

DERA Rohstoffinformationen



Das mineralische
Rohstoffpotenzial
Grönlands



DERA Rohstoffinformationen

Das mineralische Rohstoffpotenzial Grönlands

Hannover, Dezember 2010

Anschrift: Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
Stilleweg 2
30655 Hannover

Telefon: (0511) 643 – 2347
Telefax: (0511) 643 – 3661
E-Mail: kontaktbuero-rohstoffe@bgr.de

Autor: Harald Elsner
Fachbeiträge: Andreas Läufer und Jürgen Vasters
Layout: Christine Hemme
Redaktion: Elke Westphale
Titelfotos: Geological Survey of Denmark and Greenland, Uwe Schäffer (BGR)
Stand: Dezember 2010

1 Inhalt

1	Vorwort	6
2	Einleitung	7
3	Geographie und Klima	9
4	Bergbau und Umwelt	10
4.1	Historischer Bergbau	10
4.2	Umweltbelastungen	10
5	Geologie und Metallogenie	12
6	Das mineralische Rohstoffpotenzial	17
6.1	Metalle	17
6.1.1	Gold	17
6.1.2	Platingruppenmetalle (PGM)	22
6.1.3	Eisen	23
6.1.4	Blei, Zink und Silber	24
6.1.5	Kupfer	37
6.1.6	Molybdän	42
6.1.7	Wolfram und Beryllium	45
6.1.8	Zinn	50
6.1.9	Wismut	50
6.1.10	Niob und Tantal	51
6.1.11	Seltene Erden	53
6.1.12	Chrom	54
6.1.13	Nickel	55
6.1.14	Uran	57
6.2	Industriemineralien	61
6.2.1	Kryolith	61
6.2.2	Fluorit	62
6.2.3	Baryt	63
6.2.4	Coelestin	65
6.2.5	Graphit	65
6.2.6	Olivin	66
6.2.7	Phlogopit	67
6.2.8	Schwerminerale und Zirkon	67
6.3	Edel-, Schmuck- und Naturwerksteine	71
6.3.1	Diamant	71
6.3.2	Farbedel- und Schmucksteine	72
6.3.3	Naturwerksteine	74
6.4	Zusammenfassung und Bewertung	77
7	Literatur	78

1 Vorwort

„Jagd auf Rohstoffe: Wem gehört die Arktis?“, „Rohstoffe: Arktis heiß umstritten“, „Arktis: Rennen um Rohstoffe“, „Arktis: Der Kampf um die eisige Schatzkammer“, „Kalter Krieg um Rohstoff-Schätze in der Arktis“. Diese und ähnliche Schlagzeilen fanden sich in den letzten Jahren in führenden deutschen Zeitungen und Zeitschriften. Doch trotz aller reißerischen Schlagzeilen: Fast nie vergaßen die Autoren in ihren Artikeln zu bemerken, dass eigentlich gar nicht so recht bekannt ist, welche und vor allem welche Mengen an Rohstoffen in der Arktis überhaupt lagern.

Die Deutsche Rohstoffagentur in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), eine obere Bundesbehörde im Zuständigkeitsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi), will zur Klärung dieser Frage sachlich beitragen. Sie hat hierzu in mehreren Studien zusammengetragen, welche mineralischen Rohstoffe in der Arktis derzeit bekannt sind und wie hoch das Rohstoffpotenzial in einzelnen Teilregionen der Arktis zu bewerten ist.

Als Teilregionen wurden untersucht:

- Grönland
- Nordskandinavien (inkl. Spitzbergen, Island und die Kola-Halbinsel)
- Nordamerika
- Nordsibirien

Für eine Rohstoffgewinnung in der Arktis müssen Bergbaufirmen nicht nur die weltweit geltenden lagerstättenspezifischen Mindestanforderungen an neue Rohstoffprojekte sondern auch die sehr schwierigen klimatischen Verhältnisse, die größtenteils nicht vorhandene Infrastruktur sowie die extrem hohen Genehmigungsanforderungen aufgrund der hohen ökologischen Sensibilität des arktischen Lebensraums

in ihren Investitionsentscheidungen berücksichtigen.

Die Gewinnung von Rohstoffen in der Arktis wird daher auch in Zukunft die Ausnahme und nicht die Regel sein.

Danksagung

Die BGR ist dem Geologischen Dienst von Dänemark und Grönland – GEUS – zu Dank verpflichtet, der nicht nur Informationen und Abbildungen für diese Teilstudie zur Verfügung stellte, sondern auch einen ersten Entwurf sehr sorgfältig korrigierte.

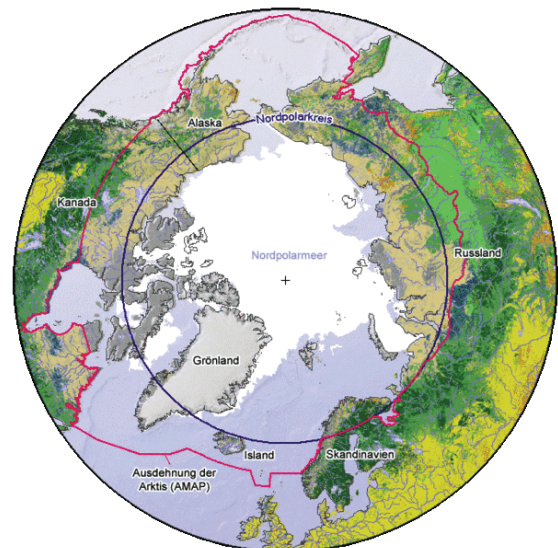


Abb. 1-1: Die Ausdehnung der Arktis. Schwarze Linie = Polarkreis, Rote Linie = Definition der Arktis nach Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Quelle: WIKIPEDIA.

2 Einleitung

Grönland, die größte Insel der Erde, ist in ihrem Inneren weitflächig von mächtigem Inlandeis bedeckt. Seit Ende der Kleinen Eiszeit, ca. 1350 – 1880, ist der eisfreie Küstenstreifen jedoch in einigen Regionen bis auf 300 km Breite angewachsen. Unterstützt durch die derzeitige Klimaerwärmung haben sich die Lebensbedingungen in Grönland derart verbessert, dass nicht nur an eine verstärkte Erforschung des geologischen Untergrundes sondern auch an eine intensivere Nutzung des Mineralpotenzials zu denken ist.

Nicht nur für die Rohstoff hungrigen Industrien Europas und Nordamerikas bieten sich im zugänglicher werdenden Grönland Chancen, sondern auch für die grönländische Bevölkerung. Im Jahr 1921 erklärte Dänemark die Oberhoheit über Grönland und betrachtete es bis zum Inkrafttreten des neuen dänischen Grundgesetzes im Jahr 1953 praktisch als dänische Kolonie.

Ab 1955 bis 1987 wurde Grönland durch ein eigenes Grönlandministerium betreut. Nach dem Beitritt Dänemarks (mit Grönland) zur Europäischen Gemeinschaft 1973 verschärfte sich der Wunsch nach Autonomie. Bei einer Volksabstimmung im Jahr 1972 hatten zuvor lediglich 3.905 Grönländer für den Beitritt, jedoch 9.386 dagegen gestimmt. In der Folge wurde 1975 eine paritätisch besetzte grönländisch-dänische Kommission gebildet, die ein Autonomiegesetz nach dem Vorbild der Färöer ausarbeiten sollte. Im Ergebnis der Verhandlungen dieser Kommission wurde 1978 ein entsprechendes Gesetz vom dänischen Parlament verabschiedet. Bei der darauf folgenden Volksabstimmung in Grönland zu Beginn des Jahres 1979 sprach sich die große Mehrheit der Grönländer für dieses Autonomiegesetz aus. Wenige Monate später erlangte Grönland schließlich seine Selbstverwaltung sowie die innere Autonomie mit eigenem Parlament und eigener Regierung. Aufgrund der Zugehörigkeit zu Dänemark war Grönland nun jedoch ebenfalls Mitglied



Abb. 2-1: Exploration auf Grönland (Kvanefjeld Plateau)
Foto: GREENLAND MINERALS AND ENERGY LTD.

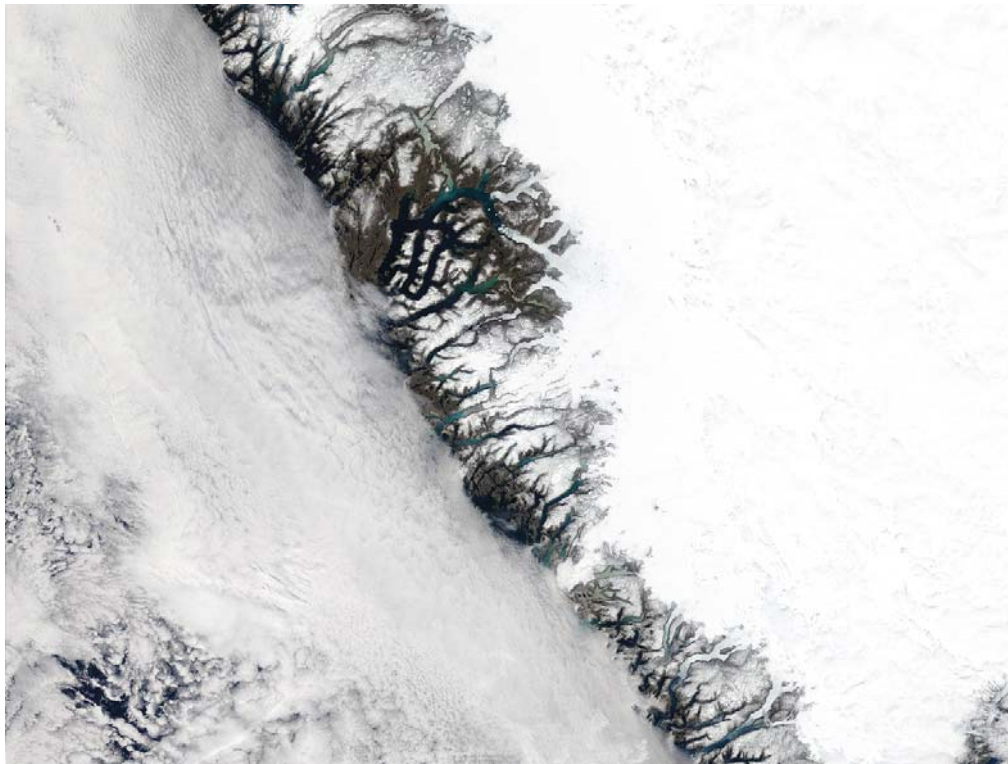


Abb. 2-2: Satellitenaufnahme der Westküste Grönlands, Foto: NASA.

der EG. Dies hatte zur Folge, dass europäische Hochseefloten in den Gewässern Grönlands fischen und europäische Konzerne auf Grönland nach Bodenschätzen suchen konnten. Dagegen entwickelte sich eine Volksbewegung mit dem Ziel, die Mitgliedschaft in der EG zu beenden. 1982 kam es zu einer Volksabstimmung über den Austritt, der mit Beginn des Jahres 1985 auch vollzogen wurde. Grönland genießt in der EU allerdings weiterhin den Status eines assoziierten überseeischen Landes mit den Vorteilen einer Zollunion.

Gegenwärtig wird besonders durch die Erschließung von Rohstoffen versucht, sich wirtschaftlich weiter von Dänemark zu lösen. Die Regierungsparteien streben eine vollständige Unabhängigkeit an. Ende 2008 fand eine Volksabstimmung über das Gesetz zur Selbstverwaltung statt. Eine große Mehrheit von 75,5 % stimmte für das Gesetz. Dieses Gesetz, das als weiterer Schritt hin zur Unabhängigkeit von Dänemark gewertet wird, regelt unter anderem

die Übernahme verschiedener Verwaltungseinheiten von Dänemark und die Eigentumsrechte an Bodenschätzen. Im Juni 2009 trat ein Abkommen zur erweiterten Autonomie in Kraft, das Grönland noch ein weiteres Stück unabhängiger von Dänemark macht. Nur noch Außen- und Verteidigungspolitik verbleiben in dänischer Verantwortung. Grönländisch, die Sprache der einheimischen Inuit, wird Landessprache; die grönländische Regierung übernimmt unter anderem die Zuständigkeiten für Polizei, Justiz und den Küstenschutz; die dänische Königin Margarethe bleibt formelles Staatsoberhaupt Grönlands.

Die verstärkte Nutzung des heimischen Rohstoffpotenzials ist also ein Wunsch vieler Grönländer und soll die zukünftige Autonomie finanzieren. Auf der anderen Seite steht das ebenfalls berechtigte Interesse der einheimischen Bevölkerung und natürlich des Restes der Welt das hochsensible und einmalige Ökosystem der grönländischen Arktis unbedingt zu schützen

und zu erhalten. Die ersten größeren Bergbauaktivitäten Mitte des 20. Jh. in Grönland haben diesbezüglich bereits Spuren hinterlassen und zu Umweltschäden geführt. Dass es jedoch auch anders geht, zeigen die im letzten Jahrzehnt und gegenwärtig in Grönland tätigen Gewinnungsbetriebe. Es ist zu erwarten, dass nicht nur die Gesetze der grönländischen Regierung sondern auch der Druck der weltweit tätigen Umweltschutzorganisationen die auf Grönland tätigen Bergbaukonzerne dazu bewegen wird, auch zukünftig mit der grönländischen Flora und Fauna sehr behutsam umzugehen.

3 Geographie und Klima

Grönland ist mit einer Fläche von 2.166.086 m² die größte Insel der Erde und erstreckt sich von Kap Farvel im Süden bei 59° 46' nördlicher Breite bis zur Kaffeclubben-Insel im Norden bei 83° 40' nördlicher Breite. Mit einer Längserstreckung von 2.600 km, der größten Breite von etwa 1.000 km und einer Entfernung von nur etwa 710 km zwischen seiner Nordküste

und dem Nordpol stellt Grönland die diesem am nächsten gelegene größere zusammenhängende Landmasse dar. Es ist umgeben von dem Arktischen Ozean mit der Lincolnsee und der Naresstraße im Norden, von der Grönland- und Irmingersee mit der Dänemarkstraße im Osten, der Davisstraße und der Baffinbai im Westen. Die das Festlandsgebiet Grönlands umgebenden Kontinental-schelfe können als direkte Fortsetzung der Landgebiete betrachtet werden.

Grönland stellt die einzige Landmasse der Arktis dar, welche über einen größeren zusammenhängenden Eisschild verfügt. Heute sind nur vier Fünftel der Gesamtfläche Grönlands eisbedeckt (etwa 1.755.000 km²), wobei mit über 3.230 m die zweitgrößten Eismächtigkeiten der Erde nach der Antarktis erreicht werden. Die Höhe des Inlandeises nimmt vom Rand, wo der Felsuntergrund in Form von Nunatakkern wie Inseln aus dem Eis heraus ragt, kontinuierlich bis in den zentralen Bereich zu; die durchschnittliche Höhe liegt bei etwa 2.100 m über dem Meeresspiegel. Die inneren Bereiche des Inlandeises lie-



Abb. 3-1: Berge und Gletscher im südöstlichen Grönland, Foto: BGR.

gen auf einer schüsselartigen Eintiefung des Grundgebirges, dessen tiefste Bereiche sich mehrere 100 m unter dem Meeresspiegel befinden. Die bis zu 300 km breiten Küstenstreifen sind weitgehend eisfrei und werden von einer von Süden nach Norden stark abnehmenden Tundravegetation geprägt. Insgesamt umfassen die eisfreien Gebiete Grönlands etwa 410.000 km², während die Wirtschaftszone auf dem grönländischen Kontinentalschelf ungefähr 825.000 m² abdeckt.

Im Unterschied zu den östlich gelegenen Färöerinseln oder Island liegt Grönland außerhalb des direkten Einflusses des Golfstroms. Allerdings wird die Westküste durch den im Gegensatz zum Ostgrönlandstrom relativ warmen Westgrönlandstrom beeinflusst, welcher über den Nordatlantikstrom und den Golfstrom genährt wird; dadurch bleibt die Westküste Grönlands weitgehend eisfrei.

Ansonsten befindet sich Grönland im Bereich polaren bis subpolaren kontinentalen Klimas, welches im Wesentlichen durch die permanente grönländische Inlandeisbedeckung beeinflusst wird. Dies führt zu mittleren Sommertemperaturen von $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ im Norden bis zu $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ im Süden, während im Winter insbesondere auf dem Inlandeis mitunter extreme Temperaturen von -50 bis $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ erreicht werden können.

Die Landschaftsformen in den eisfreien Regionen Grönlands werden generell durch die Geologie und die den Untergrund umformenden Abtragungsprozesse beeinflusst. Die heutige Morphologie ist vielgestaltig und reicht von Küstenebenen bis hin zu einer alpinen Topographie mit Höhen von über 3.000 m und dem Gunnbjørn Fjeld als Grönlands höchste Erhebung (3.693 m). Der Norden Grönlands ist typischerweise geprägt durch eine durch weiche Sedimentgesteine bedingte sanfte Morpho-

logie, während die Grundgebirgsgebiete Westgrönlands wie auch im zentralen Ostgrönland ausgedehnte Gebirgsregionen mit z. T. tief eingeschnittenen Tälern darstellen. Viele der grönländischen Landschaften werden durch eine flach liegende alte Erosionsoberfläche in den Gipfelregionen der Berge geprägt. Diese stellt das Relikt einer ehemaligen breiten Flussebene dar, welche infolge intensiver Hebungsprozesse im Wesentlichen während der letzten etwa 35 Millionen Jahren in seine gegenwärtige Position gebracht worden ist.

