

# Image Cover Sheet

**CLASSIFICATION**

**SYSTEM NUMBER**

508293

UNCLASSIFIED



**TITLE**

AEROMAGNETIK UEBER DER LINCOLN-SEE EIN DEUTSCH-KANADISCHES GEMEINSCHAFTSPROJEKT  
IN DER ARKTIS

**System Number:**

**Patron Number:**

**Requester:**

**Notes:**

**DSIS Use only:**

**Deliver to:**



Detlef Damaske  
Franz Tessensohn  
J. Bradley Nelson  
Dave L. Marcotte  
David A. Forsyth

# Aeromagnetik über der Lincoln-See

## Ein deutsch-kanadisches Gemeinschaftsprojekt in der Arktis

### Abstract

An aeromagnetic survey over Northern Greenland and the adjoining Lincoln Sea has been performed in the spring of 1997. This project (PMAP-CASE) is a joint programme of BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) and three Canadian government agencies under the umbrella of the Canadian-German Co-operation in Science and Technology. Closely spaced data were collected over an area of 33000 km<sup>2</sup>. The area flown in this survey is adjacent to the area covered in earlier Canadian surveys. It also links directly with a German project area in northern Greenland. Prime target of the project was to establish a link between offshore magnetic anomalies and structures and an onshore system of volcanic dykes and lavas in North Greenland sampled by CASE 2 for which Cretaceous-Tertiary ages have been determined, and to follow up the anomalies. The second part of the aeromagnetic survey is scheduled for the spring of

1998. The project PMAP-CASE will be completed with surveying the area – adjoining the 1997 survey area – north to the continental margin towards the Lincoln Sea Plateau (which is considered part of the Lomonosov Ridge). PMAP-CASE covers geophysical aspects of questions which are currently investigated in the more geologically oriented co-operative program CASE, which is also outlined in the present paper.

### 1 Einleitung

Im Rahmen der deutsch-kanadischen technisch-wissenschaftlichen Zusammenarbeit wurde im Frühjahr 1997 eine aeromagnetische Befliegung der Lincoln-See durchgeführt, die nordwestlich von Grönland und nordöstlich von Kanada gelegen ist. Am Projekt PMAP-CASE 97 (Polar Margin Aeromagnetic Program – Correlation of Arctic Structural Events) sind die

kanadischen Institute (1) Institute for Aerospace Research (IAR) des National Research Council (NRC), (2) der Geological Survey of Canada (GSC), (3) das Department of National Defence (Esquimalt Research Defence Establishment) (DND) sowie von deutscher Seite die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) beteiligt. Ausgangspunkt der Befliegung war die kanadische Militärlastation Alert auf Ellesmere Island.

Das Messgebiet (Abbildung 1) schließt direkt nördlich an das von der BGR 1994 (CASE 2) untersuchte grönlandische Festland an und liegt benachbart zu einem 1989–1991 von kanadischer Seite (PMAP) aeromagnetisch erfassten Gebiet über der südwestlichen Lincoln-See: Die magnetischen Daten zeigen hier magnetische Signaturen, die auf basaltische vulkanische Quellen zurückgeführt werden. Es wurde vermutet, dass sie mit aufgeschlossenen oder in geringer Tiefe liegenden Gängen in Nordgrönland und Ellesmere Island korreliert werden können.

Primäres Ziel im Projekt PMAP-CASE ist neben dem Anschluss an das CASE Arbeitsgebiet zur Verknüpfung der Offshore-Anomalien mit datierten Ganggesteinen an Land die Verfolgung der magnetischen Anomalien nach Nordosten. Die Befliegung wird über den Schelfrand hinaus bis auf das „Lincoln Sea Plateau“, das als Ausläufer des weitgehend unbekanntem Lomonosov-Rückens im zentralen Arktischen Ozean anzusehen ist, ausgedehnt. Verbreitung und Alter der Vulkanite sowie die strukturellen magnetischen Trends sind von Bedeutung für die Deutung der tektonischen Entwicklung in diesem Teil der Arktis.

