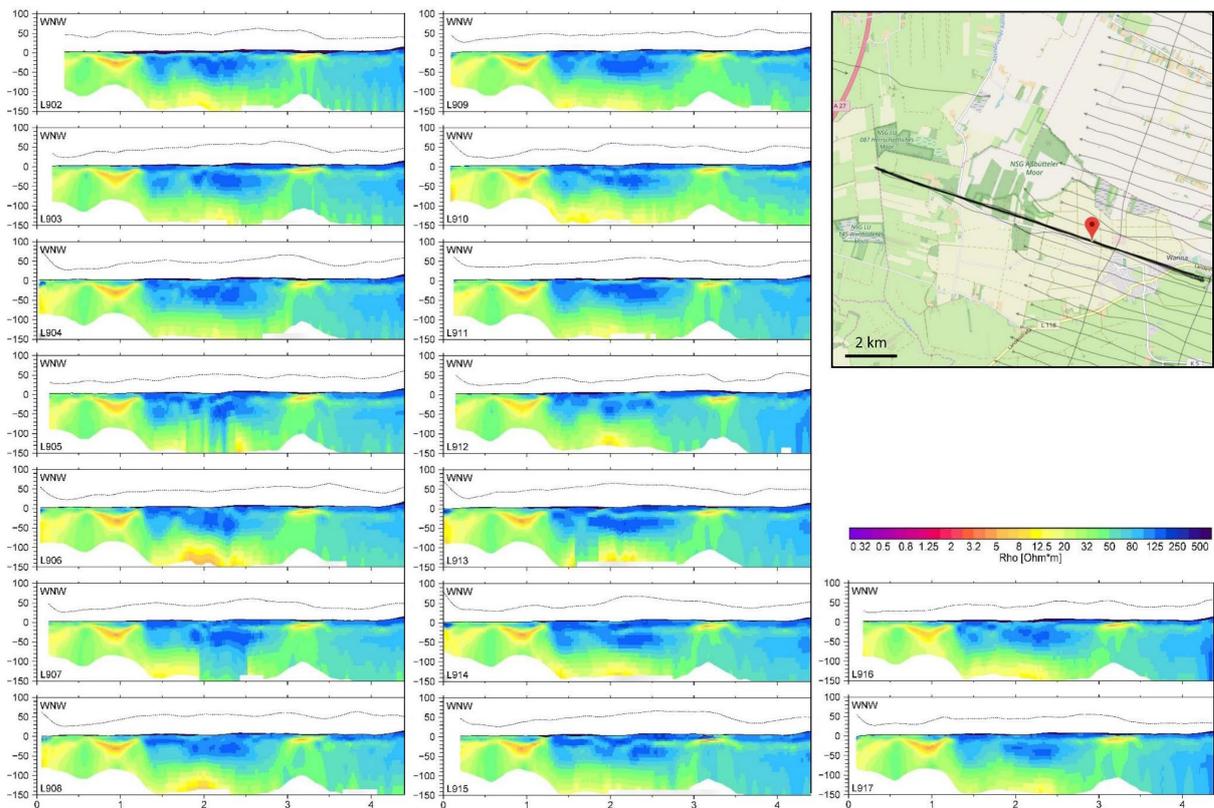


Abbildung 2: Gegenüberstellung der Vertikalsektionen für den westlichen Teil des Testprofils bis zur roten Markierung auf der Karte (OpenStreetMap). Die Inversionen sind mit HEM-Daten vor der statistischen Niveaurektur für 20 Modellschichten durchgeführt worden, um die Amplituden- und Phasenkorrektur unverfälscht durchführen zu können. Die markantesten Unterschiede treten im Zentrum des dargestellten Profils bei 1,5 bis 2,5 km und meist unterhalb von 100 m unter NNH auf. Dies weist auf noch bestehende Niveauprobeme bei den HEM-Daten der niedrigsten Frequenz hin und ist somit nicht zwangsläufig auf noch bestehende Kalibrierprobleme.

Die Inversionen (Sengpiel & Siemon, 2000) sind im Unterschied zu vorhergehenden Auswertungen nun auch mit den HEM-Daten der höchsten Messfrequenz durchgeführt worden. Dies wurde möglich durch die verbesserte Datenbearbeitung und durch die Verwendung eines modifizierten Inversionsprogramms, mit dem auch sehr hohe (>100 kHz) Frequenzen verarbeitet werden können (Siemon, 2012). Ferner sind die Inversionen für zwei Modelltypen durchgeführt worden, d. h. ein stufiges Modell mit wenigen Schichten (6) sowie ein glattes Modell mit vielen Schichten (20). Diese beiden Ergebnisse stellen zwei alternative Möglichkeiten dar, um die HEM-Daten zu erklären. In **Abbildung 3** sind für ein Messprofil die beiden Varianten im Vergleich zu der alten Auswertung dargestellt. Die verwendeten Steuerparameter sind auf der **DVD** in INV109_L6.conf bzw. INV109_L20.conf gespeichert in **Tabelle VI.5** gegenübergestellt.

Die HEM-Ergebnisse werden als Karten und Vertikalschnitte präsentiert. Karten (**Kapitel 5**) in einem einheitlichen Maßstab sind für die Halbraumparameter scheinbarer spezifischer Widerstand ρ_a (in Ωm) und Schwerpunkttiefe z^* (in m unter GOK) für fünf Messfrequenzen und die spezifischen Widerstände ρ (in Ωm) in mehreren Tiefen unter NNH, abgeleitet aus den 1D-Inversionsmodellen mit 6 bzw. 20 Schichten, produziert (siehe **Anhang IV**).

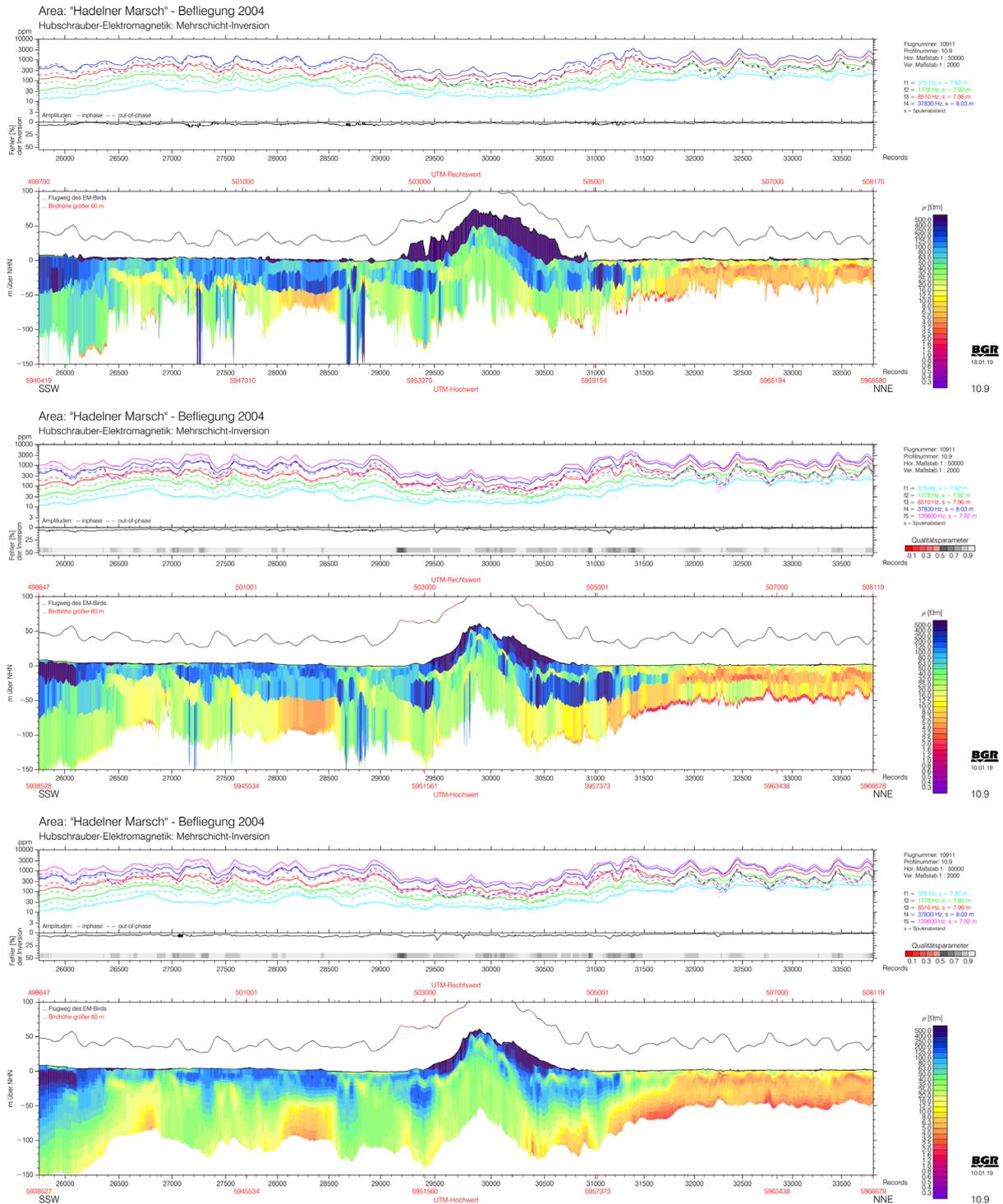


Abbildung 3: Gegenüberstellung der Vertikalsektionen entlang des Kontrollprofils T10.9 abgeleitet aus der Inversion mit HEM-Daten von vier Messfrequenzen und fünf Modellschichten (aus 2005, oben) sowie der aktuellen Inversion mit fünf Messfrequenzen und 6 (Mitte) bzw. 20 (unten) Modellschichten. Auch wenn die prinzipiellen Strukturen vergleichbar sind, gibt es Unterschiede im Detail. Bei der Inversion aus 2005 enthält die Deckschicht (dunkelblau) auch den Bewuchs und bei der Inversion mit sechs Modellschichten ist eine klarere Aufspaltung des gut leitenden Bereichs im Norden des Profils zu beobachten.