4 Bergbau und Umwelt

4.1 Historischer Bergbau

Trotz der Abgeschiedenheit und schlechten Infrastruktur, den unwirtschaftlichen Klimaverhältnissen und des unzureichenden Exploitationsgrades haben die Minerallagerstätten Grönlands schon früh das Interesse von Investoren geweckt, so dass bereits zahlreiche Lagerstätten abgebaut wurden (SECHER & BURCHARDT 2000, HENRIKSEN 2008). Einzelheiten zum historischen Bergbau sind der Tab. 4-1 zu entnehmen. Bis Ende 2010 ist nur noch der Olivinsteinbruch Seqi in Produktion, jedoch wird der Aufschluss weiterer bzw. die Wiedereröffnung schon teils abgebauter Lagerstätten intensiv geprüft.

4.2 Umweltbelastungen

Umweltauswirkungen des Bergbaus in Grönland sind aus den bereits geschlossenen Bergwerksbetrieben Black Angel bei Maarmorilik (Pb-Zn-Gewinnung), Blyklippen bei Mestersvig (Pb-Zn-Gewinnung) (beide s. Teilkapitel 6.1.4) und Ivittut (Sulfide als Beiprodukte des Kryolithabbaus) (s. Teilkapitel 6.2.1) bekannt und betreffen vor allem die Belastung des Meerwassers mit Schwermetallen, die durch ins

Tab. 4-1: Übersicht über den historischen und derzeitigen kommerziellen Bergbau in Grönland (ohne Baurohstoffe). kt = 1.000 t, Mt = Mio. t.

Lagerstätte	Mineral	Abbaubeginn	Abbauende	Produktion
Innatsiaq Lillian Mine Josva Mine	Kupfer	1852 1905 (1904?/1907?)	1856 1914 1915	2.252 t Erz @ 3,5 % Cu bzw. 60 t Cu, 50 kg Ag, 0,5 kg Au
Julianehåb Frederik VII. Mine	Kupfer	1851 1905 1912		15 t Erz @ 5,4 % Cu
Amitsoq	Graphit	1911 (1915?)	1922 (1924/5?)	6 kt Erz @ 21,5 % Gra- phit
Utoqqaat	Graphit	1914		
Qaarsut	Graphit	1850		
Akuliaruseq	Graphit	1903 1912 1918		
Langø	Graphit	1845 1905 1915		
Qaarsuarsuk	Kohle	1905	1924	
Qullisat	Kohle	1924	1972	570 kt Kohle
Appat	Marmor	1936 1967	1940 1970	
Maarmorilik Umanak	Marmor	1936 1967 (1968?)	1940 1972	8.000 t 4.000 t
Maarmorilik Black Angel	Blei-Zink-Silber	1973	1990	11,2 Mt Erz bzw. 1,4 Mt Zn, 0,4 Mt Pb, 250 t Ag
Mestersvig	Blei-Zink	1956	1962	544.600 t Erz bzw. 58.500 t Pb-Konz. @ 82,7 % Pb sowie 74.600 t Zn-Konz. @ 63,7 % Zn
Ivittuut	Bleiglanz	1854	1855	3,7 Mt Erz @ 58 % Kryolith
	Kryolith (Zink- blende, Bleiglanz, Siderit, Fluorit)	(1856?) 1859	1987	9.000 t Bleiglanz
Nalunaq	Gold	2004	2008	520 kt Erz bzw. 270.000 oz Au
Seqi	Olivin	2005	2010	

Meer verkippte Aufbereitungsschlämme, Bergematerial sowie Konzentratverluste bei der Verladung auf Schiffe verursacht wurden (THOMASSEN 2003, 2005b). Durch Lösungsvorgänge aus den Mineralen werden hier vor allem die Elemente Blei, Zink und Cadmium freigesetzt. Zumindest Blei und Cadmium sind für ihre schädlichen Wirkungen auf Pflanzen, Tiere und Menschen bekannt. Die Gesamtmenge an fein-

und grobkörnigen Bergbauabgängen aus den bisherigen Bergbauaktivitäten in Grönland wird auf rd. 15 Mio. t geschätzt. Im Vergleich hierzu produziert alleine der chilenische Kupferbergbau jährlich 400 Mio. t Aufbereitungsabgänge.

Die Hauptquelle für die Wasser- und Bodenverunreinigung mit Schwermetallen am Bergwerk Blyklippen ist ein insta-

biler Schlammteich, der landseitig in der Nähe der damaligen Aufbereitung angelegt wurde. Die Belastung des küstennahen Meeres in der Umgebung der Bergbaugelände manifestiert sich auch in der langfristig dokumentierten Schwermetallaufnahme von Meerestieren und -pflanzen. Obwohl die Bergbauaktivitäten schon Jahrzehnte zurückliegen, konnte durch das kontinuierliche Monitoring der Wasserqualität und Bioindikatoren bisher nur teilweise ein Rückgang der Schwermetallbelastungen nachgewiesen werden.

Erhöhte Umweltauswirkungen des derzeit gestundeten Goldbergbaus Nalunaq (s. Teilkapitel 6.1.1) sind dagegen nicht zu erwarten, da der Gangerzkörper unter Tage mit selektiven Abbauverfahren gewonnen wurde und somit die Abraumphalde im Vergleich zu den Halden aus dem Blei- und Zinkerzbergbau ein wesentlich geringeres Volumen aufweist. Eine Belastung durch Aufbereitungsschlämme ist ebenfalls nicht zu befürchten, da die Erzaufbereitung nicht vor Ort stattfand. Das Golderz wurde zur Lohnaufbereitung zuerst nach Spanien und dann nach Kanada verschifft.

Die Biodiversität in Grönland ist aufgrund der Umweltbedingungen eher als gering anzusehen. Diese Umweltbedingungen bewirken aber auch eine niedrige Toleranzschwelle des Ökosystems gegenüber äußeren Einflüssen. Dank der ganzjährig herrschenden Kälte an der Landoberfläche sind zudem die Lebensbedingungen für *Thiobacillus ferrooxidans* und weitere Sauerwasser generierende und Schwermetalle mobilisierende Organismen eher als schlecht anzusehen, und damit auch das Sauerwasserbildungspotential als untergeordnet. Geringe Aktivitäten von *Thiobacillus ferrooxidans* wurden bei 0 °C im Bereich der Citronen-Fjord-Lagerstätte nachgewiesen.

Vor der Aufnahme jeglicher Bergbauaktivitäten in Grönland ist aufgrund der fragilen Biosysteme eine genaue Bewertung der Projektwirkungen auf Flora, Fauna und Biodiversität sowie eine Einschätzung der Folgen für die benachbarten indigenen Kommunen erforderlich.

Von einer dauerhaften Beeinträchtigung des Landschaftsbilds in Grönland muss nicht ausgegangen werden, da bisher der Rückbau der Tagesanlagen, Camps und Infrastruktur nach Beendigung der Bergwerksbetriebe vorbildlich erfolgte.

5 Geologie und Metallogenie

Die wichtigsten geologischen Einheiten Grönlands umfassen einen archaischen Kraton in Südgrönland, frühproterozoische Falteingürtel, paläozoische Falteingürtel in Süd-, Nord- und Ostgrönland sowie große Flächen in West- und Ostgrönland, die, ähnlich Island, durch tertiäre Flutbasalte bedeckt sind.

Ungefähr die Hälfte des eisfreien Gebietes Grönlands besteht aus einem Kraton archaischen und proterozoischen Alters. Archaische Gesteine sind an den Küsten Südwest- und Südostgrönlands aufgeschlossen. Gebiete innerhalb dieses Kratons beinhalten einige der ältesten Gesteine der Erde (3,8 – 3,6 Ga). Der dort liegende Nordatlantische Kraton bildete sich vor 2,75 – 2,65 Ga durch die Akkretion verschiedener Terranes unterschiedlicher Herkunft und Genese. Zu den Lagerstätten innerhalb dieses Kratons gehören die bereits 1962 entdeckte Isua Eisenerzlagerstätte und die Chrom-PGM-Lagerstätten von Fiskensæset. Nördlich des Nordatlantischen Kratons schließen sich die proterozoischen Nagssugtoqidian (1,87 Ga) und Rinkian (Ga) Falteingürtel an, in die noch die kleine archaische Burwell Provinz

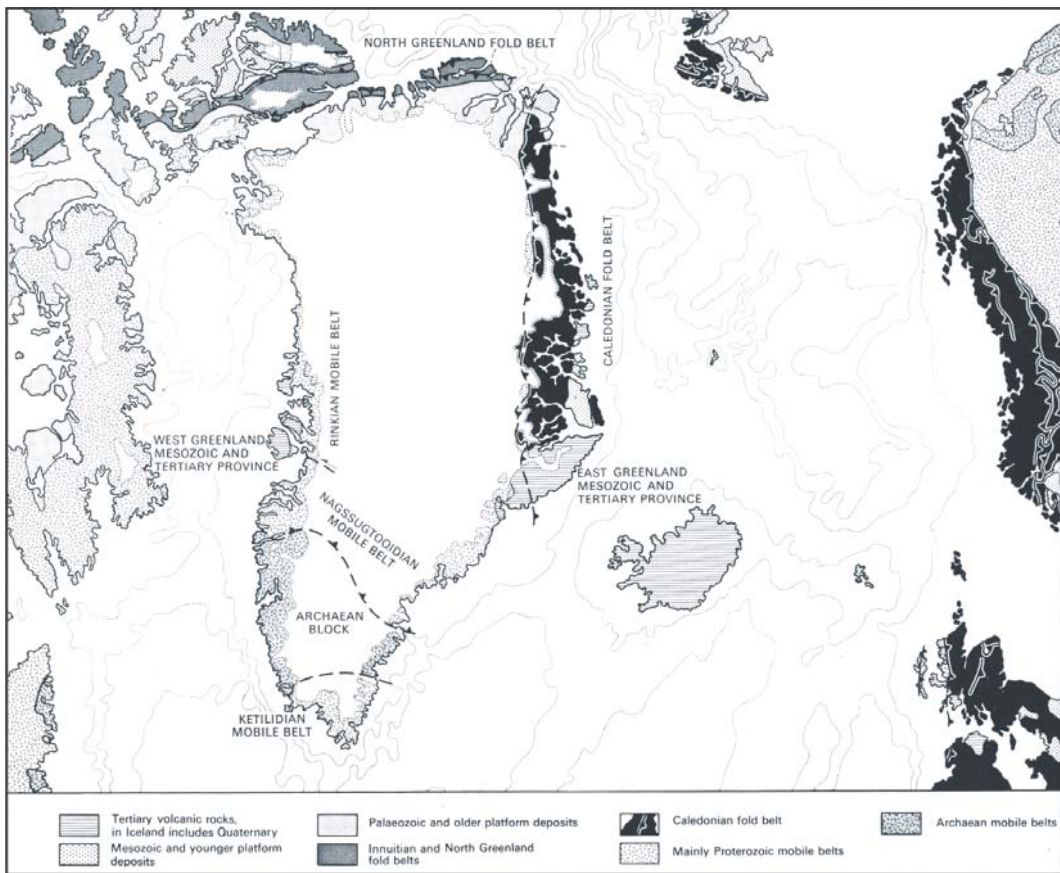


Abb. 5-1: Die strukturellen Einheiten Grönlands und ihre Beziehung zu den Nachbarländern, aus ESCHER & WATT (1976).

eingeschlossen sein soll. Die genannten beiden Falteingürtel sind die Verlängerungen des Torngat bzw. des Foxe Falteingürtels in Kanada. Deformierte archaische Gesteine der Rae Provinz werden nördlich des Rinkian Falteingürtels vermutet. Diese ziehen sich entlang der Nordküste Grönlands bis zum devonischen Ellesmerian Falteingürtel. Aufschlüsse in anderen frühproterozoischen Falteingürteln finden sich in Nordwestgrönland (Inglefield Falteingürtel) sowie in Ostgrönland, wo in den kaledonischen Falteingürteln auch Gesteine des Kratons ein- und aufgeschlossen sind. Die proterozoischen Falteingürtel in Ostgrönland könnten mit dem Grenville Falteingürtel in Nordamerika in Verbindung stehen. Der Südostrand des Nordatlantischen Kratons wird durch den Ketilidian Falteingürtel (ca. 2,0 – 1,75 Ga) in Südgrönland definiert.

Im späteren Proterozoikum und danach bildeten sich Sedimentbecken vor allem in Nord- und Nordostgrönland. In einigen Gegenden erreicht die Abfolge der Sedimentgesteine 10.000 – 15.000 m Mächtigkeit. Ein Becken mit mehr als 2.000 m mächtigen mittelproterozoischen Sedimentgesteinen ist in Nordostgrönland aufgeschlossen. Diese Sedimentgesteine wurden vor 1,23 Ga von mafischen Gängen durchschlagen und werden von 1.300 m mächtigen Flutbasalten überdeckt. Das Thulebecken in Nordwestgrönland ist mit mindestens 6.000 m mächtigen Sedimentgesteinen und Basalten gefüllt, die sich vor 1,27 – 0,65 Ga abgelagerten. Weitere große Sedimentbecken in Ost- und Nordostgrönland wurden vor 950 – 610 Ma mit heute bis zu 16.000 m mächtigen Gesteinen gefüllt.

In Südgrönland wurden rund 3.400 m Sandsteine und Laven in einer kontinentalen

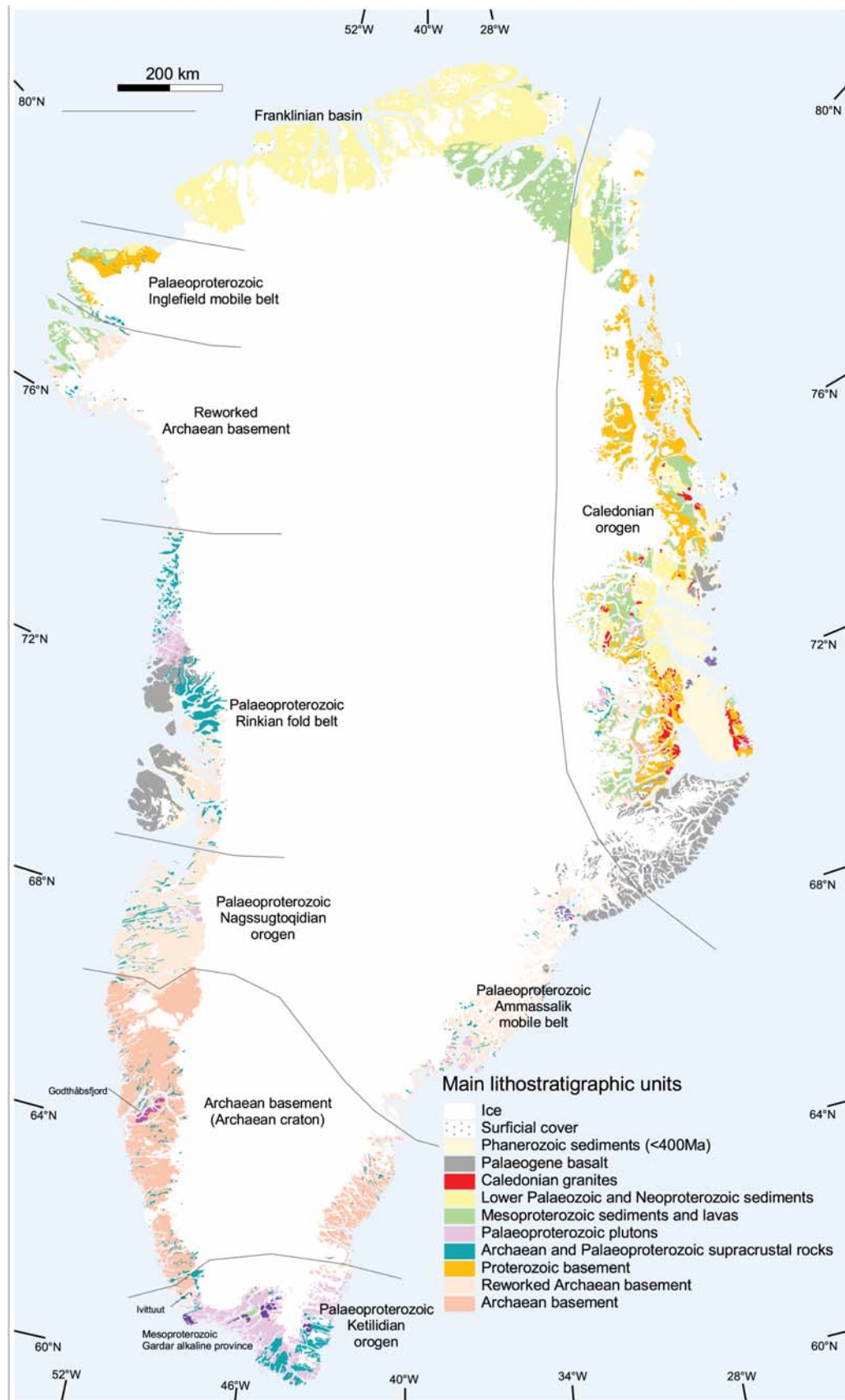


Abb. 5-2: Übersichtskarte der wichtigsten lithostratigraphischen und tektonischen Einheiten Grönlands, aus SECHER et al. (2008b).