### 2 Die aeromagnetischen Vermessung PMAP-CASE 97

In den eisbedeckten Land- und Seegebieten der Polar-Regionen ist die Aero-

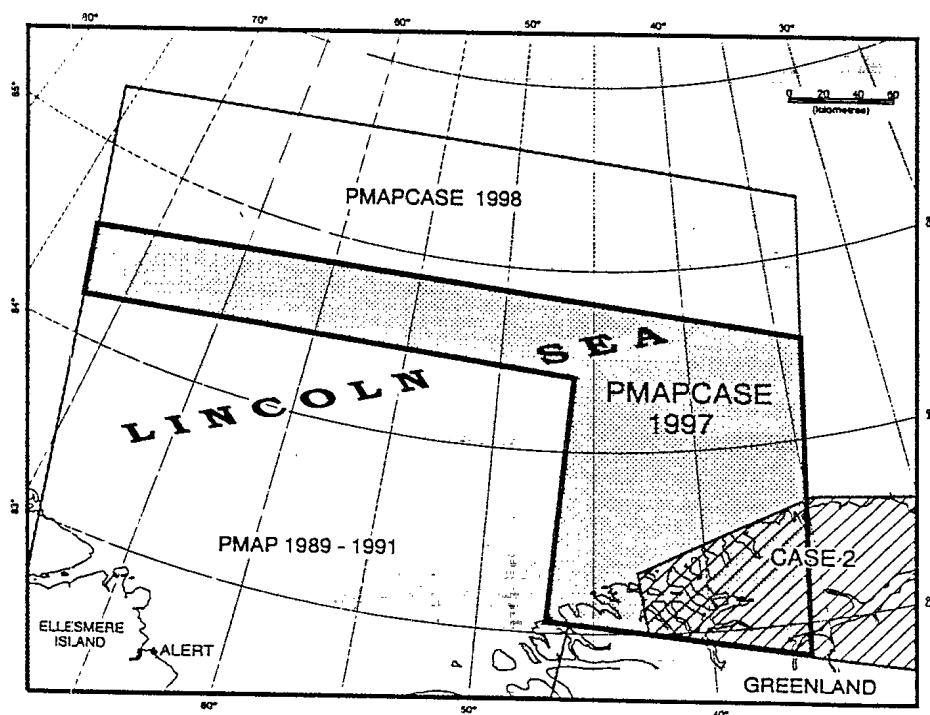


Abb. 1. Lageplan der aeromagnetischen Vermessung PMAP-CASE 1997 und 1998. Arbeitsgebiet der BGR-Geologie in Nordostgrönland CASE 2 und Befliegungsgebiet Aeromagnetik im kanadischen PMAP-Projekt 1989–1991.

magnetik in der Regel die einzige Methode, die flächenhafte Daten über den geologischen Aufbau des Untergrundes liefern kann. Für die aeromagnetische Vermessung im Projekt PMAP-CASE ist die vollständige Erfassung von magnetischen Anomalien und Anomalienmustern von entscheidender Bedeutung. Die Korrelation zwischen magnetischer Signatur und geologischen Einheiten oder Strukturen ist Grundlage für die Interpretation der magnetischen Daten für den schwerzugänglichen, da durchgehend von Eis bedeckten, arktischen Ozean – insbesondere im Abschnitt der Lincoln-See. Der für die Befliegung gewählte enge Abstand von 3 km zwischen den Profillinien und die niedrige Flughöhe von nur 300 m über dem Meereis stellen die Mindestanforderung an die genannte Aufgabe dar. Die Anlage von Kontrolllinien im Abstand von 10:1 im Verhältnis zum Profillinienabstand (also 30 km) macht die flächenhafte Auswertung der Daten verlässlicher.

### 2.1 Messinstrumente und Datenerfassung

Das Aeromagnetik-Messsystem ist in einem kanadischen Messflugzeug des Institute for Aerospace Research (IAR) untergebracht. Die Convair 580 (Abbildung 2) ist mit vier Caesium-Magnetometern bestückt: ein Sensor befindet sich an der rechten Tragfläche, zwei hintereinander angeordnete Sensoren an der linken Tragfläche (Abbildung 3) und ein weiterer Sensor im Heckteil des Flugzeuges.

Neben der Totalintensität des magnetischen Feldes werden die Horizontalgradienten (längs und quer zur Flugzeugachse) sowie der Vertikalgradient (durch geeignete Kombinationen der Sensoren) gewonnen.

Die Navigation erfolgt über ein Novatel-GPS und ein Litton-91-Trägheitsnavigationssystem. Beide Systeme sind so kombiniert, dass genaue Lagekoordinaten (geographische Breite und Länge) im 8-Hz-Takt erhalten werden können (GPS-Daten werden circa jede Sekunde neu vom Satelliten empfangen, dazwischen wird die Position durch das mit dem GPS aufdatierte Trägheitsnavigationssystem berechnet). Die Genauigkeit der Daten wurde durch eine an Land aufgestellte GPS-Referenz-Station noch verbessert.

Sämtliche Messgrößen wurden im 32-Hz-Takt aufgezeichnet und über Bildschirm und Analogschreiber vom

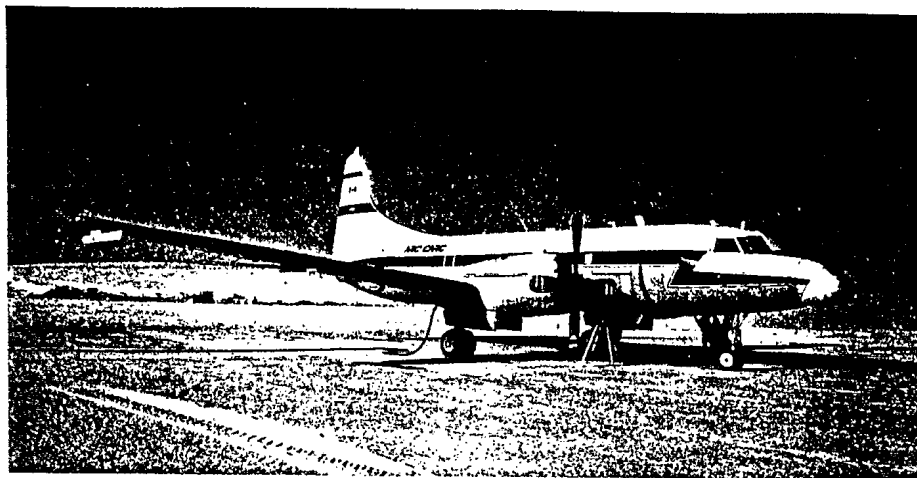


Abb. 2. Betankung der CONVAIR 580 auf dem Flugfeld der kanadischen Militärbasis Alert. Die Convair 580 des Institute of Aerospace Research ist ein speziell für aerogeophysikalische Messflüge ausgerüstetes Turbo-Prop-Flugzeug mit einer Messflugreichweite von etwa 2000 km.