Die für die Produktion der Karten der Halbraumparameter verwendeten Datenpunkte sind als schwarze Punkte dargestellt. Die weißen Punkte markieren Bereiche, in denen die Daten interpoliert worden sind.

In den Tiefenschnitten können in Bereichen hoher Leitfähigkeit die Widerstandswerte bei größeren Tiefen fehlen, da dort aufgrund der geringeren Eindringtiefe der elektromagnetischen Felder keine verlässlichen Informationen über die Höhe des spezifischen Widerstandes abgeleitet werden können. Nicht zu große Lücken (< 500 m) sind jedoch durch Interpolation geschlossen worden. Zur Kennzeichnung der Datenqualität wird der Datenqualitätsparameter (QCP) verwendet. Für die Markierung von Bereichen mit niedriger Datenqualität sind in den Tiefenschnitten auf den schwarzen Messpunkten weiße Punkte gedruckt, die sich mit abnehmender Datenqualität vergrößern. Die Qualitätskontrollparameter QCP und QCPM (**Kapitel 5**) sind auch auf einer separaten Karte dargestellt.

Vertikalsektionen des spezifischen Widerstandes (siehe **Abbildung 3**) sind basierend auf den 1D-Inversionsergebnissen von jedem der Mess- und Kontrollprofile hergestellt worden. Diese Vertikalsektionen (Horizontalmaßstab: 1:50.000, Vertikalmaßstab: 1:2000) sind aufgebaut aus den einzelnen Modellen des spezifischen Widerstandes, die als Farbsäulen entsprechend ihrer topografischen Höhe längs eines Profils nebeneinandergestellt sind. Die frei wählbare Mächtigkeit der untersten Schicht (Substratum) beträgt 5 m. Über den Modellen sind zusätzlich die Höhe der Flugsonde, der Qualitätskontrollparameter QCP, der Anpassungsfehler der Inversion und die Messdaten abgebildet, die in einer Legende erklärt werden. In den Bereichen, wo der Marker des QCP zusammenhängend existiert (QCPM = 1), weisen die 1D-Inversionsmodelle Lücken auf. Dort ist per Definition des QCP die Datenqualität so gering, dass von einer Interpretation dieser Daten abgesehen werden sollte. Das Verzeichnis mit den Vertikalsektionen, die jeweils für sechs (L6) und zwanzig (L20) Schichten auf der **DVD** abgelegt worden sind, befindet sich im **Anhang V**.

4.4. Datenverarbeitung in der Magnetik

Die mit dem Cs-Magnetometer in der Flugsonde gemessene Totalintensität des erdmagnetischen Feldes T (in nT) setzt sich an einem Ort r zum Zeitpunkt t aus folgenden Anteilen zusammen:

$$T(r,t) = F(r) + \Delta T(r) + \Delta V(t) + \delta(r,t)$$

- mit
- $F(r)$ = magnetisches Hauptfeld (IGRF),
 - $\Delta T(r)$ = anomaler, lokaler Anteil des erdmagnetischen Feldes im Messgebiet,
 - $\Delta V(t)$ = Tagesvariation des erdmagnetischen Feldes während der Messung,
 - $\delta(r,t)$ = sonstige Anteile (z. B. magnetisches Eigenfeld des Hubschraubers).

Gesucht werden die Anomalien des magnetischen Totalfeldes $\Delta T(r)$. Während das magnetische Hauptfeld $F(r)$, das anhand von Tabellenwerten berechnet werden kann, und die Tagesvariationen $\Delta V(t)$, die in der Regel mit der Bodenstation registriert werden, von der gemessenen Totalintensität subtrahiert werden können, sind die sonstigen Anteile $\delta(r,t)$ nicht isoliert zu erfassen. Alle Prozessierungsschritte und die hierfür verwendeten Parameter sind in **Tabelle VI.6** im **Anhang** aufgeführt und in Die Werte sind in Hmg.conf auf der **DVD** unter \Protokolle\HMG\ abgelegt.

Die Verarbeitung der Magnetikdaten erfolgte mit den korrigierten Positionsdaten (siehe **Kapitel 4.2**) in Anlehnung an den allgemeinen Technischen Bericht (Siemon et al., 2019). Die notwendigen Arbeitsschritte wurden mit HmgView05 durchgeführt. Die Längen der verwendeten Mess- und Kontrollprofile entsprechen denen für die HEM-Auswertung festgelegten Bereichen. Die doppelt geflogenen Linien L21.2, L21.3, L22.2, L22.3, L23.1 und L25.2 wurden bei der HMG-Auswertung weggelassen.

Bei der Auswertung wurde festgestellt, dass sich die Flüge 10901 bis 10905 (Linien 15 bis 53) durch einen sehr starken richtungsabhängigen Fehler (bis 10 nT) des gemessenen Magnetfeldes (Heading-Error) auszeichnen. Ursache hierfür war vermutlich eine fehlerhaft angebrachte Eisenschraube in der Nähe des Sensors. Die Werte des Heading-Errors (δ in nT) wurden für die betroffenen Linien empirisch ermittelt und als

Korrekturen bei der Berechnung von ΔT angebracht. Die Wirkung dieser Korrektur ist in **Abbildung 4** gezeigt. Verbleibende schwache richtungsabhängige Fehler werden während des Microlevellings entfernt. Die Korrekturwerte sind auf der **DVD** in der Datei MagCor.dat abgelegt.

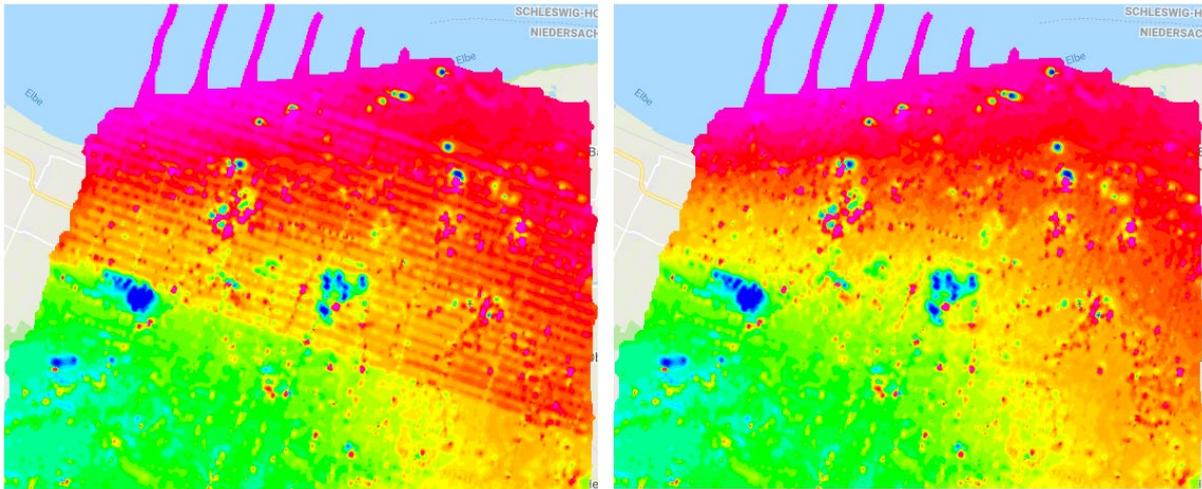


Abbildung 4: Linienweisen Korrektur des magnetischen Heading-Errors mit empirisch ermittelten Werten. Die ungelevelten ΔT -Werte zeigen im nördlichen Teil des Messgebietes (Hintergrund Google Map) ein starkes Streifenmuster (links). Nach einer linienweisen Korrektur mit empirisch ermittelten Werten verschwinden die Störungen (rechts).

Ferner wurden die ΔT -Werte des gesamten Gebietes auf ein Niveau verschoben, welches in einer früheren Auswertung der norddeutschen Befliegungsgebiete (D-AERO) festgelegt worden war. Die Verschiebung betrug $-39,85$ nT.

Beim Tieline-Levelling diente Flug 10901 als Referenz. Beim Microlevelling wurden einige linienparallele magnetische Strukturen ausgenommen. Die Variationen der Basisstation (**Tabelle VI.7** im **Anhang**) waren mit maximal ca. 13 nT/h nicht anomal.

Zur Herstellung einer von anthropogenen Anomalien weitgehend befreiter ΔT -Karte wurden zunächst einige größere oder stärker gestörte Bereiche (z. B. Ortschaften, Windparks) über Polygone definiert und die darin befindlichen Linienabschnitte als gestört markiert. In einem zweiten Schritt kam das im allgemeinen Technischen Bericht (Siemon et al., 2019) beschriebene Verfahren auf Basis des analytischen Signals zur automatischen Markierung gestörter Bereiche zum Einsatz.

Zur Herstellung einer Karte der scheinbaren Suszeptibilität wurde eine im Wellenlängenbereich $1000 \dots 5000$ m Bandpass-gefilterte ΔT -Karte verwendet. Für die dabei ebenfalls erfolgende Reduktion des Feldes auf den magnetischen Nordpol wurden die Werte des Feldvektors am Ort der Basisstation am ersten Messtag (25.05.2004) aus dem IGRF 2010 ermittelt und verwendet.

4.5. Datenverarbeitung in der Radiometrie

Die natürliche Gammastrahlung der Gesteine und Böden beruht im Wesentlichen auf den Radioelementen Kalium (K), Uran (U) und Thorium (Th). Die mit dem Gammastrahlenspektrometer im Hubschrauber gemessenen Zählraten wurden entsprechend den Empfehlungen der IAEA (2003) in Gehalte von K, U und Th für das obere Erdreich umgerechnet. Alle Prozessierungsschritte und verwendete Parameter sind in **Tabelle VI.8** im **Anhang** aufgeführt und in Hrd.conf auf der DVD unter \Protokolle\HRD\ abgelegt.