GREENLAND GEOLOGY AND SELECTED MINERAL OCCURRENCES

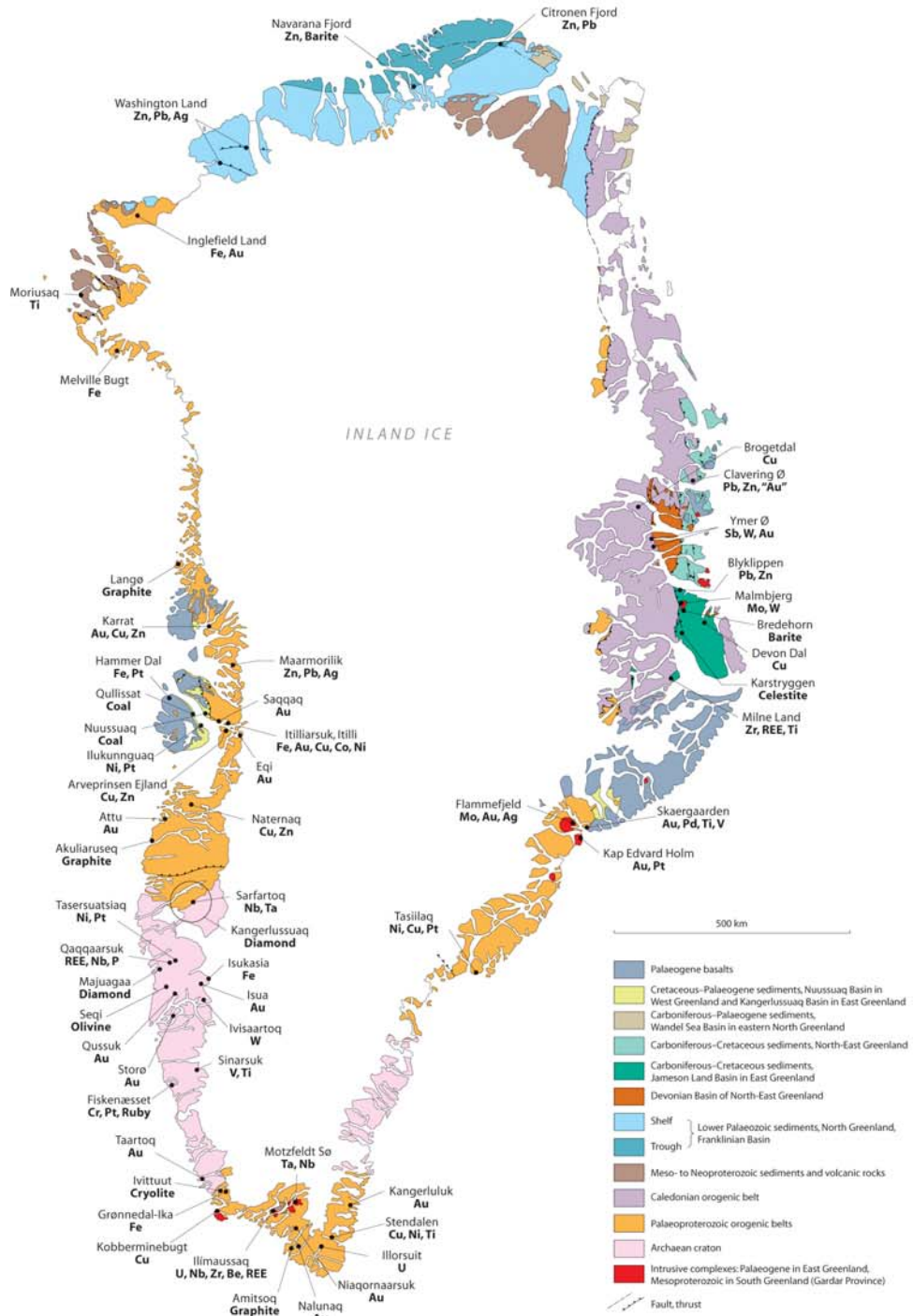


Abb. 5-3: Geologischer Überblick und Lage der wichtigsten Lagerstätten Grönlands, aus SECHER (2009).

Riftzone abgelagert, die als Gardar-Provinz (s. Abb. 5-2) bezeichnet wird. Die Gardar-Provinz erstreckt sich innerhalb des Ketilidian-Faltengürtels über 180 km von Osten nach Westen bzw. über 80 km von Norden nach Süden. In die Riftzone drangen vor 1,30 – 1,12 Ga 14 verschiedene alkalireiche Magmen ein, von denen einige teils wirtschaftliche Anreicherungen von Uran, Seltenen Erden, Beryllium, Zirkon, Niob und Lithium enthalten.

Das paläozoische Franklinian-Becken erstreckt sich über 2.000 km von den Inseln der kanadischen Arktis bis ins östliche Nordgrönland. Die Sedimentation in diesem Becken startete im späten Präkambrium und hielt bis zur orogenen Aktivität des Ellesmerian-Faltengürtels im Devon an. Die im Schelfbereich des präkambrischen Kratons abgelagerten Sedimente im Franklinian-Becken sind heute 3.000 m, die im Tiefwasserbereich abgelagerten Sedimente sogar bis 8.000 m mächtig. Die Grenze des Schelfs zur Tiefsee war vermutlich durch Störungen kontrolliert. Die Blei-Zink-Vorkommen des Citronen Fjords bildeten sich marin-exhalativ während der Füllung des Franklinian-Beckens. In Ostgrönland gelangten rund 4.000 m mächtige frühpaläozoische Gesteine zur Ablagerung, bevor die Sedimentation durch die Aktivitäten des kaledonischen Faltengürtels im Silur zum Stillstand kam. Sowohl der kaledonische als auch der Elles-

merian-Faltengürtel stehen mit dem Aufeinanderdriften und der Kollision tektonischer Platten in Verbindung, die letztendlich den Superkontinent Pangäa bildeten.

Die Entstehung spätpaläozoischer und mesozoischer Sedimentbecken in Nord-, Ost- und Westgrönland hing ursächlich mit dem Aufbrechen von Pangäa zusammen. Nord-Süd ausgerichtete Sedimentbecken, wie das Jameson-Land-Becken, entstanden in Ostgrönland. Kretazische und tertiäre Sedimente füllten das Nuussuaq-Becken in Westgrönland. Die Höhepunkte der Bildung dieser Becken fallen mit der Abtrennung Grönlands von Nordamerika in der Oberkreide bzw. von Europa im Spätpaläozän überein.

Mit der Öffnung des Nordatlantiks im Tertiär drangen in Ost- und Westgrönland Magmen in Form von Gängen und Intrusionen ein, die genetisch mit dem Hot Spot von Island in Verbindung stehen. In Westgrönland treten zwischen 4.000 und 10.000 m mächtige Abfolgen basaltischer Vulkanite auf. Basaltische Vulkanite mit bis zu 2.000 m Mächtigkeit bedecken 65.000 km² Fläche in Ostgrönland. In der Küstenregion Ostgrönlands finden sich zudem zahlreiche Intrusionen, die auf den Hot-Spot-Magmatismus zurückzuführen sind. Diese Intrusionen besitzen unterschiedliche Lithologien. Die auf 55 Ma datierte Skaergaard-Intru-

Tab. 5-1: Übersicht über die derzeit wichtigsten Explorationsprojekte auf Grönland. Mt = Mio. t.

Lagerstätte	Wertminerale	Gesamtressourcen	Derzeitiger Lizenzinhaber
Kvanefjeld	U, SE, NaF, Zn, (Li, Be, Nb, Zr)	457 Mt @ 280 ppm U ₃ O ₈ , 1,07 % SEO und 0,22 % Zn 363 Mt @ 0,85 % NaF	Greenland Minerals and Energy Ltd., Australien
Skaergaard	Au, Pd, Pt	1.520 Mt @ 0,21 ppm Au, 0,61 ppm Pd und 0,04 ppm Pt	Platina Resources Ltd., Australien
Malmbjerg	Mo	216,8 Mt @ 0,198 % MoS ₂ (cut-off 0,12 % MoS ₂)	Quadra Mining Ltd., Kanada
Citronen Fjord	Pb, Zn	101,7 Mt @ 5,7 % Pb+Zn	Ironbark Gold Ltd., Australien
Black Angel	Pb, Zn	2,4 Mt @ 9,7 % Zn, 3,1 % Pb und 21 ppm Ag	Angel Mining plc., Großbritannien
Isua	Fe	961,1 Mt @ 34 % Fe	London Mining plc., Großbritannien

sion ist eine geschichtete Gabbrointrusion mit Anreicherungen an Palladium und Gold. Im Gegensatz dazu stellt der Werner-Bjerge-Komplex eine Alkaligranitintrusion dar, in der Molybdänmineralisationen auftreten.

6 Das mineralische Rohstoffpotenzial

6.1 Metalle

6.1.1 Gold

Die seit 1990 verstärkte Exploration auf Gold in Südgrönland erbrachte zahlreiche positive Ergebnisse, die letztendlich im Sommer 2004 sogar zur Eröffnung der Nalunaq-Goldmine führten.

Gold wurde in Südgrönland nachgewiesen (vgl. Abb. 6-1):

- im Archaikum und seiner paläoproterozoischen Grenzzone. Zu den archaischen Gesteinen zählt auch der

Taartoq-Grünsteingürtel. Zwischen den dort vorherrschenden Karbonatschiefern findet sich Au in a) Pyrit verteilt in Quarz-Ankerit-Linsen (1 – 2 x 5 – 10 m), b) Pyrit assoziiert mit massiven und halbmassiven Arsenopyrit sowie c) Eisenformationen, die reich an Sulfiden sind. Das reichste Vorkommen liegt bei Sermiligaarsuk mit Durchschnittsgehalten von 5 – 8 ppm Au (SECHER 2004a).

- in Paragenese mit Bi-(Ag-As-W-Cu-Mo) im Julianehåb Batholithen (Niaqornaarsuk, Qoorormiut und Igutsaat). Diese Paragenese ist typisch für Quarzgänge, Aplite, gescherte Metabasite sowie die hydrothermal überprägten Granite des Batholithen. Die Quarzgänge sind 0,5 – 5 m breit und selten über 10 m, gelegentlich aber auch bis 200 m Länge mit Unterbrechungen verfolgbar. Auf der Niaqornaarsuk-Halbinsel ist die Mineralisation in Teilbereichen zwar hochgradig (bis 114 ppm Au über 6 m), aber

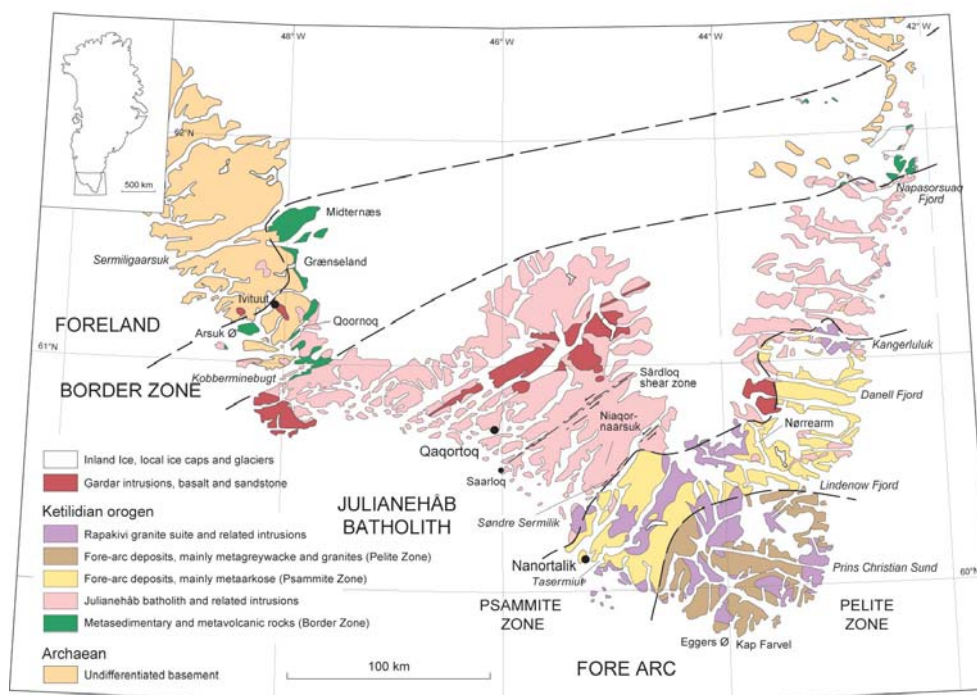


Abb. 6-1: Vereinfachte geologische Karte von Südgrönland mit Lage von Goldvorkommen (Ig = Igutsaat, Ka = Kangerluluk, Ku = Kutseq, Na = Nanortalik Halbinsel, Ni = Niaqornaarsuk Halbinsel, S = Stendalen Gabbro, T = Goldvorkommen im Taartoq-Grünsteingürtel), aus STENDAL & FREI (2000).

die Erzvorräte gering. Im Qoorormiut Tal erreichen die Gehalte 14 ppm Au, ganz selten 380 ppm Au. Bei Igutsaat ist ein 5 – 8 m breiter Aplitgang aufgeschlossen, der 1 – 2 Vol.-% Pyrit führt. Dieser wiederum enthält bis 1,4 ppm Au (STENDAL & SECHER 2002).

- in Paragenese mit Cu-Zn in den Metavulkaniten und -sedimenten der Border-Zone des Ketilidian-Faltengürtels (Arsuk Ø, Kobberminebugt). Die Gehalte auf Arsuk Ø betragen bis zu 300 ppb Au, 0,2 % Cu und 0,09 % Zn (STENDAL & SECHER 2002) bzw. in Kobberminebugt bis zu 5 % Cu, 270 ppb Au und 0,13 % Ag.
- in Paragenese mit Cu in der 200 – 300 m mächtigen und über 4 km² Fläche verbreiteten vulkanosedimentären Abfolge am Rande des Julianehåb Batholithen (Kangerluluk und Sorte Nunatak).
- in Paragenese mit As in suprakrustalen Gesteinen (an der Südwestküste

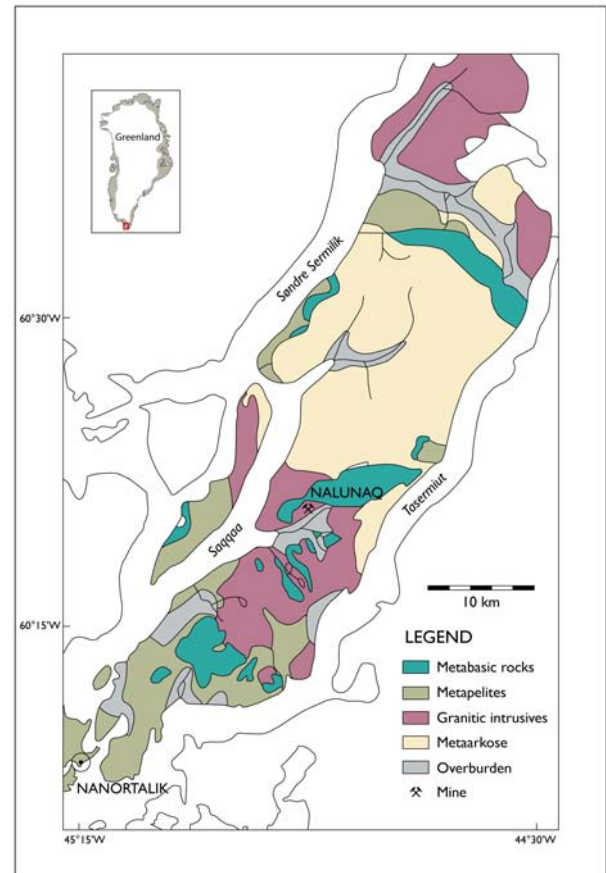


Abb. 6-2: Geologische Karte der Nanortalik Halbinsel, aus KALTOFT et al. (2000).



Abb. 6-3: Blick auf die Nalunaq-Goldlagerstätte. Foto: CREW GOLD CORPORATION.

im Nanortalik-Gebiet: Nalunaq, Ippatit und Lake-410 (s. Abb. 6-2) sowie an der Südostküste: Kutseq). Die Goldmineralisation dieser Vorkommen tritt in Metapeliten und Metabasiten ketilidianischen Alters (1,85 – 1,80 Ga) auf. Bei Kutseq tritt die Au-As-Mineralisation in verkieselten Scherzonen und in Gängen in Amphiboliten auf. Die mineralisierten Scherzonen wechseln in ihrer Größe von vielen kleinen Horizonten in 10 – 20 cm Breite und 10 – 12 m Länge bis zu großen Strukturen bis 12 m Breite und 500 – 600 m Länge. Gold ist in Sulfarseniden und Arseniden konzentriert. Die Elementgehalte variieren stark zwischen 200 ppb bis 38,5 ppm Au bzw. 1,7 bis 6 % As (STENDAL & SECHER 2002).

Die Goldvererzung bei Nalunaq wurde 1992 entdeckt und ist an ein Gangsystem von 1.700 m Länge und 0,1 – 2 m Breite gebunden. Dieses Gangsystem ist auf der Nordseite des Nalunaq Mountain auf 1.200 m und auf der Ostseite auf 700 m Länge aufgeschlossen. Nur ein Gang enthielt bauwürdige Goldgehalte. Freigold (s. Abb. 6-4) kommt als Einschluss in Quarz, Diopsid und Plagioklas sowie untergeordnet in Löllingit und Arsenopyrit vor. Gold findet sich auch in Klüften und an den Kornrändern von Quarz, Löllingit und Arsenopyrit. Sel-

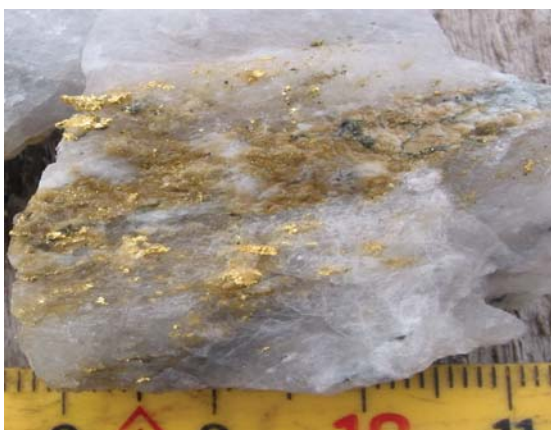


Abb. 6-4: Reichgolderz aus der Nalunaq-Lagerstätte, aus SECHER et al. (2008a).

tener treten Au-Paragenesen mit Sb und Bi auf.

Die Nalunaq-Goldlagerstätte wurde ab 1993 unter schwierigen infrastrukturellen Bedingungen detailliert kartiert und durch Bohrungen (78 Kernbohrungen mit zusammen 11.452 m Kernlänge) sowie Stollen (288 m) erkundet, bevor sie im Sommer 2004 in Produktion ging. Die anhand der Explorationsdaten zuvor berechneten gesicherten Goldvorräte lagen bei 13 t, die vermuteten Vorräte bei 56 t und der vorhergesagte Durchschnittsgehalt bei 27 ppm Au (KALTOFT et al. 2000).