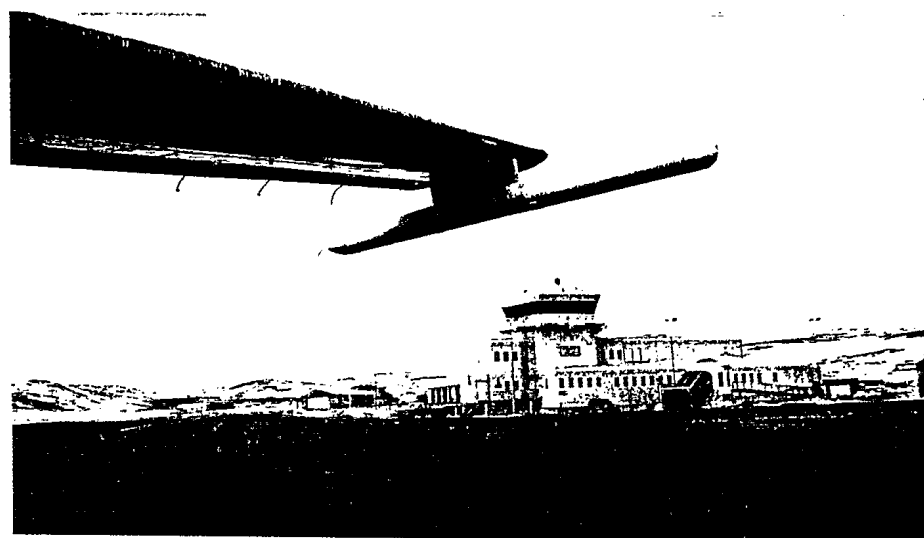


Abb. 3. Stinger für die Magnetfeldsensoren zur Messung des horizontalen Gradienten (längs der Flugzeugachse) an der linken Tragfläche der Convair 580 (Flughafen Iqaluit). Der Horizontalgradient quer zur Flugzeugachse wird mit Hilfe eines weiteren Sensors an der rechten Tragfläche bestimmt. Der Vertikalgradient errechnet sich aus der Kombination mit einem vierten Sensor im Heck des Flugzeuges.

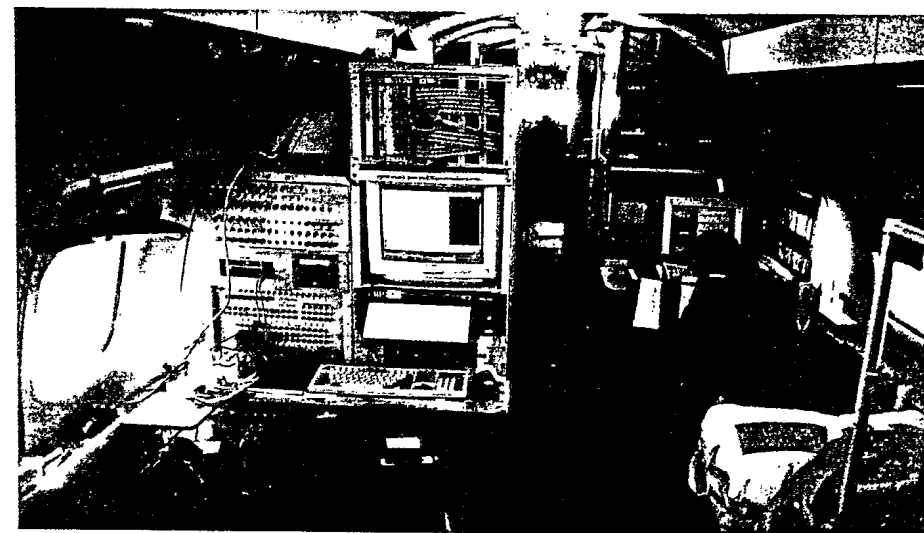


Abb. 4. Datenaufzeichnung und -überprüfung während eines Messfluges an Bord der CONVAIR 580. Die Besatzung während eines Messfluges besteht neben zwei Piloten und einem Flugtechniker aus einem für die Datenkontrolle und den Flugablauf verantwortlichen Geophysiker, einem „wissenschaftlichen“ Navigator und einem Messsystemtechniker.