Die Datenverarbeitung erfolgte mit den korrigierten Positionsdaten (siehe **Kapitel 4.2**) in Anlehnung an den allgemeinen Technischen Bericht (Siemon et al., 2019). Die notwendigen Arbeitsschritte wurden mit HrdView117 durchgeführt. Die Längen der verwendeten Mess- und Kontrollprofile entsprechen denen für

die HEM-Auswertung festgelegten Bereichen. Die doppelt geflogenen Linien L21.2, L21.3, L22.2, L22.3, L23.1 und L25.2 wurden bei der HRD-Auswertung weggelassen.

Die korrekte Kalibrierung des älteren Spektrometersystems der BGR (GR-820), welches im Messgebiet Hadelner Marsch zum Einsatz kam, hat sich als schwierig erwiesen. Hauptursache dafür sind die teilweise unbekanntenen Bedingungen des Einbaus und der unmittelbaren Umgebung des Detektors. Bei Änderung dieser Bedingungen können sich sehr deutliche Unterschiede in der Hintergrundstrahlung ergeben, dessen Einfluss dann nicht korrekt korrigiert werden kann. Es wurden dennoch nach bestem Wissen Kalibrierwerte für das GR-820-System aus diversen historischen Kalibriermessungen und Testflügen ermittelt. Werden diese Werte auf die Messungen benachbarter Gebiete angewendet, ergeben sich aber z. T. stärkere (bis zu 15%) Abweichungen im Niveau der Elementkonzentrationen. Neben den oben erwähnten Schwierigkeiten bei der Kalibrierung können auch Jahreszeit-abhängige Feuchteunterschiede zwischen den Messgebieten eine Rolle spielen.

Um für die norddeutschen Befliegungsgebiete die Erstellung einheitlicher Konzentrationskarten zu ermöglichen, wurde eine Referenzmessung mit dem modernen RS-500 Spektrometer durchgeführt. Diese Befliegung vom 20.09.2018 erfolgte auf zwei Transsekten im Elbe-Weser-Gebiet, wobei die Gebiete 81 (Cuxhaven), 87 (Bremerhaven), 109 (Hadelner Marsch) und 132 (Glückstadt) gekreuzt wurden. Über eine Kreuzungspunktstatistik auf Gitterbasis konnten dann – unter der Annahme, dass das RS-500 System korrekt kalibriert ist – für die beteiligten Gebiete, die mit dem alten System befliegen worden sind, Korrekturfaktoren ermittelt werden. Nach Anbringen dieser Werte ergeben sich niveauekorrigierte Daten und Karten, die für alle beteiligten Messgebiete einheitlich sind.



5. Kartografische Arbeiten

Als Hintergrund zur Darstellung der aerogeophysikalischen Messergebnisse wurde eine topografische Karte auf Grundlage von Rasterdaten mit einem gesonderten Blattschnitt (30 km × 34 km) im Maßstab 1:50.000 hergestellt. Hierfür wurden die Rasterdaten der Topographischen Karte 1:50.000 (DTK50-V) verwendet: z2_08_12, z2_08_13, z2_09_12, z2_09_13, z2_10_12, z2_10_13 (Herausgeber: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG), Frankfurt a. M.). **Tabelle 2** enthält die Eckpunktkoordinaten der Blätter in ETRS89-Koordinaten (UTM-Zone 32N).

Tabelle 2: Eckpunktkoordinaten des Blattschnittes Hadelner Marsch

Karteneckpunkt	Gauß-Krüger-Koordinaten	
	Rechtswert	Hochwert
NW	480 000	5972 000
NO	510 000	5972 000
SW	480 000	5938 000
SO	510 000	5938 000

Für die Herstellung der geophysikalisch-thematischen Karten und der ihnen zugrundeliegenden Gitter wurde Oasis montaj verwendet. Für jeden Ergebnisparameter sind Karten auf Grundlage der topografischen Karten hergestellt worden. Die Fluglinien sind als Datenpunkte ebenfalls auf den Ergebniskarten enthalten. Die Zusammenstellung von Geophysik, Topografie und Legendeninformationen erfolgte mit dem Programm ArcGIS von ESRI. Hierfür wurde u. a. das Geosoft Plug-in für ArcGIS verwendet, um die Geosoft-Daten importieren zu können. Die Erstellung von PDF-Dokumenten wurde mit Adobe Acrobat vorgenommen. **Tabelle 3** zeigt die verwendeten Gitterparameter, die auf der **DVD** abgelegt sind (rangrid_<par>.con, <par> = dargestellter Parameter). Weitere Details sind Siemon et al. (2019) beschrieben. Das Verzeichnis zu den Karten, die auf der **DVD** abgelegt sind, befindet sich im **Anhang IV**.

Tabelle 3: Gitterparameter für die Kartenherstellung

Parameter	Wert
Methode zur Flächeninterpolation	minimale Krümmung
Gitterzellengröße [m]	50
Interpolationsbereich [m]	500
Zellen außerhalb der Datenpunkte	7
Log-Option	linear, (außer: log ρ , log ρ_a , log z^*)

6. Archivierung

Alle Daten werden durch den Fachbereich „B2.1 – Geophysikalische Erkundung – Technische Mineralogie“ archiviert. Darüber hinaus sind die Ergebnisdaten und Modelle als ASCII-codierte Profildaten im Geosoft-xyz-Format und die Endergebnisse (Bericht, Karten und Vertikalsektionen) als PDF-Dokumente im Originalmaßstab auf der **DVD** abgelegt (**Tabelle 4** und **Anhang VII**). Für die Darstellung in ArcGIS-Projekten wurden die auf den Karten dargestellten Parameter als Grids im ArcGIS-GRIDFLOAT-Format (*.flt) beigelegt.

Tabelle 4: Inhalt der DVD

Verzeichnis		Inhaltsbeschreibung
\Berichte		Allgemeiner Technischer Bericht (PDF) Ergänzungsbericht (PDF)
\Daten...	\HEM	ASCII-Datei aller gemessenen HEM-Daten (HEM109_RAW.xyz) ASCII-Datei der bearbeiteten HEM-Daten (HEM109_DAT.xyz) ASCII-Datei der abgeleiteten Halbraumparameter (HEM109_APP.xyz) ASCII-Datei der Modelle der 1D-Inversion (HEM109_INV_L6/L20.xyz) ASCII-Datei der spezifischen Widerstände für bestimmte Tiefen von 1 bis 60 m unter NHN (HEM109_RHO_ELEVATION_L6/L20.xyz)
	\HMG	ASCII-Datei der magnetischen Totalintensität, der Anomalien des magnetischen Feldes, der Bodenstationsdaten etc. (HMG109.xyz)
	\HRD	ASCII-Datei der Gehalte bzw. Äquivalentgehalte für die Radioelemente Kalium, Uran und Thorium sowie für die Totalstrahlung und die Dosisleistung etc. (HRD109.xyz)
\Karten...	\Fluglinien	PDF-Karte 1:50.000 des Flugweges mit Topografie
	\DEM	PDF-Karte 1:50.000 mit den Geländehöhen
	\HEM	PDF-Karten 1:50.000 der Halbraumwiderstände und der Schwerpunktstiefen für alle Messfrequenzen PDF-Karten 1:50.000 der spezifischen Widerstände bei 1 bis 60 m unter NHN, jeweils abgeleitet aus Inversionsmodellen mit 6 bzw. 20 Schichten
	\HMG	PDF-Karte 1:50.000 der Anomalien des erdmagnetischen Totalfeldes mit und ohne anthropogenen Effekten PDF-Karte 1:50.000 der scheinbaren Suszeptibilität
	\HRD	PDF-Karten 1:50.000 der Gehalte bzw. Äquivalentgehalte für die Radioelemente Kalium, Uran und Thorium sowie für die Gesamtstrahlung und die Dosisleistung
	\ArcGIS	Grids im ArcGIS GRIDFLOAT-Format (*.flt)
\VRS\L6 \VRS\L20	PDF-Vertikalschnitte des spezifischen Widerstandes basierend auf 1D-Inversionsergebnissen mit 6 und 20 Schichten für jedes Messprofil im Horizontalmaßstab 1:50.000 und Vertikalmaßstab 1:2000	
\Protokolle*	Diverse Protokoll- und Steuerdateien	

7. Literatur

- Sengpiel, K.-P. & Siemon, B., 2000. Advanced inversion methods for airborne electromagnetic exploration. *Geophysics*, 65, 1983-1992, doi:10.1190/1.1444882.
- Siemon, B., 2001. Improved and new resistivity-depth profiles for helicopter electromagnetic data. *Journal of Applied Geophysics*, 46, 65-76, doi: 10.1016/S0926-9851(00)00040-9.
- Siemon, B. 2009. Levelling of frequency-domain helicopter-borne electromagnetic data. *Journal of Applied Geophysics*, 67 (3), 206-218, doi: 10.1016/j.jappgeo.2007.11.001.
- Siemon, B., 2012. Accurate 1D forward and inverse modeling of high-frequency helicopter-borne electromagnetic data. *Geophysics*, 77 (4), WB81-WB87, doi: 10.1190/GEO2011-0371.1.
- Siemon, B., Eberle, D.G. & Binot, F., 2004. Helicopter-borne electromagnetic investigation of coastal aquifers in North-West Germany. *Zeitschrift für Geologische Wissenschaften*, 32 (5/6), 385-395.
- Siemon, B., Ibs-von Seht, M., Steuer, A., Pielawa, J., Balzer, H.-U. & Plath, C., 2019. Datenverarbeitung in der Hubschrauber-geophysik, Teil 1: Grundlagen. BGR-Bericht.
- Siemon, B., Rehli, H.-J., Voß, W. & Pielawa, J., 2005. Ergebnisse der Hubschrauber-geophysik im Bereich der Hadelner Marsch 2004, Technischer Bericht. BGR-Bericht, Archiv-Nr. 0125945, Hannover.
- Siemon, B., Steuer, A., Ullmann, A., Vasterling, M. & Voß, W., 2011. Application of frequency-domain helicopter-borne electromagnetics for groundwater exploration in urban areas. *Journal of Physics and Chemistry of the Earth*, 36/16, 1373-1385, doi: 10.1016/j.pce.2011.02.006.
- Siemon, B., Voß, W., Ibs-von Seht, M. & Pielawa, J., 2011. Technischer Bericht Hubschrauber-Geophysik Bremerhaven, Juni 2001 (Revision 2011). BGR-Bericht, Archiv-Nr. 0130162, Hannover.
- Siemon, B., Voß, W., Ibs-von Seht, M., Pielawa, J. & Röttger, B., 2013 Technischer Bericht Hubschrauber-Geophysik – Cuxhaven Mai 2000 (Revision 2013). BGR-Bericht, Archiv-Nr. 0131409, Hannover.
- Siemon, B., Voß, W., Kerner, T. & Pielawa, J., 2017. Technischer Bericht Hubschrauber-geophysik Hadelner Marsch Mai/Juni 2004 (Revision 2017). BGR-Bericht, Archiv-Nr. 0134290, Hannover.
- Steuer, A., Siemon, B., Ibs-von Seht, M., Pielawa, J. & Voß, W., 2013. Technischer Bericht Hubschrauber-geophysik – Befliegung Glückstadt, Sommer 2008 – Frühjahr 2009. BGR-Bericht, Archiv-Nr. 0131097, Hannover.