Ende 2008 wurde der Abbau gestundet, da die weitere Gewinnung unrentabel wurde. Zuletzt beliefen sich die Gewinnungskosten (cash costs) auf 937 US\$/oz, bei Erlösen von 857 US\$/oz. Insgesamt wurden bis heute rund 520.000 t Erz abgebaut, aus denen erst in Spanien und später in einer Anlage in Neufundland ca. 270.000 oz (8,3 t) Au ausgebracht werden konnten (s. Abb. 6-5). Die Durchschnittsgehalte im ausgebrachten Erz lagen über die Produktionsdauer der Mine zwischen 12,4 und 16,2 ppm Au.

Auch bei einer Kartierung und später systematischen Exploration des Godthåbsfjord-Gebiets auf Storø zwischen Aappalaatoq Mountain und Quingat (Qingaaq) Mountain konnten mehrere Einzelgoldvorkommen



Abb. 6-5: Der erste aus grönländischem Gold – aus der Nalunaq-Lagerstätte – gegossene Goldbarren, aus SECHER et al. (2008a).

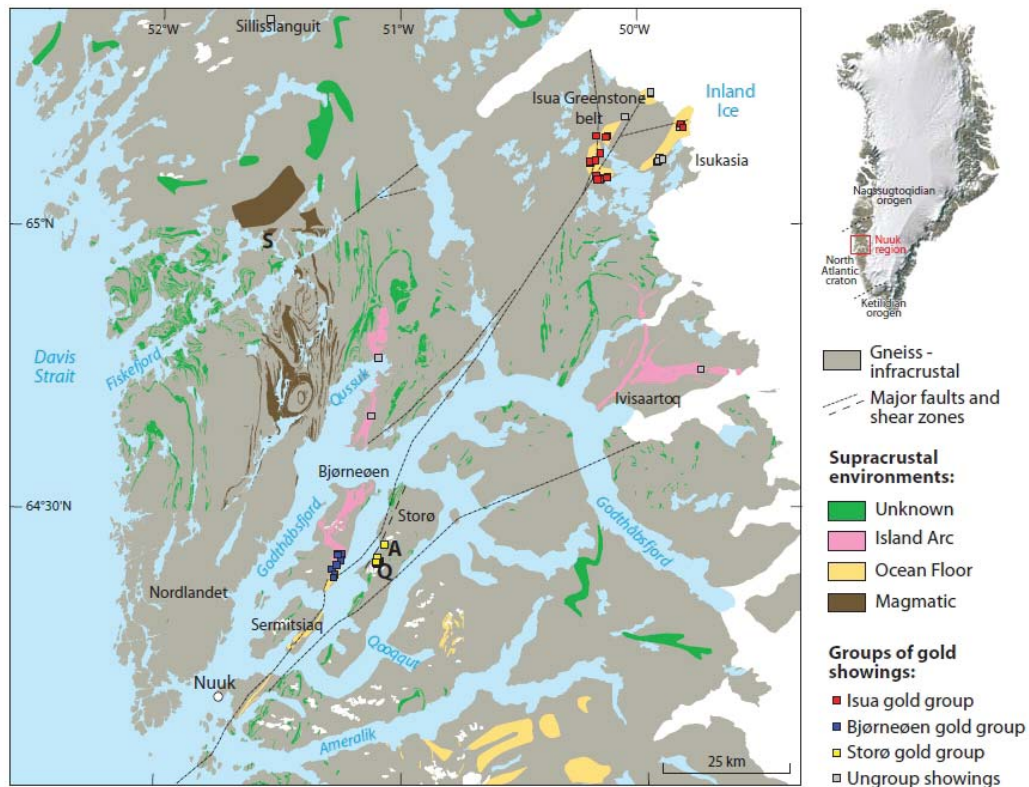


Abb. 6-6: Vereinfachte geologische Karte der Nuuk-Region mit Lage von Goldvorkommen >1 g Au/t, Q = Qingaaq, A = Aappalaartoq, Se = Seqi Olivinabbau, aus STENSGAARD & STENDAL (2007).

identifiziert werden (s. Abb. 6-6). Es handelt sich um teils bis 1.300 m Länge aushaltende Zonen, teils um Einzelproben von Arsenopyrit reichen Amphiboliten (Einzelwerte bis 36,6 ppm Au), von stark unterschiedlich mächtigen Quarzgängen (bis 12,9 ppm Au), von Granat-Gedrit- und Granat-Hornblende-Gesteinen (bis 6,7 ppm Au), von Granat-Sillimanit-Schiefen (bis 3,2 ppm Au) sowie Quarzitschiefen (bis 1,5 ppm Au) (APPEL et al. 2000).

Auch auf der Storø gegenüber liegenden Insel Bjørneøen wurden Gesteine mit erhöhten Zn-, Pb-, Ag und Au-Gehalten gefunden (STENSGAARD & STENDAL 2007). Nordöstlich der Diskobucht, bei Eqi, wurden Cu-Au-Vererzungen im Jahr 1988 entdeckt und in den folgenden Jahren exploriert. Die dortige Mineralisation ist an eine archaische Gesteinssequenz (2,8 Ga) gebunden, die von zahlreichen Lamprophyr und Karbonat reichen Gängen durchzogen ist. Zudem ist

die Gesteinsabfolge sehr stark hydrothermal überprägt, wobei besonders Brekzienzonen mit Pyrrhotin, Chalkopyrit, Pyrit sowie untergeordnet Zinkblende, Arsenopyrit und auch gediegenem Wismut und Gold vererzt wurden. Das Gold ist reich an Silber (bis 31 %) und findet sich meist als kleine Einschlüsse oder sehr fein verteilt in Chalkopyrit und Pyrrhotin. Einzelproben ergaben Durchschnittsgehalte von 0,84 % Cu und bis 22 ppm Au. Vereinzelt Quarzgänge führen bis 60 ppm Au. Die durchschnittlichen Goldgehalte der Gesteine liegen allerdings im niedrigen ppb-Bereich mit einer lokalen Anreicherung von 411 ppb Au auf einer Fläche von 500 m² (STENDAL et al. 1999).

Der Isua-Grünsteingürtel in Westgrönland, der vor allem für seine große Eisenerzlagertstätte bekannt ist (s. Eisen), enthält in seinem nordwestlichen Teil auch mehrere Quarzgänge mit Chalkopyrit und Pyrit sowie brekziierte und verkieselte Gestei-

ne (s. Abb. 6-6). Diese führen bis 2,5 % Cu sowie bis 10,4 ppm Au und 33 ppm Ag. Obwohl die Ausbisse dieser mineralisierten Gesteine relativ klein sind, deutet die Geschiebestreu auf größere Primärvorkommen hin.

Sichtbare Goldkörner bis 2 mm Durchmesser wurden im Isua-Grünsteingürtel auch in Fe-Dolomit-Gängen gefunden, die zudem dünne Bänder aus Bleiglanz, Turmalin und Arsenopyrit führen. Die Gänge streichen mit Unterbrechungen über einige Zehner Meter Länge. Das Nebengestein besteht aus Granatamphibolit, der stark an Arsen (100 – 1.000 ppm) angereichert ist (APPEL et al. 2000).

Im Gegensatz zu den genannten westgrönländischen Funden sind mit Ausnahme des auch im Weltmaßstab bedeutenden Skaergaard-Vorkommens (s. 6.1.2) ansonsten in Ostgrönland nur unbedeutende Goldmineralisationen bekannt geworden: Die an Gold reichste Zone der Skaergaard-Intrusion enthält vermutete Ressourcen von 106,6 Mio. t. Erz mit Gehalten von 1,68 ppm Au, 0,59 ppm Pd und 0,05 ppm Pt, entsprechend Edelmetallgehalten von 5,77 Moz (179,4 t) Au, 2,03 Moz (63,1 t) Pd und 0,17 Moz (0,5 t) Pt (vgl. Platingruppenmetalle).

Eine der kleineren Goldmineralisationen in Ostgrönland liegt in den Deltabereichen mehrerer kleiner Flüsse an der Nordküste des Forsblad Fjords. Hier treten Gold führende Geschiebe auf, denen bisher nur ein Gold mineralisierter dünner Quarzgang in Zweiglimmergraniten zugeordnet werden konnte. Der Gang führt Quadratzentimeter bis -dezimeter große Arsenopyritaggregate, die mit Gold, Wismut, Bismuthinit und Chalkopyrit verwachsen sind. Das Gold tritt in Form bis 40 µm großer Körner auf. Nach Mikrosondenanalysen führt es 94,4 % Au und 3,7 % Ag. Eine hochmineralisierte Quarzgangprobe enthielt 10 % As, 0,5 %

Co, 0,07 % Ni, 0,02 % Bi, 26 ppm Au und 6,2 ppm Ag (HARPØTH et al. 1986).

Im Noa-Dal-Gebiet in Zentralostgrönland wurden ebenfalls Geschiebe gefunden, die teils Gold führend sind. Zum Einen handelt es sich um brekziierte dolomitische Schiefer und Quarzite, die mit Antimonit-Arsenopyrit-Gold imprägniert sind (durchschnittlich 5 – 0 % Sb, 0,5 % As, 2 – 5 ppm Ag, 0,5 – 2 ppm Au), zum Anderen um Quarzite mit Wolframit führenden Fluorit-Quarz-Gängchen und Imprägnationen aus Arsenopyrit und Gold (bis 1 % W, 2 % As und 7 ppm Au). Zusätzlich finden sich im gleichen Gebiet an größere Störungszonen gebundene Linsen aus brekziierten Quarziten, die bis zu 20 % Pyrit und 5 ppm Au führen. Eine Detailerkundung des Gebiets stand Mitte der 1980er Jahre noch aus (HARPØTH et al. 1986).

Im obersten Bereich des Luciagletschertales auf Andrée Land, vermutlich begrenzt auf 0,5 km² Ausbissfläche, wird das Herkunftsgebiet von mit Gold und Wismuth mineralisierten Geschieben aus Gangquarzen und Pegmatiten vermutet, die in den Moränen des Gletschers reichlich zu finden sind. Als Erzminerale treten in den teils sehr großen Geschieben Pyrrhotin, Pyrit, Chalkopyrit, Bleiglanz, Zinkblende sowie elementares Wismut und Gold auf. Gold findet sich als kleinste Körner oder verwachsen mit Bleiglanz und Wismut in Mikroklüften im Quarz. Von zehn analysierten Einzelproben zeigten sieben erhöhte Goldgehalte, davon vier mit Einzelwerten zwischen 1,4 und 8,3 ppm. An weiteren Maximalwerten wurden 0,1 % Cu, 0,02 % Bi, 0,02 % Pb und 2 ppm Ag festgestellt (HARPØTH et al. 1986).

Der Einzelfund eines Blocks aus Gangquarz mit Arsenopyrit und Pyrit (0,6 % As, 700 ppm Mo, 24 ppm Ag, 3,5 ppm Au) ist östlich von Granitelv im Geologfjord dokumentiert (HARPØTH et al. 1986).

6.1.2 Platingruppenmetalle (PGM)

Die Skaergaard-Intrusion in Ostgrönland wurde 1931 und ihre wirtschaftliche Bedeutung 1987 entdeckt. Es handelt sich um eine vor 54,4 Ma eingedrungene, geschichtete Gabbrointrusion, die heute auf 11 x 7,5 km Fläche aufgeschlossen ist. Die Intrusion des Skaergaard-Magmas kann mit dem tertiären Vulkanismus auf Island korreliert werden. Innerhalb der Mittleren Zone des Gabbrokörpers ist die rund 100 m mächtige Triple-Gruppe mit Palladium, Platin und Gold mineralisiert (s. Abb. 6-7).

Als Maximalgehalte wurden bisher 5,8 ppm Au, 3,7 ppm Pd und 1,7 ppm Pt analysiert. Zusätzlich führt die Skaergaard-Intrusion bauwürdige Ag-, Cu-, Ti- und V-Anreicherungen (NOKLEBERG et al. 2005). Nach neuesten Berechnungen des Lizenzinhabers, Platina Resources Ltd., belaufen sich die vermuteten Gesamtressourcen des Skaergaard-Vorkommens auf 1,52 Mrd. t Erz mit Gehalten von 0,21 ppm Au, 0,61 ppm Pd und 0,04 ppm Pt, entsprechend Edelmetallgehalten von 10,25 Moz (Millionen Unzen) Au, 29,61 Moz Pd und 1,95 Moz Pt. Die an Palladium reichste Zone enthält

vermutete Ressourcen von 103,5 Mio. t. Erz mit Gehalten von 0,11 ppm Au, 1,91 ppm Pd und 0,16 ppm Pt, entsprechend Edelmetallgehalten von 0,37 Moz (11,5 t) Au, 6,35 Moz (196,9 t) Pd und 0,53 Moz (16,5 t) Pt (vgl. Kapitel 6.1.1).

Ein weiteres PGM-Vorkommen tritt in der Amikoq Intrusion auf, die in der westgrönländischen Fiskefjord-Region, rund 75 km nördlich Nuuk, liegt. Die geschichtete Intrusion erreicht bis 3 km Breite und streicht über eine Länge von rund 40 km aus. Neben hohen Gehalten an Cr (bis 3,7 %), Ni (bis 2,8 %) sowie auch Cu, führen die Gesteine bis 4,5 ppm PGM. Die Exploration dieses Vorkommens dauert an.

Der Fiskenæsset Komplex in Südwestgrönland enthält neben zahlreichen Lagen von Chromitit (mit PGM-Gehalten bis 310 ppb Pt, 175 ppb Pd und 200 ppb Rh) auch eine ca. 5 m mächtige PGM Reef. Dieses „Ghisler Reef“ führt durchschnittlich 695 ppb Pt+Pd+Au über 5 m Mächtigkeit und 2 ppm Pt+Pd+Au+Rh über 1 m Mächtigkeit. Bei Qeqertarsuaq wurde das „Ghisler Reef“ über eine streichende Länge von ca. 5 km nachgewiesen. Als Trägerminerale treten weit überwiegend PGM-Bi-Minerale auf (APPEL et al. 2010).

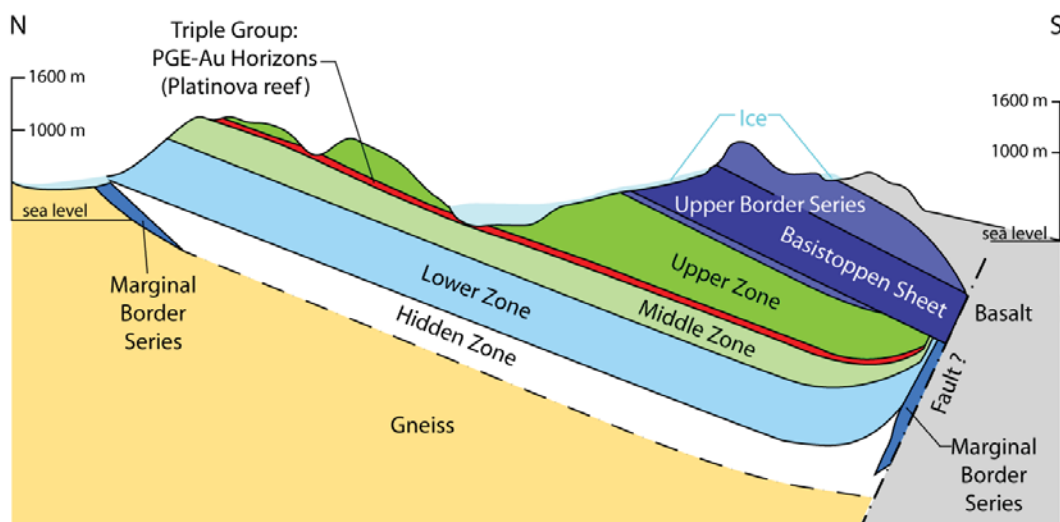


Abb. 6-7: Nord-Süd-Profilschnitt durch die Skaergaard-Intrusion mit Darstellung der mineralisierten Triple-Gruppe, aus NIELSEN (2006).

Auch andere Ultrabasite bzw. -mafite des Fiskenæsset Komplexes wurden auf PGM hin untersucht und lieferten Maximalwerte von 83 ppb Pt und 693 ppb Pd (GHISLER 1976, SECHER et al. 2007).

6.1.3 Eisen

Das größte Eisenerzvorkommen Grönlands liegt im Isua-Grünsteingürtel bei Isukasia, rund 150 km nordöstlich von Nuuk, in Südwestgrönland. Es wurde 1962 entdeckt und in den folgenden Jahren im Detail exploriert. Das Vorkommen liegt am Rande des Inlandeises und größtenteils auch darunter bei bis zu 100 m Eisbedeckung (s. Abb. 6-8). Der, soweit aufgeschlossen, bis zu 200 m mächtige, ca. 3,8 Ga alte Erzkörper, fällt steil ein und besteht aus einer dünnbändigen Wechsellagerung aus Quarz und Magnetit sowie untergeordnet Karbonatgesteinen. Es handelt sich dementsprechend um ein Eisenerzvorkommen vom Typ „banded iron formation“ (BIF). Die Gesamtvorräte wurden viele Jahrzehnte konservativ auf 1,9 Mrd. t Erz mit einem Gehalt von 34 – 38 % Fe geschätzt (NIELSEN 1976). Aufgrund weiterer Explorationsarbeiten

konnten die Vorräte im Jahr 2006 zwischenzeitlich genauer auf angezeigte bis vermutete Ressourcen von 961,1 Mio. t Erz mit durchschnittlich 34 % Fe inkl. angezeigten bis vermuteten Ressourcen von 81,39 Mio. t mit durchschnittlich 33,34 % Fe an einer für einen Tagebaubetrieb geeigneten Stelle bestimmt werden (STENDAL & THOMASSEN 2008, LONDON MINING PLC.).