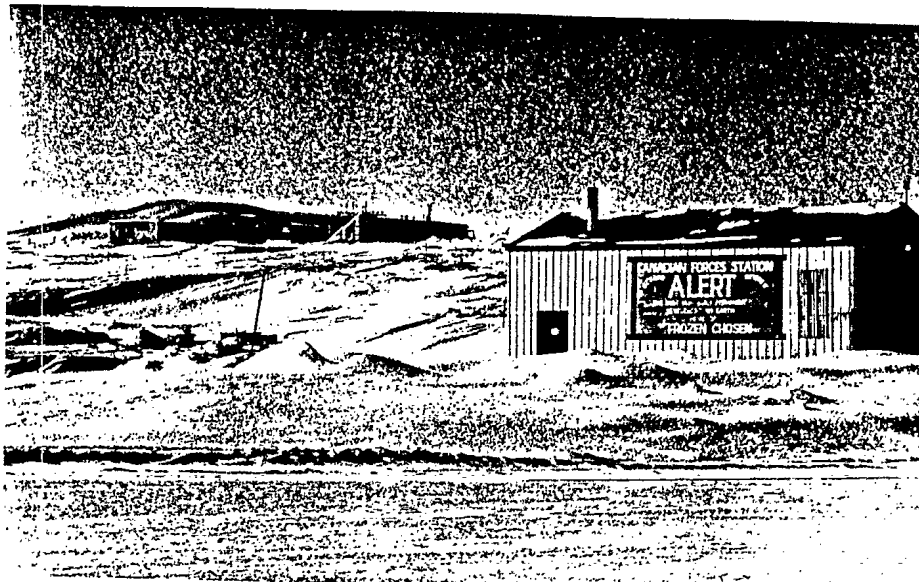


Abb. 5. Canadian Forces Station Alert. Die Station ist die nördlichste Militärbasis der Erde und war Operationsbasis für PMAP-CASE 97 ebenso wie für die früheren kanadischen Aeromagnetikprojekte über der Lincoln-See.

Messflugpersonal kontrolliert (Abbildung 4).

## 2.2 Ablauf der Vermessung

Das Messgebiet über der Lincoln-See stellt durch seine geographische Lage die Logistik des Unternehmens vor besondere Probleme. Der nächstgelegenen zivile, mit Linienmaschinen er-

reichbare Flughafen Resolute Bay in den North West Territories ist über 1000 km entfernt und somit zu weit, um als Basis für die Vermessungen dienen zu können. Lediglich einige Flugpisten mit minimaler flugtechnischer Ausstattung können in der Region benutzt werden oder kommen als Ausweichplatz in Frage.

Eine günstige Operationsbasis bietet die kanadische Militärbasis Alert, die bei  $82^{\circ} 31' N$ ,  $62^{\circ} 19' W$  am Ostende von Ellesmere Island unmittelbar am Polarmeer liegt (Abbildung 5). Neben einer durch den laufenden militärischen Betrieb gut gewarteten Flugpiste mit den dazugehörigen Diensten wie meteorologischer Beratung und Funkverkehr kann hier die gesamte Infrastruktur einer Dauerstation genutzt werden. Dazu gehört auch die Möglichkeit Flugtreibstoff zu erhalten, der nach Absprache für die Befliegung zur Verfügung stand. Dieser Vorgang ist nicht so selbstverständlich, muss doch die Station vollständig aus der Luft versorgt werden.

Der Transfer von Ottawa nach Alert erfolgte im vollständig ausgerüsteten Messflugzeug. Auf dem Flug – mit Zwischenlandung in Iqaluit auf Baffin Island – wurden die Messinstrumente getestet und alle für einem Messflug relevanten Flugparameter überprüft und aufgezeichnet.

Auf diesem Flug wurde gleichzeitig die gesamte während der Messkampagne benötigte Ausrüstung – also neben Ersatzteilen für das Flugzeug auch das Mess-Team und die wissenschaftliche Ausrüstung – nach Alert transportiert.

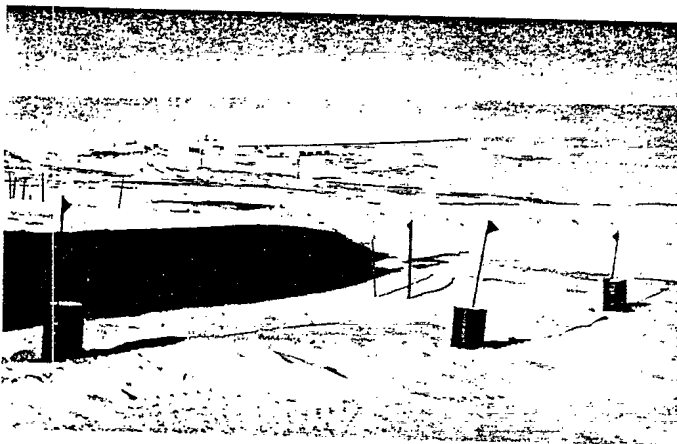


Abb. 6. Flugpiste Alert; Nebelbank über dem unmittelbar hinter der Flugpiste beginnenden Eismeer. Die sich im Frühsommer bildenden offenen Eisrinnen verursachen ausgedehnte Nebelfelder, die häufig auf die tiefgelegenen Küstenregionen der Ellesmere-Insel übergreifen.



Abb. 7. Messflug über Grönland. Die Messungen über dem Gebirgsgebiet waren so angelegt, dass ein möglichst geringer Abstand (aber mindestens 300 m) zum Gelände angestrebt wurde.