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE
BGR, HANNOVER



(Dr. T. Himmelsbach)

Leiter der Abteilung
„Grundwasser und Boden“



(Dr. U. Meyer)

Leiter des Fachbereichs
„Geophysikalische Erkundung –
Technische Mineralogie“



(Dr. B. Siemon)

Leiter des Arbeitsbereichs
„Aerogeophysik und
Luftfahrttechnischer Betrieb“

Anhang

I. Personal

Leitung und Management

Dr. Uwe **Meyer**, Fachbereichsleiter B2.1

Dr. Bernhard **Siemon**, Arbeitsbereichsleiter in B2.1, BGR

Auswertung

Dr. Bernhard **Siemon**, Physiker, HEM-Datenauswertung, B2.1, BGR

Dr. Malte **Ibs-von Seht**, Geologe, HMG- und HRD-Datenauswertung, B2.1, BGR

Jens **Pielawa**, Kartograf, Kartenproduktion, B2.1, BGR

Adresse

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

Fachbereich B2.1

„Geophysikalische Erkundung – Technische Mineralogie“

Stilleweg 2

D-30655 Hannover

Tel.: (0511) 643 3212 (Meyer)

3488 (Siemon)

Fax: (0511) 643 3662

E-Mail: heli@bgr.de, Uwe.Meyer@bgr.de, Bernhard.Siemon@bgr.de

II. Abbildungsverzeichnis

1. Lageskizze des Aufsuchungsgebietes Hadelner Marsch
2. Gegenüberstellung der Vertikalsektionen für den westlichen Teil des Testprofiles
3. Gegenüberstellung der Vertikalsektionen entlang des Kontrollprofils T10.9
4. Linienweisen Korrektur des magnetischen Heading-Errors mit empirisch ermittelten Werten

III. Tabellenverzeichnis

1. Technische Daten der Befliegung Hadelner Marsch
2. Eckpunktkoordinaten des Messgebietes Hadelner Marsch
3. Gitterparameter für die Kartenherstellung
4. Inhalt der DVD

- VI.1: Allgemeine HEM-Steuerparameter
- VI.2: HEM-Kalibrierparameter
- VI.3: Steuerparameter für die HEM-Niveauekorrektur
- VI.4: Steuerparameter für Inversion der HEM-Daten
- VI.5: HEM-Datenrauschen
- VI.6: HMG-Prozessierungsschritte und Parameter
- VI.7: Variationen der magnetischen Basisstation
- VI.8: HRD-Prozessierungsschritte und Parameter

IV. Kartenverzeichnis

1. Topografie und Fluglinien
2. Digitales Höhenmodell in m NHN
3. Scheinbarer spezifischer Widerstand bei 139.600 Hz (ρ_{oa5}) in Ωm
4. Scheinbarer spezifischer Widerstand bei 37.830 Hz (ρ_{oa4}) in Ωm
5. Scheinbarer spezifischer Widerstand bei 8510 Hz (ρ_{oa3}) in Ωm
6. Scheinbarer spezifischer Widerstand bei 1778 Hz (ρ_{oa2}) in Ωm
7. Scheinbarer spezifischer Widerstand bei 375 Hz (ρ_{oa1}) in Ωm
8. Schwerpunktstiefe bei 139.600 Hz (z_{st5}) in m unter GOK
9. Schwerpunktstiefe bei 37.830 Hz (z_{st4}) in m unter GOK
10. Schwerpunktstiefe bei 8510 Hz (z_{st3}) in m unter GOK
11. Schwerpunktstiefe bei 1778 Hz (z_{st2}) in m unter GOK
12. Schwerpunktstiefe bei 375 Hz (z_{st1}) in m unter GOK
13. Spezifischer Widerstand in Ωm bei 1 m unter NHN für L6- und L20-Modelle
14. Spezifischer Widerstand in Ωm bei 3 m unter NHN für L6- und L20-Modelle
15. Spezifischer Widerstand in Ωm bei 5 m unter NHN für L6- und L20-Modelle
16. Spezifischer Widerstand in Ωm bei 7 m unter NHN für L6- und L20-Modelle
17. Spezifischer Widerstand in Ωm bei 10 m unter NHN für L6- und L20-Modelle
18. Spezifischer Widerstand in Ωm bei 15 m unter NHN für L6- und L20-Modelle
19. Spezifischer Widerstand in Ωm bei 20 m unter NHN für L6- und L20-Modelle
20. Spezifischer Widerstand in Ωm bei 25 m unter NHN für L6- und L20-Modelle
21. Spezifischer Widerstand in Ωm bei 30 m unter NHN für L6- und L20-Modelle
22. Spezifischer Widerstand in Ωm bei 40 m unter NHN für L6- und L20-Modelle
23. Spezifischer Widerstand in Ωm bei 50 m unter NHN für L6- und L20-Modelle
24. Spezifischer Widerstand in Ωm bei 60 m unter NHN für L6- und L20-Modelle
25. Qualitätskontrollparameter
26. Anomalien des erdmagnetischen Totalfeldes in nT
27. Anomalien des erdmagnetischen Totalfeldes in nT, bezüglich anthropogener Signale korrigiert
28. Scheinbare Suszeptibilität (SI) aus Bandpass-gefilterten Anomalien des Totalfeldes
29. Gehalte von Kalium im Boden in %
30. Äquivalentgehalte von Uran im Boden in ppm
31. Äquivalentgehalte von Thorium im Boden in ppm
32. Gesamtstrahlung in cps
33. Dosisleistung am Boden in $\mu R/h$

V. Liste der Vertikalsektionen

<u>Messprofile:</u>	37. VRS 30.1	74. VRS 67.1	111. VRS 104.1
1. VRS 1.2	38. VRS 31.1	75. VRS 68.1	112. VRS 105.1
2. VRS 2.2	39. VRS 32.1	76. VRS 69.1	113. VRS 106.1
3. VRS 3.2	40. VRS 33.1	77. VRS 70.1	114. VRS 107.1
4. VRS 4.2	41. VRS 34.1	78. VRS 71.1	115. VRS 108.1
5. VRS 5.2	42. VRS 35.1	79. VRS 72.1	116. VRS 109.1
6. VRS 6.2	43. VRS 36.1	80. VRS 73.1	117. VRS 110.1
7. VRS 7.2	44. VRS 37.1	81. VRS 74.1	118. VRS 111.1
8. VRS 8.2	45. VRS 38.1	82. VRS 75.1	119. VRS 112.1
9. VRS 9.2	46. VRS 39.1	83. VRS 76.1	120. VRS 113.1
10. VRS 10.2	47. VRS 40.1	84. VRS 77.1	121. VRS 114.1
11. VRS 11.2	48. VRS 41.1	85. VRS 78.1	122. VRS 115.1
12. VRS 12.2	49. VRS 42.1	86. VRS 79.1	123. VRS 116.1
13. VRS 13.2	50. VRS 43.1	87. VRS 80.1	124. VRS 117.1
14. VRS 14.2	51. VRS 44.1	88. VRS 81.1	
15. VRS 15.1	52. VRS 45.1	89. VRS 82.1	<u>Kontrollprofile:</u>
16. VRS 16.1	53. VRS 46.1	90. VRS 83.1	125. VRS 1.9
17. VRS 17.1	54. VRS 47.1	91. VRS 84.1	126. VRS 2.9
18. VRS 18.1	55. VRS 48.1	92. VRS 85.1	127. VRS 3.9
19. VRS 19.1	56. VRS 49.1	93. VRS 86.1	128. VRS 4.9
20. VRS 20.1	57. VRS 50.1	94. VRS 87.1	129. VRS 5.9
21. VRS 21.1	58. VRS 51.1	95. VRS 88.1	130. VRS 6.9
22. VRS 21.2	59. VRS 52.1	96. VRS 89.1	131. VRS 7.9
23. VRS 21.3	60. VRS 53.2	97. VRS 90.1	132. VRS 8.9
24. VRS 22.1	61. VRS 54.1	98. VRS 91.1	133. VRS 9.9
25. VRS 22.2	62. VRS 55.1	99. VRS 92.1	134. VRS 10.9
26. VRS 22.3	63. VRS 56.2	100. VRS 93.1	135. VRS 11.9
27. VRS 23.1	64. VRS 57.1	101. VRS 94.1	136. VRS 12.9
28. VRS 23.2	65. VRS 58.1	102. VRS 95.1	137. VRS 13.9
29. VRS 24.2	66. VRS 59.2	103. VRS 96.1	
30. VRS 25.2	67. VRS 60.1	104. VRS 97.1	
31. VRS 25.3	68. VRS 61.1	105. VRS 98.1	
32. VRS 25.4	69. VRS 62.1	106. VRS 99.1	
33. VRS 26.1	70. VRS 63.1	107. VRS 100.1	
34. VRS 27.1	71. VRS 64.1	108. VRS 101.1	
35. VRS 28.1	72. VRS 65.1	109. VRS 102.1	
36. VRS 29.1	73. VRS 66.1	110. VRS 103.1	

VI. Protokolle

VI.1 Allgemeine HEM-Steuerparameter

Die allgemeinen Steuerparameter für HemView20a sind in EM_defaults.com abgelegt. **Tabelle VI.1** zeigt einen Auszug (ohne Kanal- und Dateizuordnungen). Die Erläuterungen hierzu befinden sich in Siemon et al. (2019).