Ein zweites BIF-Vorkommen liegt bei Itillarsuk, in Zentralwestgrönland. Hier tritt in archaischen Gesteinen eine ca. 200 m breite Abfolge aus 2 – 10 cm Magnetit reichen Kieselbändern auf, die mit Quarz-Glimmerschiefern wechsellagern. Es wird geschätzt, dass die Eisenerzanreicherungen auf einer Fläche von 130 x 1.000 m verbreitet sind und dass die Vorräte ca. 150 – 200 Mio. t Erz mit einem Durchschnittsgehalt von 20 % Fe betragen (STENDAL & THOMASSEN 2008).

Weitere BIF-Vorkommen sind aus dem Gebiet um Qaanaaq (Thule) in Nordwestgrönland bekannt. Im nördlichen Gebiet der Melville Bugt nahe Bushnan Ø und rund um die Parker Snow Bugt tritt ein feinkörniges und Quarz gebändertes Erz auf, das sowohl Hämatit als auch Magnetit enthält.

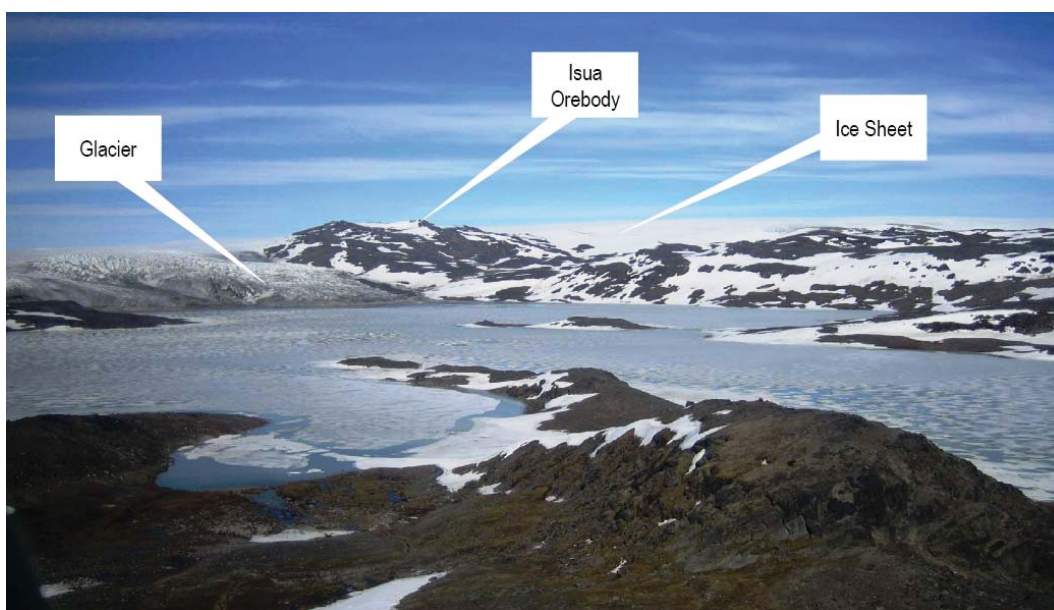


Abb. 6-8: Blick auf die Isua-Eisenerzlagerstätte vom Artisoq-See Richtung NW, Foto: LONDON MINING PLC.

Der Eisengehalt liegt zwischen 30 bis 35 %. Die Ausdehnung der Vorkommen ist unbekannt. Ähnliche Vorkommen sind auch von der Magnetitbugt und von Wolstenholme Ø südwestlich Qaanaaq (Thule) dokumentiert, wo der Eisenerzhorizont zwischen 6 und 15 m Mächtigkeit besitzt (NIELSEN 1976).

Diese Eisenerzvorkommen liegen in der Fortsetzung von Vorkommen im Norden von Baffin Island in Kanada, von denen das Mary-River-Projekt möglicherweise bald in Abbau gehen soll (STENDAL & THOMASSEN 2008).

Bei Midternæs in Westgrönland existiert ein bis zu 100 m mächtiges, submarin-exhalativ entstandenes Eisenerzvorkommen, das im Wesentlichen Greenalith, untergeordnet auch Magnetit und Siderit als Eisenerzminerale enthält. Der durchschnittliche Eisengehalt liegt bei 32,9 % (NIELSEN 1976).

Eisensulfide metasomatischer Genese treten bei Lersletten im Aasiaat (Egedesminde) Gebiet auf. Die Erzparagenese umfasst Pyrrhotin und Pyrit mit Chalkopyrit und Zinkblende als Nebenbestandteile. Die vermuteten Erzressourcen betragen 3,5 Mio. t, die möglichen Erzressourcen 12 Mio. t, bei Gehalten von 30 – 35 % Fe. Cu und Zn sind nicht bauwürdig, obwohl sie Gehalte von 0,5 bzw. 2 % erreichen können (NIELSEN 1973).

Zwischen Giesecke Sø und Ataneq im westgrönländischen Nassuttooq (Nordre Strømfjord) Gebiet können halbmassive Linsen aus Pyrrhotin über mehr als 22 km streichende Länge verfolgt werden. Die Linsen treten in zwei parallelen, bis 1 m mächtigen Lagen auf, die zu einer Abfolge gefalteter Amphibolite und Biotit-Granat-Paragenese gehören. Die Pyrrhotin reichen Gesteine führen bis 4 % Mn, 0,3 % Cu, 600 ppm Ni und 400 ppm Zn (STENDAL et al. 2002).

Ein sehr kleines Eisenvorkommen liegt bei Grønnedal-Ika nahe Ivittuut (Ivigut) vor, wo eisenreiche Karbonatite in Syenite des dortigen Alkalikomplexes eingedrungen sind. Die Karbonatite führen Siderit, Magnetit und etwas Zinkblende. Sie sind zudem an Seltenen Erden, Sr und Th angereichert. Magnetit ist am häufigsten, wo der Karbonatit von Doleritgängen durchschlagen wurde und scheint als Pseudomorphosen nach Siderit vorzuliegen. Die Vorräte wurden anhand von Bohrungsergebnissen auf 800.000 t Erz mit Gehalten von 25 – 30 % Fe geschätzt (NIELSEN 1976).

Im Gletscherlandgebiet in Zentralostgrönland treten bis 1 m mächtige und mehrere Kilometer lange Bänder sowie Horizonte aus massivem Magnetit sowie Hämatit-Ilmenit auf. Nach Untersuchungen des ehemaligen Geologischen Dienstes von Grönland (GGU) führt das Hämatit-Ilmenit-Erz 52 % Fe, 11 % Ti, 0,8 % P_2O_5 und 0,15 % V. Halbmassiver Magnetit mit Anteilen von Quarz und Feldspat enthält 53 % Fe, 0,8 % Ti und niedrige Gehalte an P und V (HARPØTH et al. 1986).

Eher von historischem und mineralogischem Interesse sind die Vorkommen von gediegenem Eisen mit Anteilen <10 % in einigen miozänen Basaltlaven auf der Diskoinsel. Dieses Vorkommen, das heutzutage keinerlei wirtschaftliche Bedeutung mehr hat, war früher eine wichtige Quelle der Inuit zur Gewinnung von Eisen für Speerspitzen.

6.1.4 Blei, Zink und Silber

Die große Pb-Zn-Lagerstätte Sorte Engel (Black Angel) bei Maarmorilik in Westgrönland wurde bereits 1938 entdeckt und gehört zum Rinkian-Faltengürtel. Sie ist Bestandteil einer bis 1.400 m mächtigen paläoproterozoischen Marmorabfolge, die diskordant



Abb. 6-9: Blick von Nordwesten auf den Black Angel Mountain mit dem grönländischen Inlandeis im Hintergrund, aus THOMASSEN (2003).

über metamorph überprägten archaischen Gneisen lagert. Die Mehrheit der Pb-Zn-Vererzungen ist an metamorphe Kalk- und Dolomitsteine gebunden. Die nachgewiesenen Mineralparagenesen sind (NOKLEBERG et al. 2005):

1. Pyrit verteilt in Phyllit, Karbonatgestein und Gneis,
 2. Pyrrhotin, Quarz sowie untergeordnet Pyrit und Chalkopyrit in Form von Linsen in Karbonatgestein,
 3. Pyrit, Zinkblende sowie untergeordnet Bleiglanz, gediegen Kupfer und Chalkopyrit in Form von Linsen und Schichten in Karbonatgestein,
 4. Zinkblende, Pyrit, Bleiglanz, Chalkosin oder Chalkopyrit als verteilte Kristalle in Karbonatgestein,
 5. Pyrrhotin sowie untergeordnet Chalkopyrit in Tonsteinhorizonten in Gneis.
- Nur die Mineralparagenese 3 enthält wirtschaftlich gewinnbare Konzentrationen von Pb und Zn. Die diesbezüglichen Erzkörper bestehen aus flach lagernden, massiven Sul-

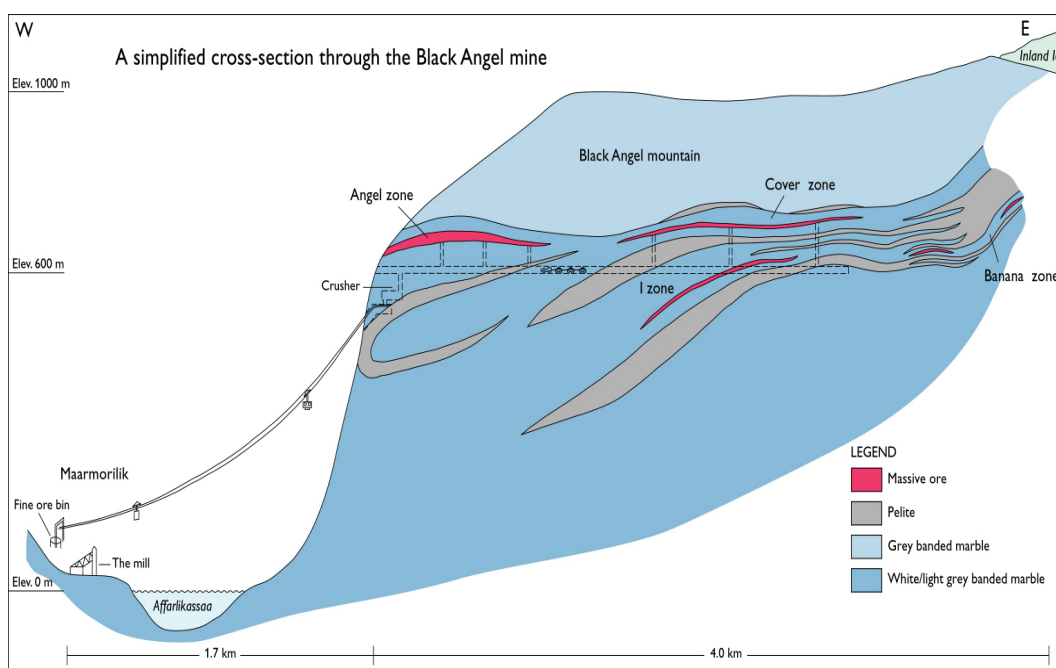


Abb. 6-10: Vereinfachter Profilschnitt durch die Black Angel Pb-Zn-Mine, aus THOMASSEN (2003).

fiderzinsen, die bis 20 m Mächtigkeit erreichen. Zehn dieser Linsen waren groß genug, um zwischen 1973 bis 1990 abgebaut zu werden. Sie lieferten ca. 11,2 Mio. t Erz mit Gehalten von durchschnittlich 12,6 % Zn, 4,1 % Pb und 29 ppm Ag, entsprechend 1,4 Mio. t Zn, 0,4 Mio. t Pb und 250 t Ag (NIELSEN 1976, NOKLEBERG et al. 2005). Seit einigen Jahren wird geprüft, ob die in den Pfeilern verbliebenen 2,4 Mio. t Erz mit Gehalten von 9,7 % Zn, 3,1 % Pb und 21 ppm Ag durch Versatz mit Haldenmaterial zumindest teilweise noch gewinnbar sind (THOMASSEN 2003). Zusätzlich enthält der vermutlich ebenfalls wirtschaftlich noch gewinnbare Nunngarut-Satellitenerzkörper angezeigte Ressourcen von 196.000 t Erz mit durchschnittlichen Gehalten von 9 % Zn, 3,4 % Pb und 31 ppm Ag.

Der Isua-Grünsteingürtel in Westgrönland, der vor allem für seine große Eisenerzlagerstätte bekannt ist (s. Kapitel 6.1.3), führt auch einige intrusive Tonalitlagen, die zum Teil Pb, Zn und Ag enthalten. Im Erz wurden Anteile bis 20 Vol.-% Bleiglanz

und Zinkblende nachgewiesen. Eine größere Mineralisation wurde 1997 entdeckt. 35 Proben, die über eine streichende Länge von 1.800 m und eine Breite von 0,5 m gesammelt wurden, enthielten alle >0,1 % Zn. Eine dünne, jedoch massive Sulfiderzlage enthielt 10 % Zn, 4 % Pb, 44 ppm Ag sowie 0,7 ppm Au (APPEL et al. 2000).

In der Nähe des westgrönländischen Naternaq (Lersletten) treten in metavulkanischen Gesteinen, die mit Metasedimenten wechsellagern, auch Eisensteinhorizonte und Sulfidvererzungen auf. Letztere sind teils als massive (70 – 90 Vol.-%) Linsen, teils als semimassive (20 – 50 Vol.-%) Lagen ausgebildet. Die massiven Linsen sind durchschnittlich 2 x 4 m, maximal aber auch 2 x 10 m dick, die semimassiven Lagen sind 0,5 – 1 m mächtig und können entlang ihrer Streichrichtung über 50 – 100 m Länge verfolgt werden. Die Haupterzminerale sind Pyrrhotin sowie untergeordnet Chalkopyrit und Zinkblende, zum Teil auch Pyrit, Arsenopyrit, Magnetit und Graphit. Spuren von Molybdänit und Arsenopyrit wurden



Abb. 6-11: Blick über die Zitronen-Fjord-Lagerstätte nach Norden über den Fluss Esrum, den Zitronen Fjord (eisfrei) und den Frederick E. Hyde Fjord (eisbedeckt) auf die schneebedeckten Berge des Johannes V. Jensen Land, aus VAN DER STIJL & MOSHER (1998).

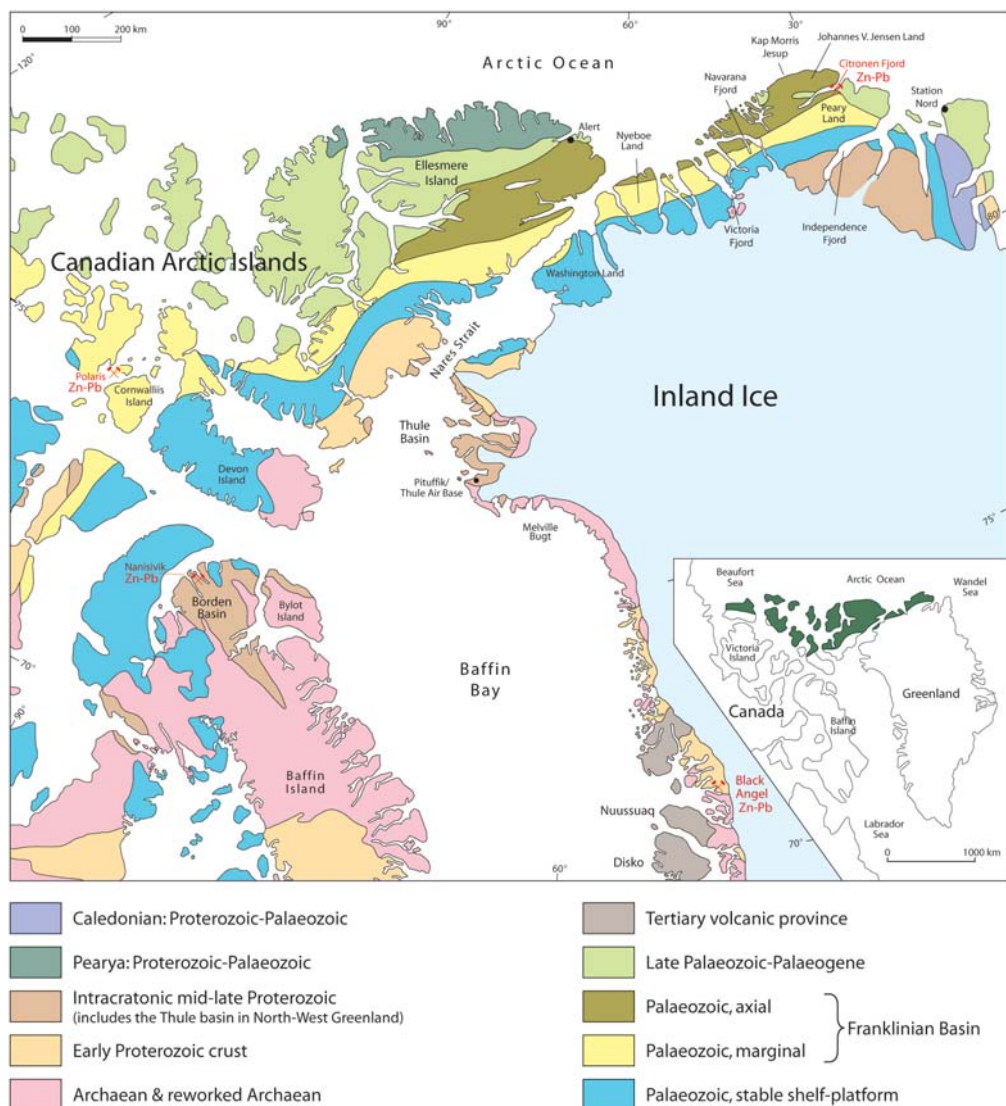


Abb. 6-12: Geologische Karte von Nordgrönland und den angrenzenden arktischen Inseln Kanadas. Abgebildet ist auch die Lage der Citronen-Fjord-Lagerstätte sowie der bedeutenden Pb-Zn-Lagerstätten Nanisivik und Polaris in Kanada bzw. Black Angel in Westgrönland, aus VAN DER STIJL & MOSHER (1998).

ebenfalls nachgewiesen. Analysen ergaben Gehalte bis 2,7 % Cu und 3,75 % Zn sowie 20 – 80 ppb Au. Die angezeigten Erzvorräte betragen 2,4 – 4,8 Mio. t, die vermuteten Erzvorräte sogar 8,1 – 16,2 Mio. t (STENDAL et al. 2002).