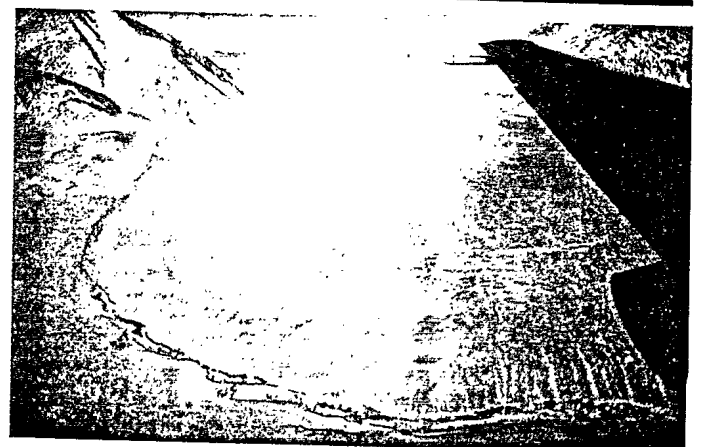


Abb. 8. Messflug über Grönland in niedriger Flughöhe in einem Tal; die Gipfel der den Gletscher flankierenden Berge sind höher als das Flugniveau.

Der Messbetrieb wurde vom kanadischen Militär in dankenswerter Weise unterstützt.

Insgesamt konnten 13 Messflüge innerhalb von 2 Wochen im April/Mai 1997 absolviert werden. In den ersten vier Tagen der Messkampagne wurden jeweils zwei fünfstündige Messflüge durchgeführt. Aufgrund von ungünstigen Wetterbedingungen (Schneesturm, Bodennebel) mussten die Messungen danach unterbrochen werden. Der Nebel bildet sich im arktischen Frühsommer über den offenen Eisrinnen des Polarmeeres und reicht bis an die Küste und oft nur wenige Kilometer (Abbildung 6) ins Landesinnere. Ein Defekt an der Teilstoffanlage des Messflugzeugs verlängerte die Messpause um einige Tage. Das notwendige Ersatzteil musste vom kanadischen Militär eingeflogen werden.

Der Flugbetrieb wurde von nun ab zunehmend von den Nebelbänken behindert, jedoch konnten Vermessung, Datenkontrolle und Vorprocessing fortgesetzt werden. In insgesamt 63,6 Flugstunden wurden 13 000 Profilkilometer über einem Gebiet von rund

33000 km<sup>2</sup> vermessen und stehen der weiteren Verarbeitung zur Verfügung.

### 3 Karte der Totalintensität und erste Ergebnisse

Nach Abschluss der Flugvermessung wurden die Messdaten für die insgesamt 62 Profillinien und 15 Kontrolllinien soweit aufbereitet, dass eine vorläufige Karte der Anomalien der Totalintensität des Magnetfeldes erstellt werden konnte. Die nach dem Ausgleichsverfahren erstellten Karten enthalten einen „statistischen Fehler“ von 4,8 nT für den Bereich über dem Polarmeer und von 10,4 nT für den Gebirgsbereich Grönlands. Der größere „Fehler“ ist auf unterschiedliche Flughöhen an den Kreuzungspunkten von Profil- und Kontrolllinien im Gebirge zurückzuführen, die zur Verfolgung der nordgrönländischen Vulkanite angestrebte niedrige Flughöhe über Grund (Abbildungen 7 und 8) verstärkt die Messwertunterschiede.

In Abbildung 9 ist eine „equal area“-Farbdarstellung gewählt, die kleinräumige Anomalien, die zum Beispiel von

vulkanischen Ganggesteinen verursacht werden, besser hervorhebt.

Die wichtigsten ersten Ergebnisse sind:

- Der größte Teil im Befliegungsgebiet über dem Gebirge Nordgrönlands wird von einem regionalen Minimum dominiert, das mit hohen Sedimentmächtigkeiten am nordgrönländischen Kratonrand zusammenfällt.
- Über dem Küstenbereich von Nordgrönland findet sich eine Vielzahl kleinräumiger Anomalien, die gut mit den bekannten vulkanischen Gesteinen korrelieren. Dieses Anomalienmuster setzt sich offshore (etwa bis 30 km seewärts) nach Nordosten fort, endet dann aber offensichtlich nördlich Kap Washington.
- Weiter seewärts setzt sich küstenparallel ein bereits aus dem südlichen Lincoln Meer bekanntes magnetisches Hoch fort, das (nach [3]) die paläozoische Suture zwischen Pearya-Terrane und Nordamerikanischem Kraton nachzeichnet. Ein NW-SE gerichteter Versatz im ma-