Tabelle VI.1: Allgemeine HEM-Steuerparameter (defaults)

Parameter [unit]	EM1	EM2	EM3	EM4	EM5
Lag [rec]	-10				
AutoZero_ALT [m]	300				
Signal_WID [rec]	75	75	75	75	75
Noise_WID [rec]	15	15	25	15	25
Thresh_I [ppm]	0.25	0.25	0.3	0.25	0.3
Thresh_Q [ppm]	0.25	0.25	0.3	0.5	0.3
MedFilt_RAD [rec]	0	0	0	0	0
NIFilt_WID [rec]	10	10	30	10	20
NIFilt_TOL [ppm]	2	2	3	2	2
LpFilt_CUT [rec]	20	20	30	20	30

VI.2 HEM-Kalibrierung

Die Kalibrierparameter sind in EM1–5.conf abgelegt und in **Tabelle VI.2** aufgelistet. Die Erläuterungen hierzu befinden sich in Simon et al. (2019).

Tabelle VI.2: HEM-Kalibrierparameter

EM3					EM5					EM2				
Flight	Rec1	Rec2	Amp	Pha	Flight	Rec1	Rec2	Amp	Pha	Flight	Rec1	Rec2	Amp	Pha
10901	0	83690	1.00	0.0	10901	0	83690	1.00	0.0	10901	0	47500	1.01	-0.5
10902	0	83970	1.03	0.0	10902	0	83970	1.00	0.0	10901	47501	83690	1.01	1.0
10903	0	82140	1.03	0.0	10903	0	82140	1.00	0.0	10902	0	83970	1.03	0.0
10904	0	78760	1.03	0.0	10904	0	78760	1.00	0.0	10903	0	82140	1.03	-0.4
10905	0	81210	1.03	0.0	10905	0	81210	1.00	0.0	10904	0	78760	0.99	1.2
10906	0	75830	1.03	0.0	10906	0	75830	1.00	0.0	10905	0	81210	0.99	1.2
10907	0	76350	1.03	0.0	10907	0	76350	1.00	0.0	10906	0	75830	0.99	1.2
10908	0	80830	1.03	0.0	10908	0	80830	1.00	0.0	10907	0	76350	0.99	1.2
10909	0	77810	1.03	0.0	10909	0	77810	1.00	0.0	10908	0	80830	0.99	0.0
10910	0	79390	1.03	0.0	10910	0	79390	1.00	0.0	10909	0	77810	0.99	1.2
10911	0	62930	1.03	0.0	10911	0	62930	1.00	0.0	10910	0	79390	1.03	0.6
10912	0	79560	1.03	0.0	10912	0	79560	1.00	0.0	10911	0	62930	0.99	1.2
10913	0	78260	1.03	0.0	10913	0	78260	1.00	0.0	10912	0	79560	0.99	1.2
10914	0	77100	1.03	0.0	10914	0	77100	1.00	0.0	10913	0	78260	0.99	1.2
10915	0	68240	1.03	0.0	10915	0	68240	1.00	0.0	10914	0	77100	0.99	1.2
10916	0	78460	1.03	-1.0	10916	0	78460	1.00	0.0	10915	0	68240	0.99	1.2
10917	0	74600	1.03	-1.0	10917	0	74600	1.02	-1.7	10916	0	78460	1.02	0.0
10918	0	31020	1.03	-1.0	10918	0	31020	1.00	0.0	10917	0	74600	1.00	0.8
10919	0	39180	1.00	1.0	10919	0	39180	1.00	-1.0	10918	0	31020	1.02	0.0
										10919	0	39180	0.99	1.2

EM1					EM4				
Flight	Rec1	Rec2	Amp	Pha	Flight	Rec1	Rec2	Amp	Pha
10901	0	53138	1.04	-0.7	10901	0	53214	0.87	2.2
10901	53139	83690	1.00	1.3	10901	53215	66752	0.83	-23.8
10902	0	11927	1.04	-0.7	10901	66753	83690	0.98	100.0
10902	11928	15816	1.04	1.2	10902	0	11899	0.98	1.0
10902	15817	20025	1.04	-1.2	10902	11900	15821	0.98	-6.7
10902	20026	40327	1.04	-1.2	10902	15822	23585	0.89	2.0
10902	40328	83970	1.04	0.0	10902	23586	40321	0.98	-2.9
10903	0	82140	1.04	-0.7	10902	40322	83970	0.90	2.3
10904	0	78760	1.04	-0.7	10903	0	82140	0.98	0.0
10905	0	81210	1.04	-0.7	10904	0	78760	1.12	-4.5
10906	0	75830	1.04	-0.7	10905	0	81210	0.98	1.5
10907	0	76350	1.04	-0.7	10906	0	75830	0.98	1.5
10908	0	80830	1.04	1.0	10907	0	76350	0.89	0.4
10909	0	77810	1.04	1.5	10908	0	80830	0.89	0.0
10910	0	47760	1.04	1.6	10909	0	77810	0.87	0.0
10910	47761	79390	1.04	7.3	10910	0	79390	0.51	21.9
10911	0	62930	1.04	1.0	10911	0	62930	0.51	23.5
10912	0	79560	1.04	-0.7	10912	0	79560	0.90	2.0
10913	0	78260	1.04	-0.7	10913	0	78260	0.89	2.4
10914	0	77100	1.04	-0.7	10914	0	3161	0.25	17.7
10915	0	68240	1.04	-0.7	10914	3162	77100	0.98	-0.6
10916	0	44557	1.04	-0.7	10915	0	68240	0.98	1.4
10916	44558	78460	1.04	7.5	10916	0	78460	0.84	1.6
10917	0	74600	1.04	-0.8	10917	0	74600	0.98	-0.5
10918	0	31020	1.04	-1.3	10918	0	31020	0.98	1.0
10919	0	39180	1.04	-0.7	10919	0	39180	0.98	-0.6

VI.3 HEM-Niveaurektur

Die Steuerparameter für die Niveaurektur (HSP-Levelling und IQ-Levelling) sind in LevHSP.conf bzw. LevIQ.conf abgelegt und in **Tabelle VI.3** aufgelistet. Die Erläuterungen hierzu befinden sich in Siemon et al. (2019).

Tabelle VI.3: Steuerparameter für die HEM-Niveaurektur

HSP Levelling

Parameter [unit]	EM1	EM2	EM3	EM4	EM5
LineGrd_EdgClp [cell]	16				
GridGap_EdgClp [cell]	32				
ErrGrd_BtwWlen [m]	1000	1000	1000	1000	1000
ErrGrd_BtwOrd [1]	8	8	8	8	8
ErrGrd_DcosDeg [1]	2	2	2	2	2
ErrFit_SpSmthR []	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
ErrFit_SpSmthD []	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Errf_SpTau []	0.5				
TieLev_SpSmthR []	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
TieLev_SpSmthd []	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
TieLev_SpTau []	0.5				
TieLev_ThrR [ppm]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
TieLev_ThrD [ppm]	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03

IQ Levelling

Parameter [unit]	EM1	EM2	EM3	EM4	EM5
Drift_NIWid [rec]	50				
Drift_NITol [ppm]	10				
Drift_AltLim [m]	300				
Drift_ThrIQ [ppm]	0.04	0.05	0.1	0.04	0.05
Drift_SpSmth []	0.85	0.85	0.9	0.85	0.85
Drift_SpTau []	0.2				
Noise_Wid [rec]	30				
Lev_AltLim [m]	80				
Lev_ThrI [ppm]	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03
Lev_ThrQ [ppm]	0.04	0.03	0.04	0.05	0.03
Lev_NIWid [rec]	10				
Lev_NITol [ppm]	3	3	3	3	3
Lev_SpSmth []	0.6	0.6	0.7	0.55	0.65
Lev_SpTau []	0.5				

VI.4 HEM-Inversion

Die Steuerparameter für die Inversion der HEM-Daten sind in AUTOINV.dat, INV109_L6.conf bzw. INV109_L20.conf abgelegt und in **Tabelle VI.4** gegenübergestellt. Die Erläuterungen hierzu befinden sich in Siemon et al. (2019).

Tabelle VI.4: Steuerparameter für Inversion der HEM-Daten.