Auf Peary Land in Nordgrönland befindet sich die 1993 entdeckte Citronen-Fjord-Pb-Zn-Lagerstätte im Osten des Franklinian-Beckens (Abb. 6-11, 6-12). Es handelt sich um ein marin-exhalativ entstandenes, geschichtetes, massives Blei- und Zink-füh-

rendes Sulfidervorkommen. Die Sulfide sind an dunkle ordovizische Kieselgesteine, Tonschiefer und Siltsteine gebunden, die einer Tiefwasserfazies zuzuordnen sind. Mindestens drei Hauptvererzungszonen sind an eine 200 m mächtige Gesteinsabfolge gebunden. Die Vererzungen bestehen aus massivem bis geschichtetem Pyrit mit wechselnden Anteilen an Zinkblende und untergeordnet Bleiglanz. Ag, Ba und Cu tritt in Spuren auf. Die vererzte Fläche erstreckt sich über mindestens 3.000 x 500 m Fläche bei einer Erzmächtigkeit bis 50 m (VAN DER



Abb. 6-13: Blick nach Osten von Blyklippen aus. Aufnahme im August 2005. Rechts im Bild Reste des Bergwerkscamps, links weiße Halden, aus THOMASSEN (2005b).

STIJL & MOSHER 1998). Auf Basis von Analysen der zwischen 1993 und 2008 niedergebrachten rund 44.000 Bohrmeter werden die vermuteten und angezeigten Gesamtvorräte aktuell mit 101,7 Mio. t Erz mit 4,7 % Zn + Pb (cut-off 2 % Zn) bzw. 56,0 Mio. t mittelgradiges Erz mit 6,1 % Zn + Pb (cut-off 3,5 % Zn) mit einem Kern aus 22,6 Mio. t Reicherz mit 7,5 % Zn + 0,7 % Pb (cut-off 5 % Zn) angegeben (IRONBARK GOLD LTD.).

Auf Washington Land, ebenfalls in Nordgrönland, finden sich zwei weitere, während einer Hubschrauberbefliegung 1997 entdeckte Pb-Zn-Vorkommen, die sich aber bereits bei den ersten Explorationsarbeiten als nicht bauwürdig erwiesen haben. Hierbei handelt es sich um das 1997 entdeckte Petermann Prospect (Einzelproben bis 41 % Zn, 13 % Pb und 211 ppm Ag) sowie das 50 km südwestlich davon gelegene Cass Prospect (bis 8,4 % Zn, 0,04 % Pb und 94 ppm Ag).

Das bekannteste Pb-Zn-Lagerstättenrevier in Ostgrönland ist Mesters Vig, 12 km inland von Nyhavn, auf Scoresby Land. An Störungszonen gebundene Sulfidvererzungen

sind hier verbreitet (s. Abb. 6-15). Von den zwei größten Störungszonen, Blyklippen und Sortebjerg, die zwischen 1948 bis 1954 im Detail erkundet wurden, wurde dann letztendlich Blyklippen zwischen 1956 und 1962 vollständig abgebaut (s. Abb. 6-13). Ziel des Abbaus war eine 2 – 10 m mächtige, 300 m lange und 160 m breite Sulfidierzlinie in einer Zone mit mehreren Quarzgängen (s. Abb. 6-14). Die Linse enthielt ca. 65 % Quarz, 15 % Zinkblende, 10 % Bleiglanz, 5 – 10 % Baryt sowie Spuren von Chalkopyrit und Fahlerz. Die Cu- und Ag-Gehalte lagen bei 0,012 % bzw. 15 ppm. Insgesamt wurden 544.600 t Sulfidierz mit Durchschnittsgehalten von 9,3 % Pb und 9,9 % Zn gewonnen. Vor Ort wurden daraus 58.500 t Bleikonzentrat mit einem Durchschnittsgehalt von 82,7 % Pb und 115 ppm Ag sowie 74.600 t Zinkkonzentrat mit durchschnittlich 63,7 % Zn aufbereitet (THOMASSEN 2005b).

Das Sortebjerg-Gangsystem im Mesters-Vig-Lagerstättenrevier (s. Abb. 6-15) ist im Gelände über fünf Aufschlüsse auf 4 km Länge nachweisbar, wobei die größte nach-

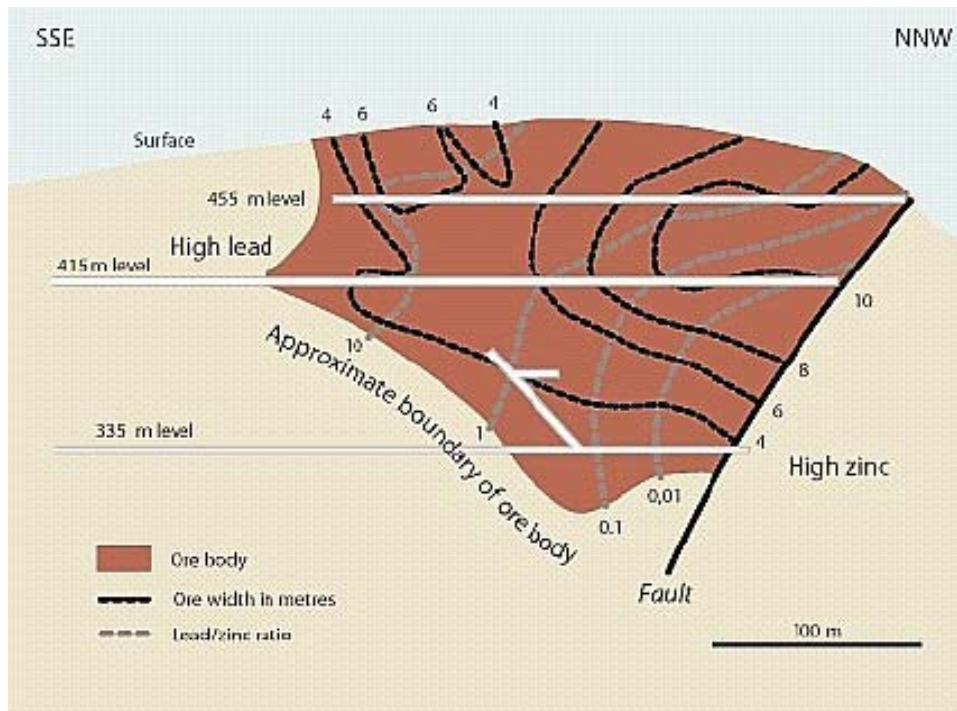


Abb. 6-14: Längsschnitt durch den Blyklippen-Erzkörper, aus THOMASSEN (2005b).

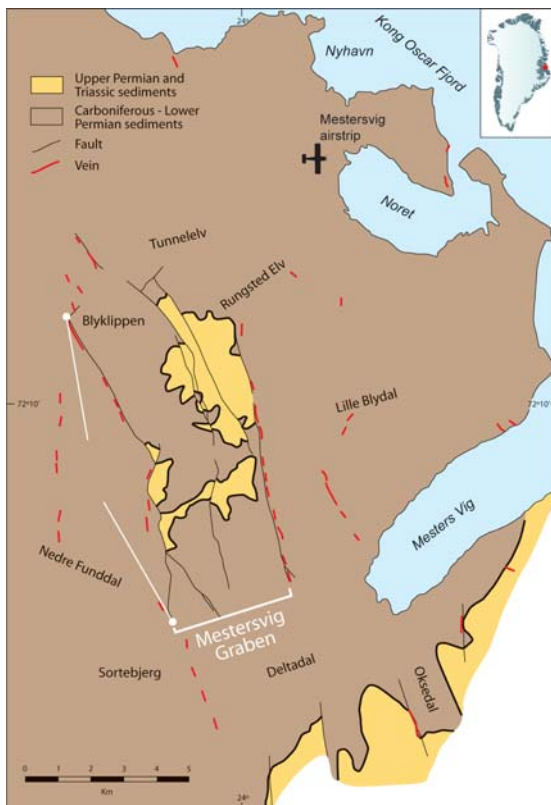


Abb. 6-15: Vereinfachte geologische Karte des Mestersvig-Lagerstättenreviers mit Darstellung der hydrothermalen Gänge, aus THOMASSEN (2005b).

gewiesene Sulfiderzlinse – aus massivem Bleiglanz – 13 m Länge und 75 cm Breite erreicht. Generell ist jedoch Zinkblende häufiger als Bleiglanz. Einer der durch Bohrungen näher erkundeten Aufschlüsse bei Sorte Hjørne enthält über eine Ganglänge von 250 m rund 220.000 t Erz mit Gehalten von 9,3 % Zn, 2,1 % Pb und 0,7 % Cu.

Das bis zu 50 m breite Deltadal-Rungsted-Elv-Gangsystem (s. Abb. 6-15) lässt sich anhand mehrerer Aufschlüsse über 8 km Länge beobachten. Hiernach bestehen die zugehörigen mehrere Dezimeter mächtigen Gänge aus Quarz- und Baryt mit stark wechselnden Anteilen an Sulfiderzen. Massive Linsen sind selten. Die in den verschiedenen Aufschlüssen entnommenen Proben ergaben Gehalte von 0,2 – 1,5 % Zn, 0,2 – 0,5 % Cu, 0,1 – 4,4 % Pb und 10 – 14 ppm Ag. Das Langelinie-Gangsystem besteht aus drei Quarzgängen mit nur einer Sulfiderzlinse von 30 m Länge und 15 m Breite. Eine einzelne Analyse des Sulfiderzes ergab einen Gehalt von 9,0 % Pb, 1,6 % Cu, 0,04 % Zn, 28 ppm Ag, 36 ppm Sb und 0,02 ppm Au.

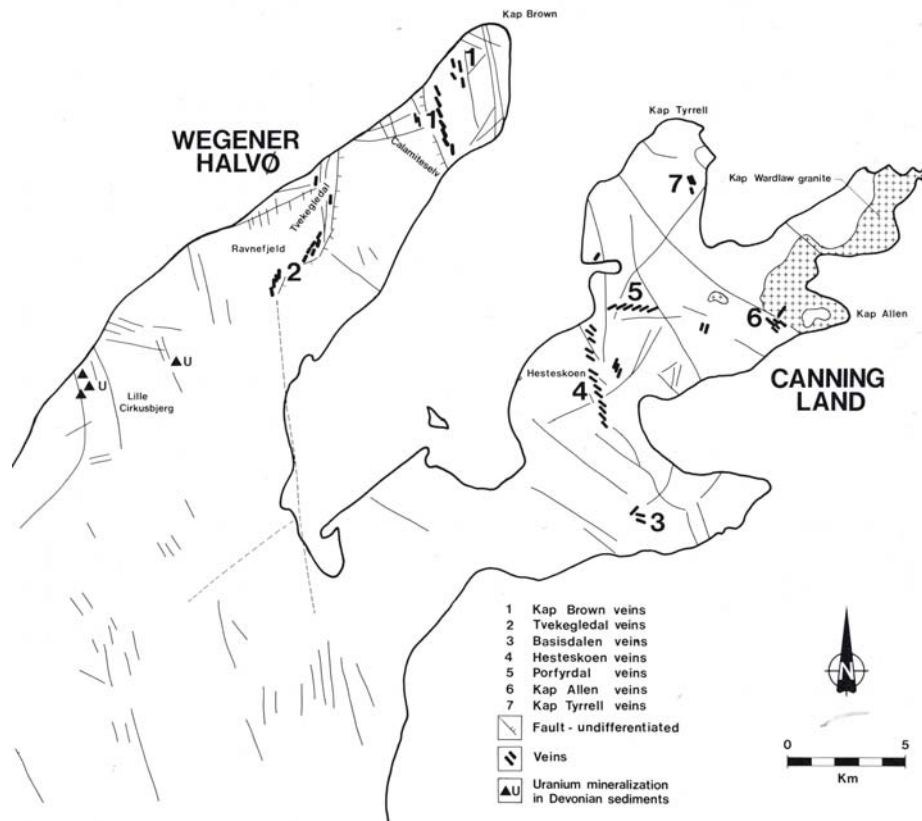


Abb. 6-16: Störungssystem und ausgewählte Mineralvorkommen in den präkarbonischen Gesteinen von Wegener Halvø und Canning Land, aus HARPØTH et al. (1986).

Der Nuldal-Gangzug ist 10 m breit und über fünf Aufschlüsse nachweisbar. Der wichtigste Aufschluss stellt eine Linse mit 1 m Mächtigkeit, 8 m Länge und mindestens 2 m Höhe aus massivem Bleiglanz dar.

Neben Mesters Vig sind aus Ostgrönland mehrere andere Gebiete mit Pb-Zn-Vererzungen bekannt:

Auf den beiden Halbinseln Canning Land und Wegener Halvø wurden zahlreiche, bis mehrere Meter mächtige und über Hunderte von Metern verfolgbare Gänge unterschiedlicher Mächtigkeit auskartiert, die zum Teil hohe Gehalte an Cu, Pb und Zn (jeweils zwischen 1 – 20 %) führen. Analysierte Maximalwerte an anderen Metallen sind 0,35 % Bi, 660 ppm As, 350 ppm Ag, 300 ppm Sb und 3,6 ppm Au. Im weiteren Gebiet um Damslottet im inneren Alpefjord und auch am Roslin Gletscher finden sich bis mehrere Meter große Linsen aus

Kalksilikatfelsen, die reich an Bleiglanz und Zinkblende, aber auch an Chalkopyrit und Pyrrhotin sowie fein verteilt an Scheelit sind. Eine Einzelprobe ergab einen Gehalt von 7,2 % Zn, 1,5 % Pb, 0,1 % Cu, 70 ppm Sn, 60 ppm Bi, 18 ppm Ag, 16 ppm Sb und 0,03 ppm Au.

Am Nordosthang von Schaffhuserdalen, ebenfalls in der Alpefjordregion, wurden Pb-Zn-Ag-Mineralisationen in Kalksilikatfelsen näher exploriert. Dort umfasst das mineralisierte Gebiet eine Fläche von 100 x 75 m mit einer Ausdehnung der größten Linse von 100 x 40 m. Die wichtigsten Erzminerale sind Bleiglanz und Zinkblende sowie untergeordnet Arsenopyrit, Chalkopyrit, Cubanit, Pyrit, Pyrrhotin, Markasit, Pyrargyrit und Freibergit. Die Durchschnittsgehalte von 83 Einzelproben betragen 1,1 % Pb, 0,4 % Zn und 40 ppm Ag. Die Maximalwerte liegen bei 3,6 % Pb, 1,5 % Zn, 0,7 % Mn, 0,3 % Ba, 500 ppm