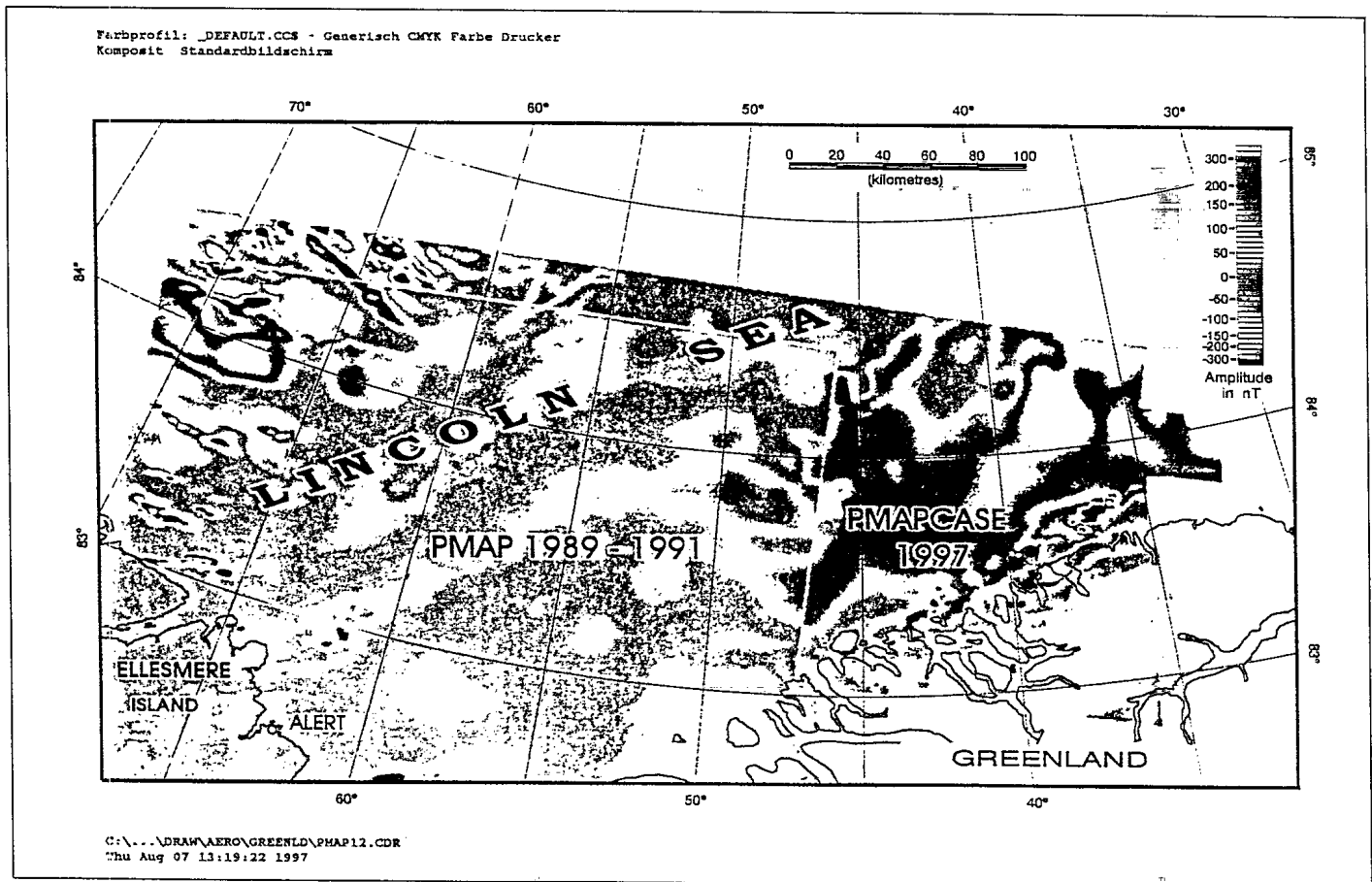


Abb. 9. Anomalien der Totalintensität des Magnetfeldes über der Lincoln-See und Nordgrönland (PMAP-CASE 1997 und PMAP 1989-91). „Equal area“-Farbdarstellung der ausgeglichenen Messwerte.

gnetischen Hoch (Abbildung 9) sowie die östlich davon auftretenden größeren Amplituden machen jedoch eher eine Verbindung mit den kräftigen Anomalien über dem Morris-Jessup-Plateau nördlich von Grönland wahrscheinlich [3].

- Nördlich Ellesmere Island nahe des Übergangs vom Schelf zur Tiefsee findet sich eine Reihe NW-SE gerichteter linearer Anomalien. Sie liegen in Fortsetzung von bereits in den früheren PMAP-Projekten erkannten Anomalien und werden als Ergebnis von Spreizungstektonik in diesem Bereich interpretiert [1, 2].

#### 4. Deutsch-kanadische Kooperation in der Arktis

Mit dem Projekt PMAP-CASE werden aus dem Schelfbereich einer der tektonisch interessantesten Regionen (Grenzgebiet Grönland - Kanada, Nares Strait) Daten gewonnen, die we-

sentlich dazu beitragen werden, die zentralen geodynamischen Probleme des arktischen Ozeans zu verstehen.

Die Zusammenarbeit mit kanadischen Institutionen in der Arktis ist Teil des arktischen Forschungsprogramms CASE der BGR. CASE (Correlation of Arctic Structural Events) entstand als ergänzendes Landprogramm zu den marinen Untersuchungen verschiedener deutscher und internationaler Institute im nördlichen Atlantik und Polarmeer und hatte ursprünglich die Untersuchung der korrespondierenden Kontinentalränder von Spitzbergen (CASE 1) und Nordost-Grönland (CASE 2) zum Ziel. Land-Untersuchungen haben den Vorteil der dreidimensionalen Strukturanalyse und der fossilgestützten Altersdatierung der Sedimente. Aufgrund der ersten Ergebnisse dieses Vergleichs hat sich das Programm inzwischen auf andere Regionen am Rande des Arktischen Ozeans ausgedehnt, u. a. nach Kanada (El-

lesmere Island). Das hat folgende Gründe:

Der Arktische Ozean ist eines der interessantesten geodynamischen Systeme auf der Erde (Abbildung 10). Zum einen setzt sich im eurasischen Teil das nordatlantische Spreizungssystem zwischen russischem Kontinentalschelf und Lomonosov-Rücken fort, um dann im Laptev-Meer auf den sibirischen Schelf zu treffen. Dort gliedert sich das System in mehrere Riftbecken auf und setzt sich in den Kontinent hinein in Form seismisch aktiver Zonen fort. Die weitere Verbindung dieser Plattengrenze in Richtung Pazifik ist noch unklar und umstritten.