Funktion	Einheit	INV-Parameter	INV109_L6.conf Wert	INV109_L20.conf Wert
Ein-/Ausgabe:				
Prefix für Daten- und Modellausgabe		PREFIX	EMV_	EMV_
Dezimierung		DEC	1	1
Datenrauschen (additiv)	% oder ppm	SR	0.0	0.0
Auswahlcode für niedrigste Messfrequenz		EM3	1	1
Druckparameter		NPRI	1	1
Startmodell:				
Startmodellcode		SCODE	3	3
Schichtungscode für Startmodell		SCHCODE	1	1
Anzahl Modellschichten		NLAY	6	20
Halbraumparametercode		RCODE	1	1
Glättungsparameter für Sondierungskurve		GLFAK	5.0	5.0
Deckschichtwiderstand (Vorgabe)	Ωm	RCOVER	1000	1000
Deckschichtdicke im Startmodell (Vorgabe)	m	DSCHDICK	0.0	0.0
Halbraumwiderstand (Vorgabe)	Ωm	RHSPACE	0.0	0.0
Mindestschichtdicke im Startmodell	m	MINSCHDICK	0.5	0.5
Verschiebungsfaktor für unterste Schichtgrenze		TFAKTU	1.3	1.3
Verschiebungsfaktor für oberste Schichtgrenze		TFAKTO	1.0	1.0
Inversion:				
Abbruchschranke	%	STOP	10	10
Vorwärtsmodellierungscode		CCODE	2	2
Minimaler Schichtwiderstand	Ωm	RHOMIN	0.2	0.2
Maximaler Schichtwiderstand	Ωm	RHOMAX	2000	2000
Minimale Schichtdicke	m	DMIN	0.1	0.1
Maximale Schichtdicke	m	DMAX	100	100
Fortsetzungscode (bei zu extremen Modellen)		ISTOP	5	5
Schrittweite bei Minimasuche (vorwärts)		REDUCT1	3.16	3.16
Schrittweite bei Minimasuche (rückwärts)		REDUCT2	0.75	0.75
Glättungsparameter für Modelle		DAMP	1.0	2.8
Minimale Iterationszahl		MINIT 1	1	1
Maximale Iterationszahl		MAXIT 99	99	99
Ableitung nach Logarithmen		ABLLOG	J	J
Modellauswahlcode		MODAUSWCODE	1	1
Schichtunterdrückungscode		SCHUNTDRK	0	0

VI.5 HEM-Datenrauschen

Das Datenrauschen (Noise) ist am Ende der Messflüge (bei 10918 am Anfang) über einen Bereich von einer Minute (600 Werte) in möglichst großer Höhe bestimmt und in **Tabelle VI.5** gegenübergestellt worden.

Tabelle VI.5: HEM-Datenrauschen

Flug	STD(EM3I) [ppm]	STD(EM3Q) [ppm]	STD(EM5I) [ppm]	STD(EM5Q) [ppm]	STD(EM2I) [ppm]	STD(EM2Q) [ppm]	STD(EM1I) [ppm]	STD(EM1Q) [ppm]	STD(EM4I) [ppm]	STD(EM4Q) [ppm]	mittl. Höhe [m]
10901	2.7	1.4	3.6	1.2	3.8	1.1	5.2	1.0	22.7	24.8	316.0
10902	3.8	2.7	1.5	1.0	1.2	0.7	2.2	1.7	20.6	22.2	454.4
10903	2.0	2.0	1.0	0.8	1.3	0.9	1.9	1.5	23.3	21.6	348.0
10904	3.0	2.2	3.0	3.3	5.0	2.6	7.2	1.7	25.1	26.3	271.7
10905	1.8	1.3	1.2	0.9	1.3	0.7	2.1	1.3	22.3	19.3	363.4
10906	1.6	2.0	1.7	1.3	1.2	0.6	2.4	1.3	18.1	18.1	329.0
10907	4.9	3.0	8.9	3.9	5.2	2.0	9.2	1.7	26.7	32.7	303.2
10908	0.8	0.6	0.8	1.0	1.2	0.6	1.3	1.2	40.4	30.7	527.0
10909	2.2	1.8	4.4	2.4	3.7	1.9	7.4	2.0	33.3	30.2	325.3
10910	2.4	2.2	0.8	0.3	1.0	0.6	2.2	1.2	17.6	16.2	560.0
10911	2.2	1.8	1.1	0.4	1.3	0.8	1.9	1.2	14.3	12.3	416.9
10912	1.5	1.3	2.0	1.0	2.3	1.4	5.5	4.7	16.9	15.9	323.0
10913	1.4	1.1	1.7	1.1	1.2	0.7	2.4	1.3	27.6	25.4	324.3
10914	4.3	3.4	5.8	2.7	7.5	2.0	9.2	1.3	13.5	11.5	317.7
10915	4.0	4.1	2.9	1.8	3.6	2.0	5.8	1.5	38.0	30.7	303.5
10916	2.3	2.1	1.6	1.2	2.2	0.9	3.2	1.2	41.5	41.6	291.4
10917	2.0	2.1	1.5	0.9	2.9	2.7	2.7	2.4	21.8	17.5	319.8
10918	2.4	1.8	2.2	0.9	3.4	2.0	5.2	1.2	20.9	20.6	302.9
Mittel	2.5	2.1	2.5	1.5	2.7	1.3	4.3	1.6	24.7	23.2	
STD	1.1	0.8	2.0	1.0	1.8	0.7	2.5	0.8	8.3	7.6	

VI.6 HMG-Prozessierungsschritte und Parameter

In folgender **Tabelle VI.6** sind die durchgeführten HMG-Prozessierungsschritte und die zugehörigen Parameter aufgelistet. Die Nomenklatur folgt dabei den Ausführungen im allgemeinen Technischen Bericht (Simon et al., 2019). Die Werte sind in Hmg.conf abgelegt.

Tabelle VI.6: HMG-Prozessierungsschritte und Parameter

Schritt	Parameter	Wert
1. Bereinigung Basis	LpWid	600 recs
2. Verschiebungen	Lag Offset	23 recs -39.85 nT
3. Tieline-Levelling	RefFlight	10901
4. Vorbereitung Microlevelling	AS_thresh Shrink Grow delShort GridGap TaperWid	0.08 2 cells 1 cells 20 recs 0 cells 10 recs
5. Microlevelling	BTWR_LEN BTWR_DEG DCOS_ANG DCOS_DEG SPL_SMOOTH SPL_TAU SPL_SMOOTH_TL SPL_TAU_TL nLEV	1500 m 8 18.5° 1.0 0.9 1 0.7 0.5 1
6. Bereinigung anthropogen	AS_thresh Shrink Grow delShort GridGap TaperWid	0.08 2 cells 1 cells 20 recs 0 cells 10 recs
7. Grid-Filter	Long Short	5000 m 500 m
8. RTP und Xa	Inclination Declination Field Depth	68.55° 0.32° 49319.5 nT 44 m
Gridding	Cellsize Edgeclip Blanking dist. Tension	50 m 7 cells 500 m 0.5

VI.7 Variationen der magnetischen Basisstation

In folgender **Tabelle VI.7** sind für die in der Magnetik verwendeten Flüge die Variationen der Basisstation aufgelistet. Die Berechnung ist im allgemeinen Technischen Bericht (Siemon et al., 2019) erklärt.

Tabelle VI.7: Variationen der magnetischen Basisstation

Flug	Datum	Registrierzeit (UTC)	Variation [nT/h]
10901	25.05.2004	14:38 - 16:58	6.2
10902	26.05.2004	07:32 - 09:51	11.3
10903	26.05.2004	12:01 - 14:18	13.0
10904	27.05.2004	08:12 - 10:24	3.8
10905	27.05.2004	12:08 - 14:23	13.8
10906	28.05.2004	07:08 - 09:14	9.8
10907	02.06.2004	11:23 - 13:30	11.4
10908	02.06.2004	07:18 - 09:33	10.5
10909	02.06.2004	11:16 - 13:26	7.9
10910	03.06.2004	07:18 - 09:30	7.9
10911	03.06.2004	13:04 - 14:49	12.7
10912	07.06.2004	12:17 - 14:30	11.9
10913	08.06.2004	07:19 - 09:30	5.8
10914	08.06.2004	11:11 - 13:19	12.3
10915	09.06.2004	07:30 - 09:24	9.0
10916	10.06.2004	07:26 - 09:37	2.0

VI.8 HRD-Prozessierungsschritte und Parameter

In folgender **Tabelle VI.8** sind die durchgeführten HRD-Prozessierungsschritte und die zugehörigen Parameter aufgelistet. Die Nomenklatur folgt dabei den Ausführungen im allgemeinen Technischen Bericht (Siemon et al., 2019). Die Werte sind in Hrd.conf abgelegt.

Tabelle VI.8: HRD-Prozessierungsschritte und Parameter

Schritt	Parameter	Werte					
		DOWN		UP			
1. Gain	FiltWid	1		1			
2. NASVD	AltMax ChanRange nComp	120 105-245 9		120 105-165 4			
		K	U	Th	TC	U_UP	
3. Hintergrund	a b	5.45 0.0416	0.15 0.0355	0.2 0.0454	30.26 0.7264	0.03 0.009	
4. Radon	a1 a2 aU aTh aK aTC	0.031 0.02 0.35 0.1 1 10					
5a. Stripping	alpha beta gamma a	0.248 0.385 0.66 0.04					
5b. Attenuation	att	0.00826	0.00584	0.00676	0.00649		
5c. Sensitivity	sens	34.98	5.28	2.86			
5d. Faktor	fact	0.94	1.15	0.89	0.97		
6. Filter	MathFiltWid	3	5	3	3		
7. Tieline Levelling	RefFlight	10905	-				
8. Biomassenkorrektur	<i>nicht erfolgt</i>						
9. Microlevelling	<i>nicht erfolgt</i>						
10. Gridfilter	Cells	1	2	1	1		
Gridding	Cellsize Edgeclip Blanking dist. Tension	50 7 500 0					