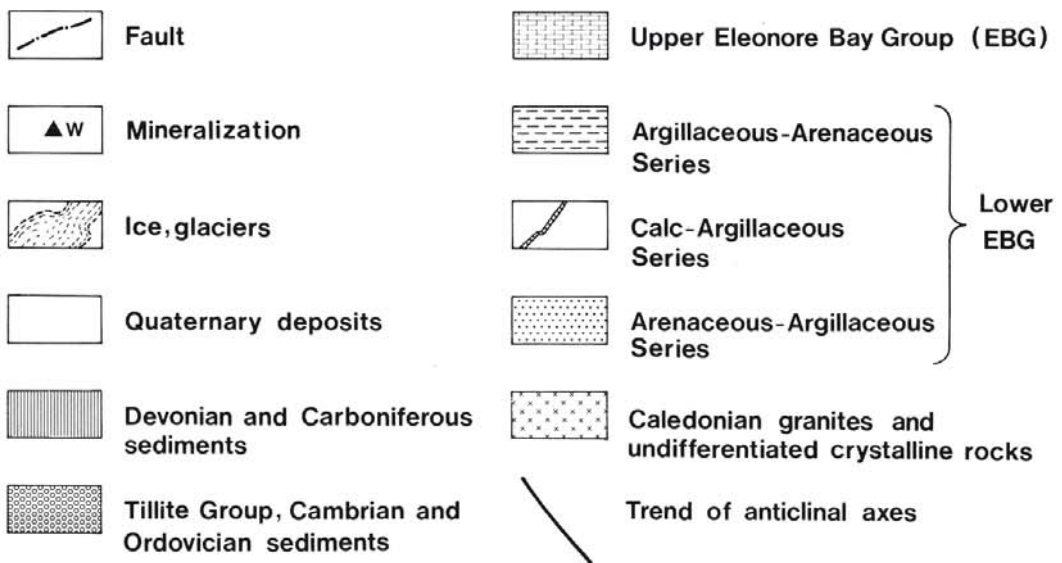
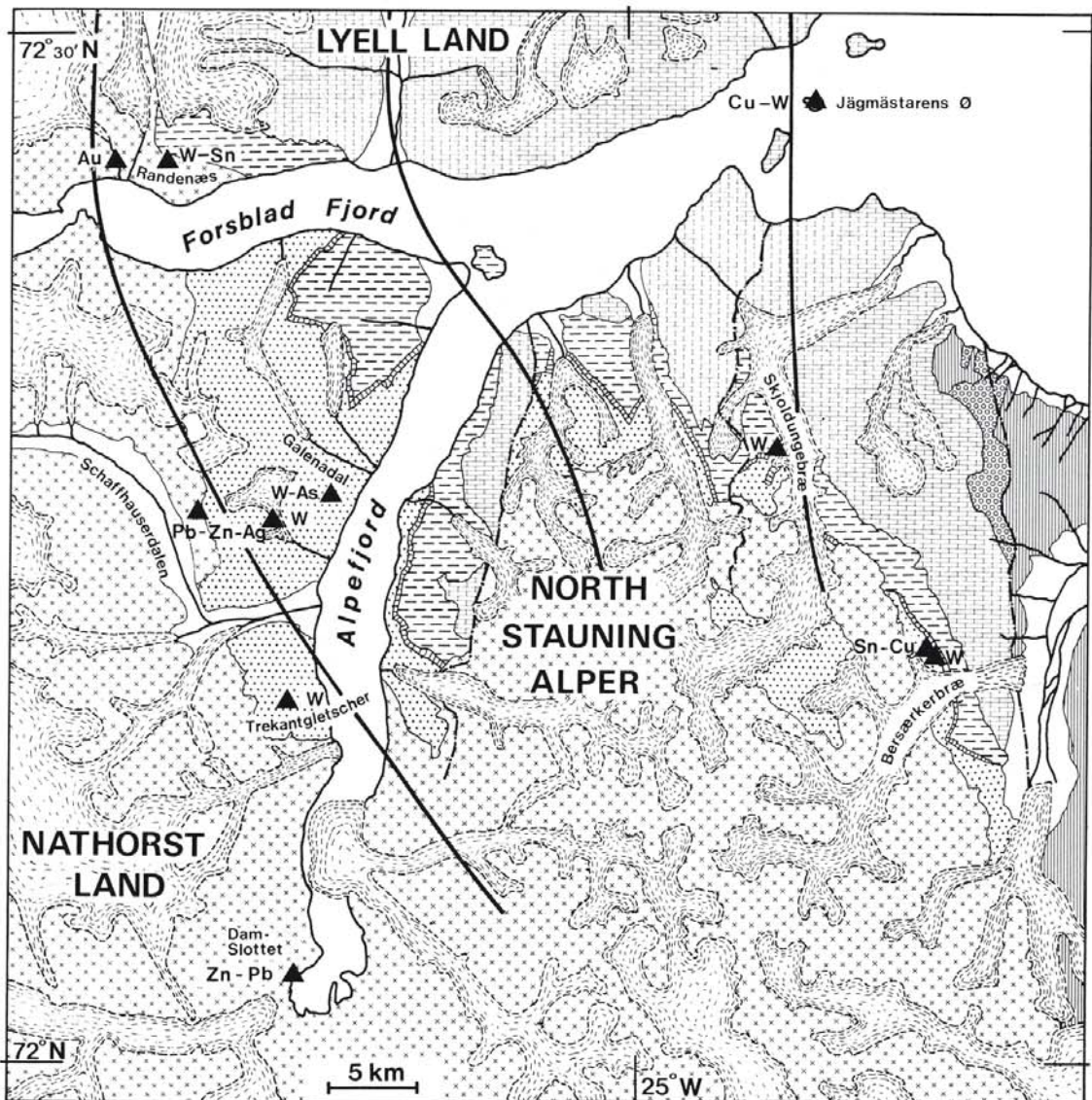


Abb. 6-17: Geologische Karte der Alpefjordregion mit Lage ausgewählter Mineralvorkommen, aus HARPÖTH et al. (1986).

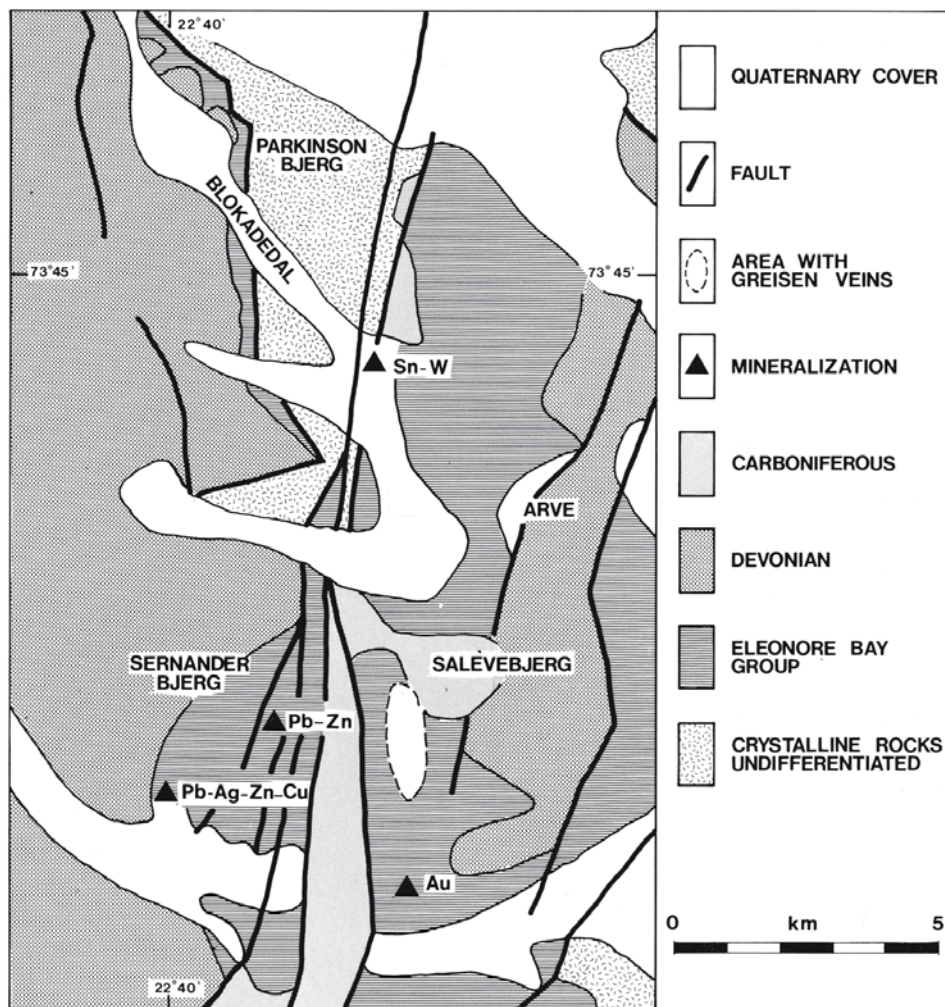


Abb. 6-18: Geologische Übersichtskarte des süd-östlichen Hudson Land mit Lage ausgewählter Mineralvorkommen, aus HARPØTH et al. (1986).

B, 300 ppm Li, 270 ppm Ag, 170 ppm Sb sowie 140 ppm Cu (HARPØTH et al. 1986).

An einen Seitenzweig der Stauning-Alper-Störung, zwischen 20 km von Øvre Arkosedal bis nach Konglomeratelv, mit Zentrum entlang Kuldedal, sind zahlreiche mm- bis cm-mächtige, Metallsulfide führende gering mächtige Gänge aufgeschlossen. Bei den Metallsulfiden handelt es sich um Bleiglanz, Zinkblende, Chalkopyrit sowie untergeordnet Chalkosin, Bornit, Pyrit und Arsenopyrit. Analysierte Proben enthielten bis mehrere Prozent Pb, Zn, Cu und Ba und bis 500 ppm Ag.

Westlich des Sernander Bjergs auf Hudson Land verläuft eine Störungszone, die durch

brekziierte Quarzgänge mit Vererzungen von Bleiglanz, Pyrit, Zinkblende, Chalkopyrit, Arsenopyrit und Fahlerz mit bis zu 20 m Weite, 6 m Mächtigkeit und bis über 50 m vertikaler Erstreckung im Gelände sichtbar ist. Gesteinsanalysen des aufgeschlossenen Teils der Störungszone erbrachten durchschnittliche Gehalte von 10,6 % Pb, 1,5 % Zn, 0,4 % Cu, 285 ppm Ag und 0,2 ppm Au. Eine Abschätzung der Gesamtvorräte erfolgte unter Annahme einer durchschnittlichen Mächtigkeit der mineralisierten Quarzgänge von 3,5 m sowie einer Erstreckung von 75 m und erbrachte Erzvorräte von 50.000 – 80.000 t mit Gehalten von 12 % Pb, Zn und Cu sowie 300 ppm Ag (HARPØTH et al. 1986).

Auch im Hangschutt östlich des Sernander Berg finden sich Gerölle aus Gangquarz mit reichlich Bleiglanz und Zinkblende sowie untergeordnet Pyrit. Die Maximalgehalte analysierter Gerölle betragen 20,8 % Pb, 5,9 % Zn, 150 ppm Bi und 20 ppm Ag. Die Durchschnittswerte werden allerdings nur auf wenige Prozent Pb und Zn geschätzt. Im Prospektal östlich vom Høgbom Bjerg, ebenfalls auf Hudson Land, finden sich weit verbreitet cm- bis dm-mächtige Gänge, teils in Schwärmen konzentriert, von grobkörnigem Quarz mit Fluorit, Calcit, Baryt und Epidot. Sulfidische Erzminerale sind mit Gehalten <1 % vertreten. Es handelt sich um Bleiglanz, Bornit und Chalcosin sowie untergeordnet Zinkblende, Chalkopyrit, Pyrrhotin und Arsenopyrit. Eine Einzelprobe ergab Gehalte von 3,5 % Cu, 2,1 % Pb, 0,7 % Zn, 1,0 % Fe, 460 ppm Ag und 1,3 ppm Au (HARPØTH et al. 1986).

Am Westhang des Slugtdal auf Scoresby Land, in den dortigen syenitischen Gesteinen, treten lokal begrenzt auffällige Mineralisations- und Verwitterungsfarben auf, die mit einer spätmagmatischen hydrothermalen Aktivität in Zusammenhang gebracht werden. Aufgrund der Abgeschiedenheit des Gebiets liegen nur wenige Prospektionsergebnisse vor, die konstant erhöhte Werte an Pb (bis 1 %), Cu (bis 0,1 %), Ag (bis 130 ppm), jedoch nur gelegentlich Mo (bis 0,1 %) und W (bis 800 ppm) anzeigen (HARPØTH et al. 1986).

Auch im Süden von Claving Ø sind Anreicherungen von Blei und Zink weit verbreitet (s. Abb. 6-19). Die tiefe Verwitterung und die Überdeckung mit Solifluktionmassen ließ bisher jedoch eine Exploration des Anstehenden kaum zu, so dass fast alle Informationen aus Geröllen und Geschieben abgeleitet werden müssen. Insgesamt wurden bisher vier Gebiete näher untersucht (HARPØTH et al. 1986):

- Rustplateau, auf dem mineralisierte Geschiebe über mehrere km² Fläche nachweisbar sind. Es handelt sich einerseits um verkieselte und kaolinisierte Gangbrekzien mit Pyrit sowie untergeordnet Fluorit, Bleiglanz, Zinkblende und Spuren von Chalkopyrit. Andererseits treten Quarz-Fluorit-Gänge mit Bleiglanz, Zinkblende und Pyrit auf. Die Maximalgehalte aus insgesamt 16 untersuchten Einzelproben sind 14,5 % Pb, 2,5 % Zn, 0,35 % Ba, 0,03 % Cu, 60 ppm Ag und 0,05 ppm Au.
- Auspiciedalen, wo mit Unterbrechungen über 1,5 km Länge und einer mittleren Breite von 1,3 m ein Gang aus massivem (90 %) Pyrit mit Spuren von Bleiglanz und Arsenopyrit auftritt. Die Vorräte werden auf mehrere Millionen Tonnen massiven Pyrits geschätzt. Dieser führt 0,5 ppm Au und 25 ppm Ag.
- Nördlich Eskimonæs, wo während einer Hubschrauberbefliegung verrostete Gerölle auffielen, die sich bei der Untersuchung als brekziierte Gneise oder Gangquarze mit Pyrit sowie untergeordnet Bleiglanz und Fluorit herausstellten.
- Brinkley Bjerg, wo rot gefärbte Solifluktionmassen unterschiedlichste Gesteine mit Einschlüssen, Klüften oder Belägen von Pyrit aufweisen. Zinkblende und Chalkopyrit sind weit untergeordnet vertreten.

Bei Karstryggen im Schuchert Dal auf Jameson Land sind Ablagerungen einer alten Karbonatplattform auf ca. 10 x 30 km Fläche nachweisbar. Im Norden dieser Plattform ist eine schichtgebundene Pb-Zn-Mineralisation auf ca. 1.500 x 500 m Fläche bei einer durchschnittlichen Mächtigkeit von

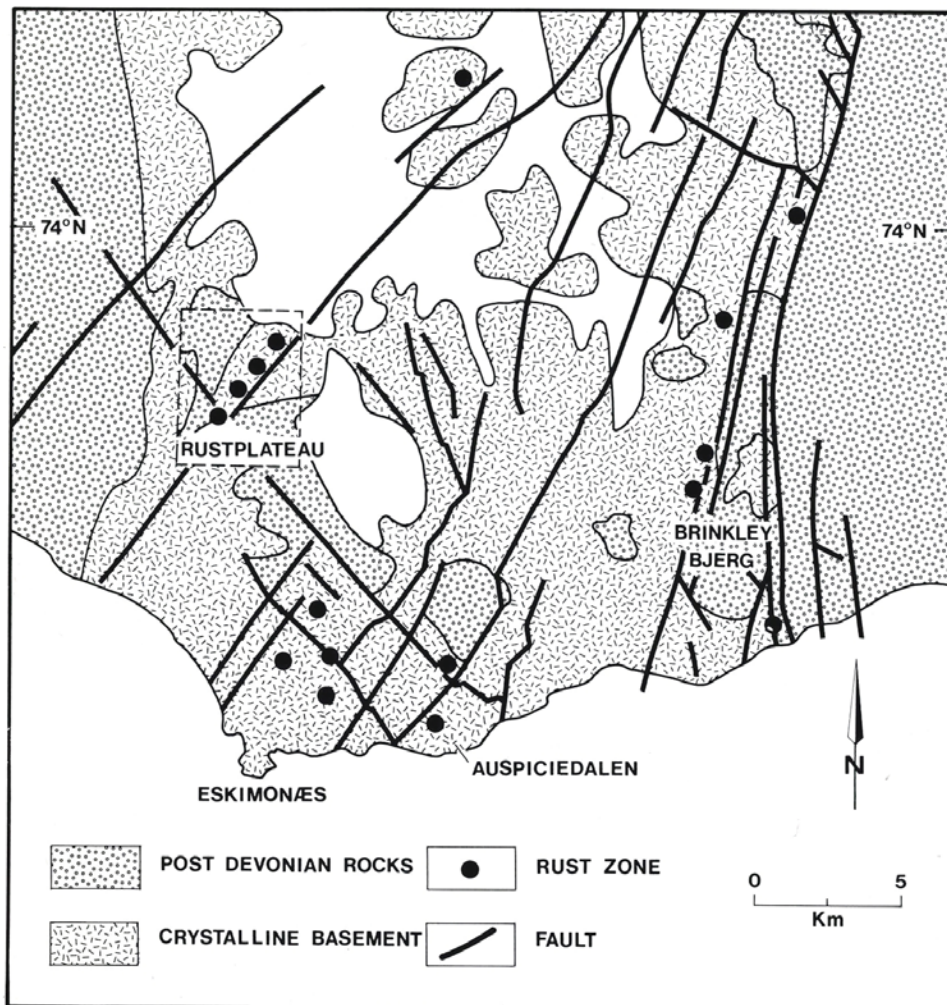


Abb. 6-19: Geologische Übersichtskarte des südlichen Clavering Ø mit Lage der mineralisierten Gebiete, aus HARPØTH et al. (1986).

20 – 5 m aufgeschlossen. Die Vererzung tritt in Form von Bleiglanzkristallen in mikritischem Kalkstein sowie als Bleiglanzkristalle, Zinkblende sowie untergeordnet Pyrit, Markasit, Coelestin und Fluorit in Klüften und Störungen auf. Analysen ergaben Werte bis 10 % Pb, 42 % Zn, 0,15 % Cd und 150 ppm Ag. Eine grobe Abschätzung der Erzvorräte beläuft sich auf mehrere Zehner Millionen Tonnen.

Im Süden des o.g. Gebiets, ca. 10 km nördlich von Nordostbuget, auf der Westseite des Schuchert Dal, wurde eine Mineralisation genauer auskartiert. Hier ist die Pb-Zn-Mineralisation auf eine Fläche von 50 x 50 m, bei einer Bankmächtigkeit >10 m, konzentriert. Im anstehenden mikri-

tischen Kalkstein treten mm- bis cm-dünne Gänge auf, die mit Pyrit, Bleiglanz, Zinkblende, Markasit und untergeordnet Calcit gefüllt sind. Die Maximalgehalte untersuchter Einzelproben belaufen sich auf 25 % Pb, 3,5 % Zn und 70 ppm Ag. Der durchschnittliche Pb/Zn-Gehalt beträgt 1 – 2 % (HARPØTH et al. 1986).

Ebenfalls im Schuchert Dal verläuft eine über ca. 15 km Länge verfolgbare Störungszone, die von mehreren dm bis maximal 3 m mächtigen Quarzgängen mit bis zu 30 x 60 cm großen, massiven Linsen aus Bleiglanz sowie untergeordnet Zinkblende, Chalcopyrit und Baryt sowie Fluorit begleitet wird. In den mineralisierten Zonen wird der Bleiglanzanteil auf 5 % geschätzt. Aus

den zahlreichen durchgeführten Analysen können nicht nur stark schwankende Pb-, Zn- und Cu-Gehalte, sondern auch erhöhte Gehalte an Ag (bis 250 ppm), Sb (bis 0,15 %) und Ba (bis 14,5 %) abgeleitet werden (HARPØTH et al. 1986).