Hauptelement des westlichen Teils des Arktischen Ozeans ist das problematische „tiefe Loch“ des ozeanischen Kanada-Beckens. Vergleichbare Elemente unklarer Genese sind an anderer Stelle das Schwarze Meer und der ozeanische Teil des Golfs von Mexiko.

Zwischen Kanada-Becken und Eurasischem Becken liegen als weitere Problem-Elemente der tiefe Alpha-Rücken und das Makarow-Becken. Die meisten dieser Strukturen treffen senkrecht auf den kanadisch-grönländischen Kontinentalrand. Auf diesem Kontinentalrand findet man nun überraschenderweise einen kompressiven Falten-gürtel, der zeitgleich mit der Öffnung der arktischen Ozeanbecken entstand. Dieser Gürtel erstreckt sich von West-Spitzbergen nach Nordost-Grönland, zwei Regionen, die ursprünglich benachbart waren. Der Falten-gürtel setzt sich dann durch Ellesmere Island hindurch in das arktische Kanada hinein fort (Eureka Orogen). Die Verfolgung und Analyse der Strukturen dieses Falten-gürtels und seines Zusammenhangs mit der Entstehungsgeschichte des Arktischen Ozeans wurde von CASE zunächst in Spitzbergen in Zusammenarbeit mit dem Norsk Polarinstitut Norwegens, dann in Nordost-Grönland in Kooperation mit dem damaligen Grönländischen Geologischen Dienst (jetzt GEUS) Dänemarks durchgeführt. Eine ähnliche Zusammenarbeit läuft jetzt mit dem Geologischen Dienst von Kanada (GSC) an. Die wechselseitigen Interessen, lokale Landesaufnahme durch den GSC und Verfolgung übergeordneter arktischer Fragestellungen durch CASE, ergänzen sich dabei. Die Expeditionskosten werden gemeinsam getragen.