VII. DVD-Verzeichnis

\	RHOA5@139600Hz.ft
Adobe - Adobe Reader herunterladen.url	RHOA5@139600Hz.ft.gi
\Bericht\	RHOA5@139600Hz.ft.xml
\Ergänzungsbericht 109 Hadelner Marsch.pdf	RHOA5@139600Hz.hdr
\Daten\	ZST1@375Hz.ft
\HEM\	ZST1@375Hz.ft.gi
Format_description_HEM109_UTM32.txt	ZST1@375Hz.ft.xml
HEM109_APP.xyz	ZST1@375Hz.hdr
HEM109_DAT.xyz	ZST2@1778Hz.ft
HEM109_INV_L20.xyz	ZST2@1778Hz.ft.gi
HEM109_INV_L6.xyz	ZST2@1778Hz.ft.xml
HEM109_QCP.xyz	ZST2@1778Hz.hdr
HEM109_RAW.xyz	ZST3@8510Hz.ft
HEM109_RHO_ELEVATION_L20.txt	ZST3@8510Hz.ft.gi
HEM109_RHO_ELEVATION_L20.xyz	ZST3@8510Hz.ft.xml
HEM109_STD.xyz	ZST3@8510Hz.hdr
\HMG\	ZST4@37830Hz.ft
Format_description_HMG109_UTM32.txt	ZST4@37830Hz.ft.gi
HMG109.xyz	ZST4@37830Hz.ft.xml
\HRD\	ZST4@37830Hz.hdr
Format_description_HRD109_UTM32.txt	ZST5@139600Hz.ft
HRD109.xyz	ZST5@139600Hz.ft.gi
\Karten\	ZST5@139600Hz.ft.xml
Hadelner-Marsch-ÜK-2019.jpg	ZST5@139600Hz.hdr
\ArcGIS\	\HEMINV\
\DEM\	RHO_L20@001mbsl.ft
DEM.ft	RHO_L20@001mbsl.ft.gi
DEM.ft.gi	RHO_L20@001mbsl.ft.xml
DEM.ft.xml	RHO_L20@001mbsl.hdr
DEM.hdr	RHO_L20@003mbsl.ft
\HEM\	RHO_L20@003mbsl.ft.gi
QCP.ft	RHO_L20@003mbsl.ft.xml
QCP.ft.gi	RHO_L20@003mbsl.hdr
QCP.ft.xml	RHO_L20@005mbsl.ft
QCP.hdr	RHO_L20@005mbsl.ft.gi
RHOA1@375Hz.ft	RHO_L20@005mbsl.ft.xml
RHOA1@375Hz.ft.gi	RHO_L20@007mbsl.ft
RHOA1@375Hz.ft.xml	RHO_L20@007mbsl.ft.gi
RHOA1@375Hz.hdr	RHO_L20@007mbsl.ft.xml
RHOA2@1778Hz.ft	RHO_L20@007mbsl.hdr
RHOA2@1778Hz.ft.gi	RHO_L20@010mbsl.ft
RHOA2@1778Hz.ft.xml	RHO_L20@010mbsl.ft.gi
RHOA2@1778Hz.hdr	RHO_L20@010mbsl.ft.xml
RHOA3@8510Hz.ft	RHO_L20@010mbsl.hdr
RHOA3@8510Hz.ft.gi	RHO_L20@015mbsl.ft
RHOA3@8510Hz.ft.xml	RHO_L20@015mbsl.ft.gi
RHOA3@8510Hz.hdr	RHO_L20@015mbsl.ft.xml
RHOA4@37830Hz.ft	RHO_L20@015mbsl.hdr
RHOA4@37830Hz.ft.gi	RHO_L20@020mbsl.ft
RHOA4@37830Hz.ft.xml	RHO_L20@020mbsl.ft.gi
RHOA4@37830Hz.hdr	RHO_L20@020mbsl.ft.xml
	RHO_L20@020mbsl.hdr
	RHO_L20@025mbsl.ft

RHO_L20@025mbsl.ft.gi	RHO_L6@040mbsl.ft.xml
RHO_L20@025mbsl.ft.xml	RHO_L6@040mbsl.hdr
RHO_L20@025mbsl.hdr	RHO_L6@050mbsl.ft
RHO_L20@030mbsl.ft	RHO_L6@050mbsl.ft.gi
RHO_L20@030mbsl.ft.gi	RHO_L6@050mbsl.ft.xml
RHO_L20@030mbsl.ft.xml	RHO_L6@050mbsl.hdr
RHO_L20@030mbsl.hdr	RHO_L6@060mbsl.ft
RHO_L20@040mbsl.ft	RHO_L6@060mbsl.ft.gi
RHO_L20@040mbsl.ft.gi	RHO_L6@060mbsl.ft.xml
RHO_L20@040mbsl.ft.xml	RHO_L6@060mbsl.hdr
RHO_L20@040mbsl.hdr	\HRD\ AppSuscept.ft
RHO_L20@050mbsl.ft	AppSuscept.ft.gi
RHO_L20@050mbsl.ft.gi	AppSuscept.ft.xml
RHO_L20@050mbsl.ft.xml	AppSuscept.hdr
RHO_L20@050mbsl.hdr	DeltaT.ft
RHO_L20@060mbsl.ft	DeltaT.ft.gi
RHO_L20@060mbsl.ft.gi	DeltaT.ft.xml
RHO_L20@060mbsl.ft.xml	DeltaT.hdr
RHO_L20@060mbsl.hdr	DeltaT_CE.ft
RHO_L6@001mbsl.ft	DeltaT_CE.ft.gi
RHO_L6@001mbsl.ft.gi	DeltaT_CE.ft.xml
RHO_L6@001mbsl.ft.xml	DeltaT_CE.hdr
RHO_L6@001mbsl.hdr	\HMG\ EXPO.ft
RHO_L6@003mbsl.ft	EXPO.ft.gi
RHO_L6@003mbsl.ft.gi	EXPO.ft.xml
RHO_L6@003mbsl.ft.xml	EXPO.hdr
RHO_L6@003mbsl.hdr	K.ft
RHO_L6@005mbsl.ft	K.ft.gi
RHO_L6@005mbsl.ft.gi	K.ft.xml
RHO_L6@005mbsl.ft.xml	K.hdr
RHO_L6@005mbsl.hdr	TC.ft
RHO_L6@007mbsl.ft	TC.ft.gi
RHO_L6@007mbsl.ft.gi	TC.ft.xml
RHO_L6@007mbsl.ft.xml	TC.hdr
RHO_L6@007mbsl.hdr	Th.ft
RHO_L6@010mbsl.ft	Th.ft.gi
RHO_L6@010mbsl.ft.gi	Th.ft.xml
RHO_L6@010mbsl.ft.xml	Th.hdr
RHO_L6@010mbsl.hdr	U.ft
RHO_L6@015mbsl.ft	U.ft.gi
RHO_L6@015mbsl.ft.gi	U.ft.xml
RHO_L6@015mbsl.ft.xml	U.hdr
RHO_L6@015mbsl.hdr	\Karten\ \DEM\ 109 Hadelner Marsch Höhenmodell DEM.pdf
RHO_L6@020mbsl.ft	\Fluglinien\ 109 Hadelner Marsch Fluglinien.pdf
RHO_L6@020mbsl.ft.gi	\HEM\ 109 Hadelner Marsch Halbraumwiderstand rhoa1.pdf
RHO_L6@020mbsl.ft.xml	109 Hadelner Marsch Halbraumwiderstand rhoa2.pdf
RHO_L6@020mbsl.hdr	109 Hadelner Marsch Halbraumwiderstand rhoa3.pdf
RHO_L6@025mbsl.ft	109 Hadelner Marsch Halbraumwiderstand rhoa4.pdf
RHO_L6@025mbsl.ft.gi	
RHO_L6@025mbsl.ft.xml	
RHO_L6@025mbsl.hdr	
RHO_L6@030mbsl.ft	
RHO_L6@030mbsl.ft.gi	
RHO_L6@030mbsl.ft.xml	
RHO_L6@030mbsl.hdr	
RHO_L6@040mbsl.ft	
RHO_L6@040mbsl.ft.gi	

109 Hadelner Marsch Halbraumwiderstand rhoa5.pdf	INV109_L20.conf
109 Hadelner Marsch Qualitätskontrollparameter.pdf	INV109_L6.conf
109 Hadelner Marsch Schwerpunktstiefe zst1.pdf	LevHSP.conf
109 Hadelner Marsch Schwerpunktstiefe zst2.pdf	LevIQ.conf
109 Hadelner Marsch Schwerpunktstiefe zst3.pdf	rangrid_da.con
109 Hadelner Marsch Schwerpunktstiefe zst4.pdf	rangrid_rhoa.con
109 Hadelner Marsch Schwerpunktstiefe zst5.pdf	rangrid_topo.con
109 Hadelner Marsch Widerstand 01m unter NHN L20.pdf	rangrid_zst.con
109 Hadelner Marsch Widerstand 01m unter NHN L6.pdf	\HMG\ Hmg.conf
109 Hadelner Marsch Widerstand 03m unter NHN L20.pdf	MagCheck.conf
109 Hadelner Marsch Widerstand 03m unter NHN L6.pdf	MagCor.dat
109 Hadelner Marsch Widerstand 05m unter NHN L20.pdf	\HRD\ Hrd.conf
109 Hadelner Marsch Widerstand 05m unter NHN L6.pdf	HrdCheck.conf
109 Hadelner Marsch Widerstand 07m unter NHN L20.pdf	\Pos\ 109.POSprj
109 Hadelner Marsch Widerstand 07m unter NHN L6.pdf	Ablaufschema.txt
109 Hadelner Marsch Widerstand 10m unter NHN L20.pdf	Pos.conf
109 Hadelner Marsch Widerstand 10m unter NHN L6.pdf	PosCheck.conf
109 Hadelner Marsch Widerstand 15m unter NHN L20.pdf	\VRS\ \L20\ VRS1090012_L20.pdf
109 Hadelner Marsch Widerstand 15m unter NHN L6.pdf	VRS1090019_L20.pdf
109 Hadelner Marsch Widerstand 20m unter NHN L20.pdf	VRS1090022_L20.pdf
109 Hadelner Marsch Widerstand 20m unter NHN L6.pdf	VRS1090029_L20.pdf
109 Hadelner Marsch Widerstand 25m unter NHN L20.pdf	VRS1090032_L20.pdf
109 Hadelner Marsch Widerstand 25m unter NHN L6.pdf	VRS1090039_L20.pdf
109 Hadelner Marsch Widerstand 30m unter NHN L20.pdf	VRS1090042_L20.pdf
109 Hadelner Marsch Widerstand 30m unter NHN L6.pdf	VRS1090049_L20.pdf
109 Hadelner Marsch Widerstand 40m unter NHN L20.pdf	VRS1090052_L20.pdf
109 Hadelner Marsch Widerstand 40m unter NHN L6.pdf	VRS1090059_L20.pdf
109 Hadelner Marsch Widerstand 50m unter NHN L20.pdf	VRS1090062_L20.pdf
109 Hadelner Marsch Widerstand 50m unter NHN L6.pdf	VRS1090069_L20.pdf
109 Hadelner Marsch Widerstand 60m unter NHN L20.pdf	VRS1090072_L20.pdf
109 Hadelner Marsch Widerstand 60m unter NHN L6.pdf	VRS1090079_L20.pdf
\HMG\ 109 Hadelner Marsch Magnetik mit anthropogenen- Effekten.pdf	VRS1090082_L20.pdf
109 Hadelner Marsch Magnetik ohne anthropogene- Effekte.pdf	VRS1090089_L20.pdf
109 Hadelner Marsch Scheinbare magnetische- Suszeptibilität.pdf	VRS1090092_L20.pdf
\HRD\ 109 Hadelner Marsch Dosisleistung.pdf	VRS1090099_L20.pdf
109 Hadelner Marsch Gesamtstrahlung.pdf	VRS1090102_L20.pdf
109 Hadelner Marsch Kalium.pdf	VRS1090109_L20.pdf
109 Hadelner Marsch Thorium.pdf	VRS1090112_L20.pdf
109 Hadelner Marsch Uran.pdf	VRS1090119_L20.pdf
\Protokolle\ \HEM\ 109.prj	VRS1090122_L20.pdf
109_add_channels.lst	VRS1090129_L20.pdf
109_pre.dat	VRS1090132_L20.pdf
EM_defaults.conf	VRS1090139_L20.pdf
EM1.conf	VRS1090142_L20.pdf
EM2.conf	VRS1090151_L20.pdf
EM3.conf	VRS1090161_L20.pdf
EM4.conf	VRS1090171_L20.pdf
EM5.conf	VRS1090181_L20.pdf
	VRS1090191_L20.pdf
	VRS1090201_L20.pdf

VRS1090211_L20.pdf	VRS1090711_L20.pdf
VRS1090212_L20.pdf	VRS1090721_L20.pdf
VRS1090213_L20.pdf	VRS1090731_L20.pdf
VRS1090221_L20.pdf	VRS1090741_L20.pdf
VRS1090222_L20.pdf	VRS1090751_L20.pdf
VRS1090223_L20.pdf	VRS1090761_L20.pdf
VRS1090231_L20.pdf	VRS1090771_L20.pdf
VRS1090232_L20.pdf	VRS1090781_L20.pdf
VRS1090242_L20.pdf	VRS1090791_L20.pdf
VRS1090252_L20.pdf	VRS1090801_L20.pdf
VRS1090253_L20.pdf	VRS1090811_L20.pdf
VRS1090254_L20.pdf	VRS1090821_L20.pdf
VRS1090261_L20.pdf	VRS1090831_L20.pdf
VRS1090271_L20.pdf	VRS1090841_L20.pdf
VRS1090281_L20.pdf	VRS1090851_L20.pdf
VRS1090291_L20.pdf	VRS1090861_L20.pdf
VRS1090301_L20.pdf	VRS1090871_L20.pdf
VRS1090311_L20.pdf	VRS1090881_L20.pdf
VRS1090321_L20.pdf	VRS1090891_L20.pdf
VRS1090331_L20.pdf	VRS1090901_L20.pdf
VRS1090341_L20.pdf	VRS1090911_L20.pdf
VRS1090351_L20.pdf	VRS1090921_L20.pdf
VRS1090361_L20.pdf	VRS1090931_L20.pdf
VRS1090371_L20.pdf	VRS1090941_L20.pdf
VRS1090381_L20.pdf	VRS1090951_L20.pdf
VRS1090391_L20.pdf	VRS1090961_L20.pdf
VRS1090401_L20.pdf	VRS1090971_L20.pdf
VRS1090411_L20.pdf	VRS1090981_L20.pdf
VRS1090421_L20.pdf	VRS1090991_L20.pdf
VRS1090431_L20.pdf	VRS1091001_L20.pdf
VRS1090441_L20.pdf	VRS1091011_L20.pdf
VRS1090451_L20.pdf	VRS1091021_L20.pdf
VRS1090461_L20.pdf	VRS1091031_L20.pdf
VRS1090471_L20.pdf	VRS1091041_L20.pdf
VRS1090481_L20.pdf	VRS1091051_L20.pdf
VRS1090491_L20.pdf	VRS1091061_L20.pdf
VRS1090501_L20.pdf	VRS1091071_L20.pdf
VRS1090511_L20.pdf	VRS1091081_L20.pdf
VRS1090521_L20.pdf	VRS1091091_L20.pdf
VRS1090531_L20.pdf	VRS1091101_L20.pdf
VRS1090541_L20.pdf	VRS1091111_L20.pdf
VRS1090551_L20.pdf	VRS1091121_L20.pdf
VRS1090561_L20.pdf	VRS1091131_L20.pdf
VRS1090571_L20.pdf	VRS1091141_L20.pdf
VRS1090581_L20.pdf	VRS1091151_L20.pdf
VRS1090591_L20.pdf	VRS1091161_L20.pdf
VRS1090601_L20.pdf	VRS1091171_L20.pdf
VRS1090611_L20.pdf	
VRS1090621_L20.pdf	\L6\ VRS1090012_L6.pdf
VRS1090631_L20.pdf	VRS1090019_L6.pdf
VRS1090641_L20.pdf	VRS1090022_L6.pdf
VRS1090651_L20.pdf	VRS1090029_L6.pdf
VRS1090661_L20.pdf	VRS1090032_L6.pdf
VRS1090671_L20.pdf	VRS1090039_L6.pdf
VRS1090681_L20.pdf	VRS1090042_L6.pdf
VRS1090691_L20.pdf	VRS1090049_L6.pdf
VRS1090701_L20.pdf	

VRS1090052_L6.pdf
VRS1090059_L6.pdf
VRS1090062_L6.pdf
VRS1090069_L6.pdf
VRS1090072_L6.pdf
VRS1090079_L6.pdf
VRS1090082_L6.pdf
VRS1090089_L6.pdf
VRS1090092_L6.pdf
VRS1090099_L6.pdf
VRS1090102_L6.pdf
VRS1090109_L6.pdf
VRS1090112_L6.pdf
VRS1090119_L6.pdf
VRS1090122_L6.pdf
VRS1090129_L6.pdf
VRS1090132_L6.pdf
VRS1090139_L6.pdf
VRS1090142_L6.pdf
VRS1090151_L6.pdf
VRS1090161_L6.pdf
VRS1090171_L6.pdf
VRS1090181_L6.pdf
VRS1090191_L6.pdf
VRS1090201_L6.pdf
VRS1090211_L6.pdf
VRS1090212_L6.pdf
VRS1090213_L6.pdf
VRS1090221_L6.pdf
VRS1090222_L6.pdf
VRS1090223_L6.pdf
VRS1090231_L6.pdf
VRS1090232_L6.pdf
VRS1090242_L6.pdf
VRS1090252_L6.pdf
VRS1090253_L6.pdf
VRS1090254_L6.pdf
VRS1090261_L6.pdf
VRS1090271_L6.pdf
VRS1090281_L6.pdf
VRS1090291_L6.pdf
VRS1090301_L6.pdf
VRS1090311_L6.pdf
VRS1090321_L6.pdf
VRS1090331_L6.pdf
VRS1090341_L6.pdf
VRS1090351_L6.pdf
VRS1090361_L6.pdf
VRS1090371_L6.pdf
VRS1090381_L6.pdf
VRS1090391_L6.pdf
VRS1090401_L6.pdf
VRS1090411_L6.pdf
VRS1090421_L6.pdf
VRS1090431_L6.pdf
VRS1090441_L6.pdf
VRS1090451_L6.pdf
VRS1090461_L6.pdf
VRS1090471_L6.pdf
VRS1090481_L6.pdf
VRS1090491_L6.pdf
VRS1090501_L6.pdf
VRS1090511_L6.pdf
VRS1090521_L6.pdf
VRS1090531_L6.pdf
VRS1090541_L6.pdf
VRS1090551_L6.pdf
VRS1090561_L6.pdf
VRS1090571_L6.pdf
VRS1090581_L6.pdf
VRS1090591_L6.pdf
VRS1090601_L6.pdf
VRS1090611_L6.pdf
VRS1090621_L6.pdf
VRS1090631_L6.pdf
VRS1090641_L6.pdf
VRS1090651_L6.pdf
VRS1090661_L6.pdf
VRS1090671_L6.pdf
VRS1090681_L6.pdf
VRS1090691_L6.pdf
VRS1090701_L6.pdf
VRS1090711_L6.pdf
VRS1090721_L6.pdf
VRS1090731_L6.pdf
VRS1090741_L6.pdf
VRS1090751_L6.pdf
VRS1090761_L6.pdf
VRS1090771_L6.pdf
VRS1090781_L6.pdf
VRS1090791_L6.pdf
VRS1090801_L6.pdf
VRS1090811_L6.pdf
VRS1090821_L6.pdf
VRS1090831_L6.pdf
VRS1090841_L6.pdf
VRS1090851_L6.pdf
VRS1090861_L6.pdf
VRS1090871_L6.pdf
VRS1090881_L6.pdf
VRS1090891_L6.pdf
VRS1090901_L6.pdf
VRS1090911_L6.pdf
VRS1090921_L6.pdf
VRS1090931_L6.pdf
VRS1090941_L6.pdf
VRS1090951_L6.pdf
VRS1090961_L6.pdf
VRS1090971_L6.pdf
VRS1090981_L6.pdf
VRS1090991_L6.pdf
VRS1091001_L6.pdf
VRS1091011_L6.pdf
VRS1091021_L6.pdf

VRS1091031_L6.pdf
VRS1091041_L6.pdf
VRS1091051_L6.pdf
VRS1091061_L6.pdf
VRS1091071_L6.pdf
VRS1091081_L6.pdf
VRS1091091_L6.pdf
VRS1091101_L6.pdf
VRS1091111_L6.pdf
VRS1091121_L6.pdf
VRS1091131_L6.pdf
VRS1091141_L6.pdf
VRS1091151_L6.pdf
VRS1091161_L6.pdf
VRS1091171_L6.pdf