Bei den geplanten Arbeiten im östlichen Ellesmere Island geht es neben

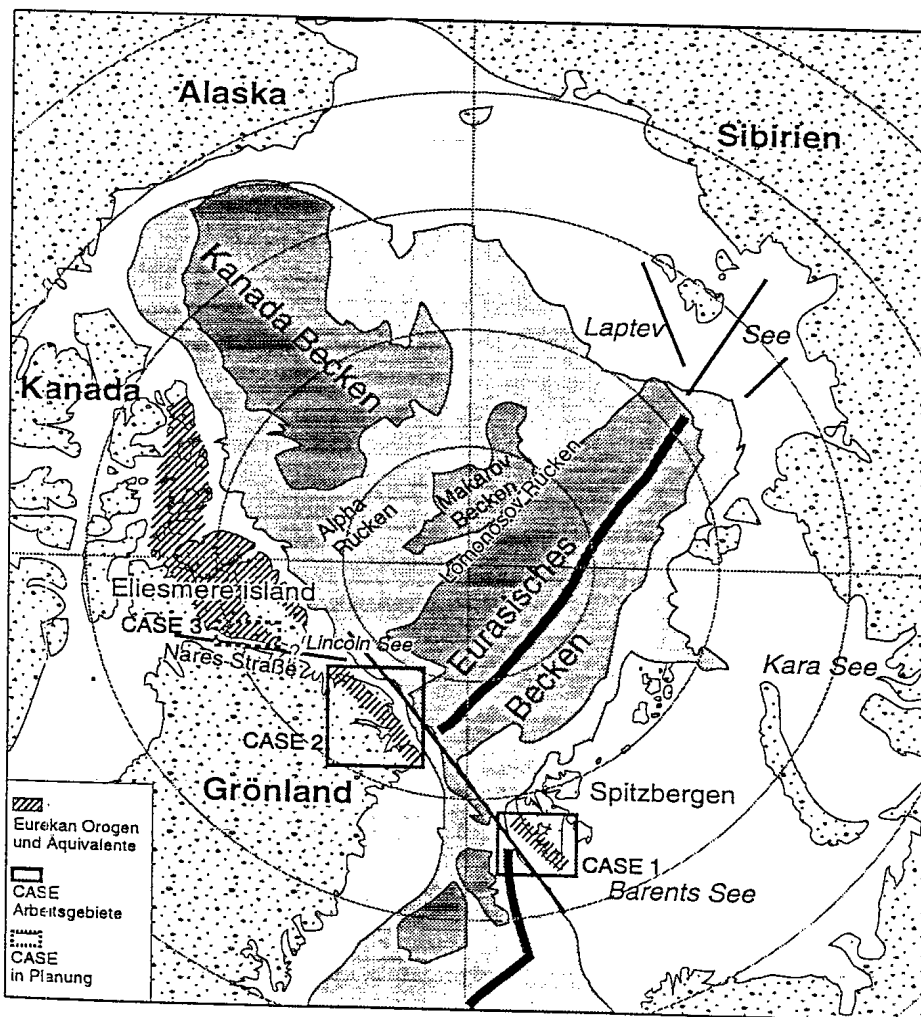


Abb. 10. Geodynamischer Rahmen für die CASE- und PMAP-CASE-Projekte. Die Übersichtsskizze zeigt die Lage der Lincoln-See und der CASE-Arbeitsgebiete in Bezug auf die wichtigsten plattentektonischen Elemente des Arktischen Ozeans und des Eureka-Falten-gürtels von Spitzbergen, Nord-Grönland und Kanada.

der Analyse des Faltengürtels noch um ein zweites wichtiges Problem. Welche Funktion hat die Nares Straße zwischen Grönland und Kanada. Gibt es hier eine ähnliche große Blatt-Verschiebung wie zwischen Grönland und Spitzbergen? Diese Frage hat auch Bedeutung für die Kohlenwasserstoff-Exploration vor West-Grönland (Kane-Becken). Argumente zu dieser Frage werden sowohl von der aeromagnetischen Befliegung der Lincoln-See, wo diese Störung angetroffen werden müsste, als auch von strukturgeologischen Analysen der benachbarten Ellesmere-Küste erhofft.

## 5 Ausblick

Entsprechend den Kooperationsvereinbarungen im PMAP-CASE-Projekt wurden die Original- und die prozessierten Daten unter den beteiligten Institutionen ausgetauscht. BGR, IAR (NRC), DND und GSC sind somit im Besitz von identischen Datensätzen, so dass sowohl jede Institution für sich allein aber auch gemeinschaftlich weitere Auswerteschritte unternehmen kann.

Die PMAP-CASE-97-Ergebnisse sind als Poster bei der IAGA-Tagung in Uppsala im August 1997 vorgestellt worden. Hierfür sind die neuen Daten mit den älteren PMAP-Daten aus den Jahren 1989–91 (über der südwestli-

chen Lincoln-See [4], vgl. Abbildung 9) zusammengeführt und eine einheitliche Karte der Anomalien des magnetischen Totfeldes hergestellt worden. Weitere gemeinschaftliche Veröffentlichungen in nordamerikanischen und europäischen Fachzeitschriften sind geplant.

Für das kommende Frühjahr ist der zweite Teil des Befliegungsprogramms vorgesehen. Anschließend an das jetzt beflogene Gebiet soll das Projekt PMAP-CASE mit der Vermessung des Bereichs nördlich des Kontinentalhanges bis zum Lincoln-See-Plateau (das als Ausläufer des Lomonosov-Rückens angesehen wird) abgeschlossen werden.

Im kommenden Sommer beginnen auch struktur-geologische Feldarbeiten an der Nares Strait in Zusammenarbeit mit dem Geologischen Dienst von Kanada (CASE 3, Abbildung 10). In drei Sommerkampagnen werden neben der Erstkartierung dieses Gebiets (GSC) strukturgeologische und vulkanologische Fragen im Zusammenhang mit der vermuteten Funktion der Nares Strait als Blattverschiebung zwischen Grönland und Kanada verfolgt.

## Literatur

[1] D. Forsyth, M. Argyle, A. Okulitch, H. P. Trettin: New seismic, magnetic and gravity constraints on the crustal structure of the Lincoln Sea continent-ocean transition;

Canadian Journal of Earth Science 31 (1994) 905–918.

[2] D. Forsyth, P. Keating, M. Pilkington, A. Okulitch: Lincoln Sea: tectonic segments, an incipient rift from Greenland, a possible suture for Pearya and new constraints on Greenland-Ellesmere Island evolution; Contribution of the Geological Survey of Canada (in press).

[3] R. Macnab, J. Verhoef, W. Roest, J. Arkani-Hamed: New Database Documents the Magnetic Character of the Arctic and North Atlantic; EOS, Transactions American Geophysical Union 76 (1995) 449–458.

[4] B. Nelson, D. Hardwick, D. Forsyth, M. Bower, D. Marcotte, M. MacPherson, R. Macnab, D. Teskey: Preliminary analysis of data from the Lincoln Sea aeromagnetic surveys 1989–1990. Current Research, Part B, Geological Survey of Canada (1991) 15–21.

## Anschriften der Verfasser:

Dr. Detlef Damaske, Dr. Franz Tessensohn, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Stilleweg 2, D-30655 Hannover.

Dr. J. Bradley Nelson, Department of National Defence, Esquimault Defence Research Detachment, PO Box 17000 STN FORCES, Victoria, British Columbia V9A 7N2, Canada.

Dr. Dave L. Marcotte, Institute for Aerospace Research, Flight Research Laboratory, Uplands, Building U-61, Ottawa, Ontario K1A 0R6, Canada.

Dr. David A. Forsyth, Geological Survey of Canada, 1 Observatory Crescent, Ottawa, Ontario K1A 0Y3, Canada.



#508293