Auf Wegener Halvø sind in einer oberpermischen Abfolge von Kalksteinen auch Schwarzschiefer eingeschaltet. Petrographisch handelt es sich um bitumen- und glimmerreiche, laminierte Siltsteine mit einem hohen Anteil kalkhaltiger Konkretionen und

Konkretionslagen. Diese Schwarzschiefer stellen potenzielle Erdölmuttergesteine dar und werden häufig mit dem mitteleuropäischen Kupferschiefer verglichen. Ähnlich dem Kupferschiefer ist auch in den grönländischen Schwarzschiefern eine Mineralisation aus feinkörnigen Sulfiderzen verbreitet. Die wichtigsten Erzminerale sind Zinkblende und Bleiglanz sowie untergeordnet Chalkopyrit, Pyrit, Molybdänit und Markasit. Ältere Analysen ergaben Gehalte von 0,05 % Cu, 0,05 – 0,15 % Zn, 0,10 – 0,70 % Pb, 0,02 % Ni und 0,01 – 0,03 % V (Niel-

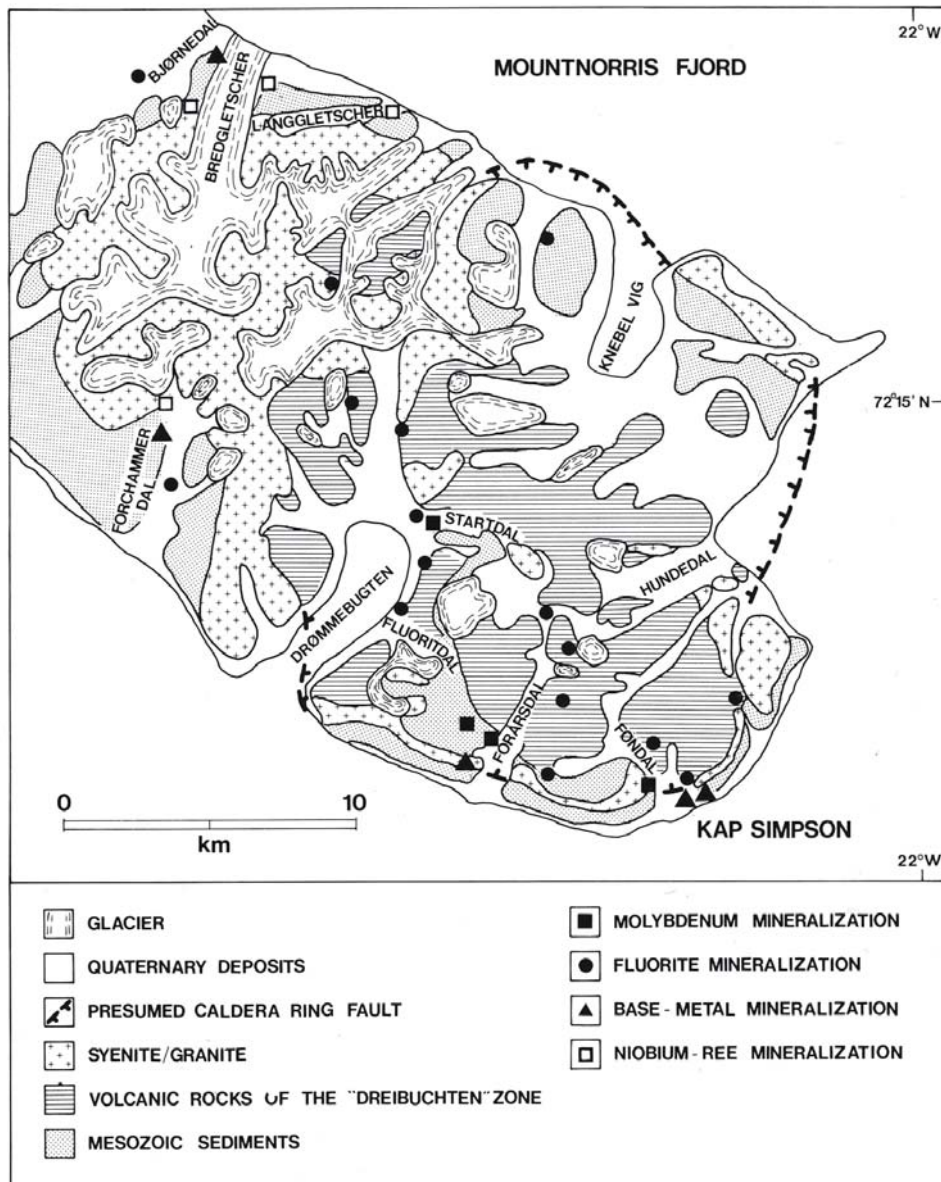


Abb. 6-20: Vereinfachte geologische Karte des Kap-Simpson-Komplexes auf Traill Ø mit Lage der Mineralisationen, aus HARPØTH et al. (1986).

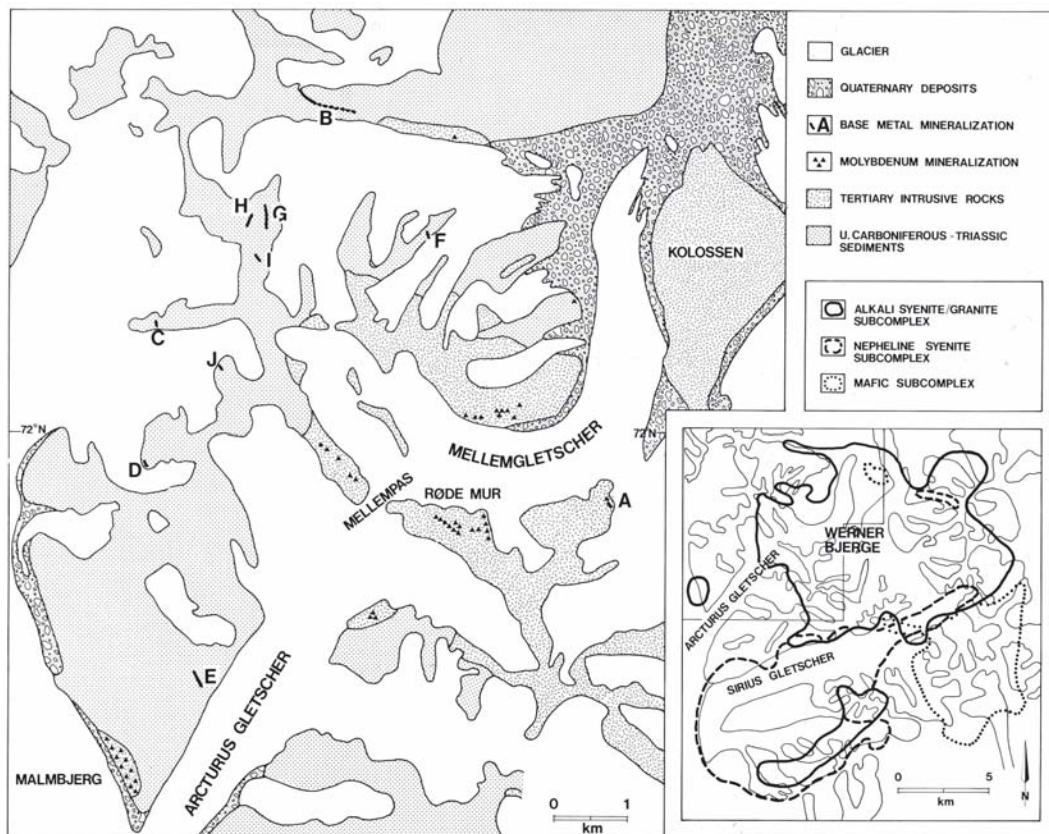


Abb. 6-21: Lage der Mo- und Pb-Zn-Mineralisationen in den nordwestlichen Werner Bjerger. Die Innenkarte zeigt die lithologische Großgliederung der Werner Bjerger, aus HARPØTH et al. (1986).

sen 1973, 1976). Südwestlich von Vimmelskaftef erbrachten Schlitzproben in den untersten 15 m der Abfolge durchschnittliche Gehalte von 0,13 % Pb, 350 ppm Zn, 200 ppm Cu, 79 ppm V, 72 ppm Ni, 30 ppm Co, 1 ppm Th, 7 ppm U sowie bis zu 80 ppm Mo und 30 ppm Ag. Zum Hangenden der Abfolge nimmt der Metallgehalt meist ab (HARPØTH et al. 1986).

Auch am Kap Simpson auf Traill Ø tritt eine polymetallische Vererzung auf und zwar in Form von Sulfide führenden Calcitgängen in mylonitisierten Tonschiefern (s. Abb. 6-20). Der größte Gang wurde am nordöstlichen Eingang zum Føndal gefunden. Er ist ca. 20 m lang und 2 m breit und besteht aus Calcit, Bleiglanz, Chalkopyrit, Zinkblende, Pyrit sowie untergeordnet Fluorit. Der Sulfidanteil wird auf 30 – 40 % geschätzt. Ungefähr 1 km nordöstlich existiert ein weiterer, ca. 30 m langer und bis

50 cm weiter Gang mit ähnlicher Mineralogie. Typisch für die Gänge sind hohe Gehalte an Pb, Zn und Cu aber auch bis zu 2,5 % Ti, 1,8 % Mn, 0,4 % V, 0,19 % Cd, 400 ppm Ni, 250 ppm Co, 200 ppm Bi, 125 g ppm Ag, 100 ppm Mo, 50 ppm Sn und 0,4 ppm Au (HARPØTH et al. 1986).

Quarz führende Gänge am Kap Simpson führen als Wertminerale Columbit, Ilmenorit, Euxenit, Fergusonit, Monazit und Bastnäsit (NIELSEN 1976). Abschließend zu nennen sind die Pb-Zn-Vererzungen im Werner-Bjerger-Intrusivkomplex, der vor allem durch seine Molybdän-Lagerstätte Malmbjerg bekannt geworden ist (s. Kapitel 6.1.6 bzw. Abb. 6-21). Die Pb-Zn-Mineralisationen dieser Region sind gebunden an

- Gänge in Graniten (Quarz-Fluorit-Gänge mit Pyrit und lokalen Linsen bis

- 50 cm Mächtigkeit und 2 m Länge aus massivem Bleiglanz und Zinkblende)
- Gänge in paläozoischen Arkosen (bis 5 m breite, 250 m lange und 200 m mächtige Quarz-Karbonat-Fluorit-Gänge mit wechselnden Gehalten an Bleiglanz, Zinkblende, Pyrit und Chalkopyrit. Die Vorräte in der größten Gangzone werden auf 300.000 t Erz mit einem Gehalt von 1 – 2 % Zn geschätzt) sowie
 - Skarne im Bereich von Störungen oder Quarzporphyrgängen in oberpermischen Karbonaten. Die Skarnlinsen erreichen bis 2 m Breite, 200 m Länge und 75 m Mächtigkeit. Die in ihnen enthaltenen Erzminerale Bleiglanz und Zinkblende sowie untergeordnet Pyrit und Chalkopyrit treten als verteilte Körner oder als kleine massive Linsen auf (HARPØTH ET AL. 1986).
 - In den Horizonten 3 und 5 der sog. Quarziteserie betragen die Cu-Gehalte in 0,2 – 2 m mächtigen Horizonten durchschnittlich maximal 0,1 %. Im geringmächtigen Horizont 6 ist der Cu-Gehalt noch niedriger.
 - In der sog. Vielfarbigen Serie finden sich ebenfalls mehrere mineralisierte Horizonte. Am Wichtigsten ist der über mehr als 275 km N-S-Erstreckung nachgewiesene Horizont 7, der aus grünen karbonatischen Tonsteinen, darunter eine 1 – 2 m mächtige Tonsteinlage mit Gehalten von 200 – 1.000 ppm Cu, regional (z. B. Strindberg Land) 0,1 – 0,5 % Cu und maximal sogar 6 % Cu besteht. Die Horizonte 8 und 10 dieser Serie sind bei geringer Mächtigkeit dagegen nur niedriggradig mineralisiert.

Auf Traill Ø bei Rubjerg Knude sind in oberpermischen Sedimentgesteinen teils bis zu 20 m, durchschnittlich jedoch 5 – 10 m, der Gesteinsabfolge niedriggradig mit Cu, Ag und Pb mineralisiert. Dabei ist der mineralisierte Horizont gut anhand seiner gelben Verwitterungsfarbe inmitten ansonsten rotbrauner Verwitterungsfarben erkennbar. Als primäre Erzminerale treten Chalkosin sowie untergeordnet Bornit, Chalkopyrit, Bleiglanz und Pyrit auf. Sekundäre Erzminerale sind Covellin, Chalkopyrit, gediegen Kupfer, Malachit, Azurit und Cerussit. Für eine 1.300 x 2.500 m große, stärker mineralisierte Fläche, aus der zusammen 13 Einzelproben analysiert wurden, wurden die Erzvorräte auf rund 5 Mio. t bei Gehalten von 0,3 % Cu und 5 ppm Ag geschätzt.

6.1.5 Kupfer

Zahlreiche schichtgebundene Kupfermineralisationen sind aus der oberproterozoischen Eleonore Bay Group (EBG) bekannt, die in Ostgrönland auf einer Fläche von 450 km in N-S- und 200 km in E-W-Erstreckung auftritt (s. Abb. 6-22). Von dieser Fläche – größer als Bayern – wurde bisher nur ein kleiner Teil in der zentralen Fjordregion zwischen 72° N und 74° N näher untersucht (HARPØTH et al. 1986). In der ausschließlich aus Sedimentgesteinen aufgebauten, insgesamt viele Tausend Meter mächtigen EBG treten Kupfermineralisationen in mehreren Horizonten auf:

- In der sog. tonig-sandigen Abfolge finden sich zwei, jeweils maximal 5 m mächtige mineralisierte Horizonte mit durchschnittlich 0,1 % Cu.

Auch auf Gauss Halvø sind oberpermische Sedimentgesteine vertreten und dort ebenfalls teilweise mineralisiert. Das interessanteste Vorkommen liegt südöstlich Ladderbjerg, umfasst 1.000 x 400 m Fläche und reicht über ca. 10 m vertikale Erstreckung.

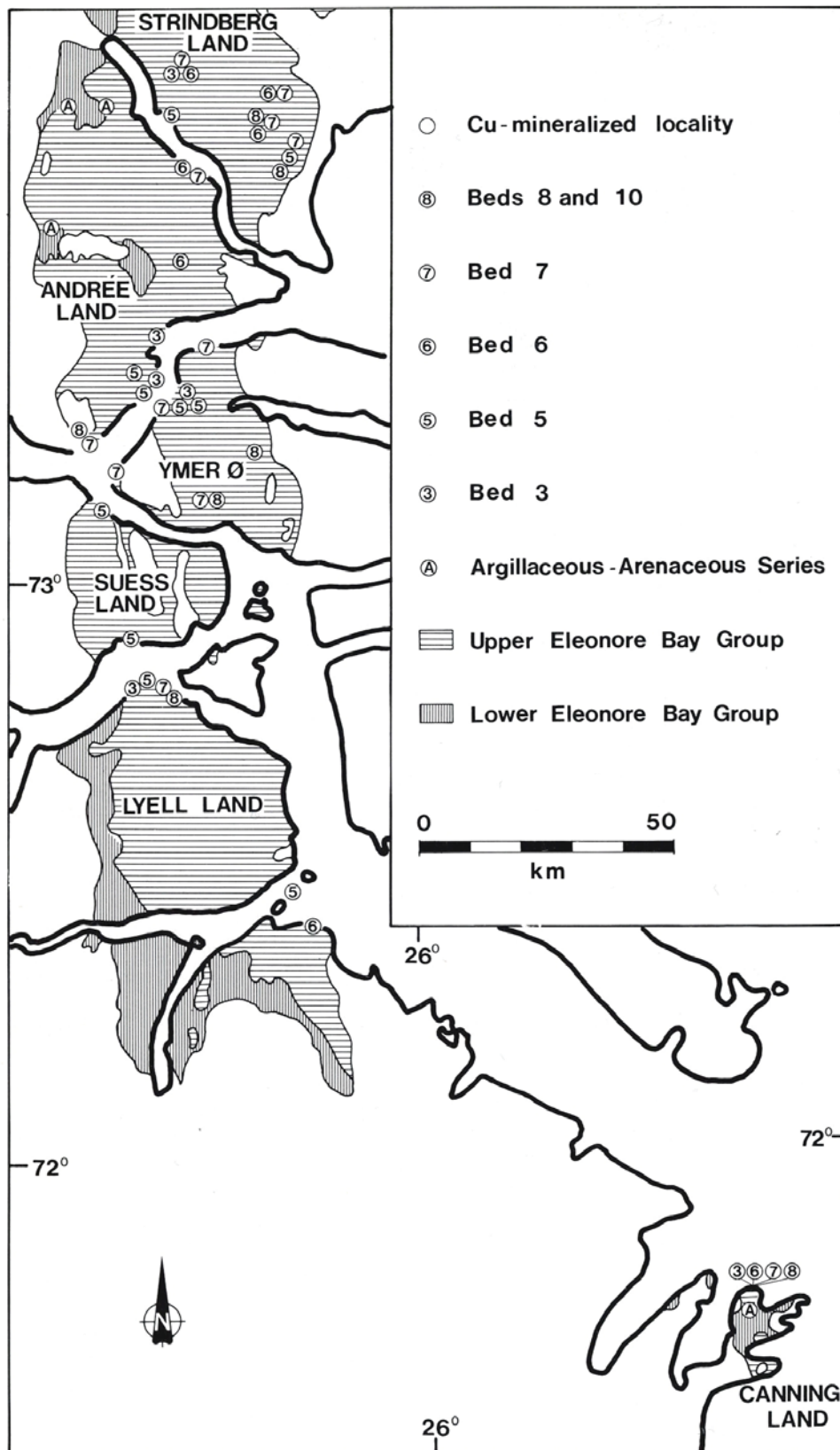


Abb. 6-22: Verteilung der wichtigsten Aufschlüsse mit Kupfermineralisationen in der Eleonore Bay Group südlich von 74° N, aus HARPØTH et al. (1986).

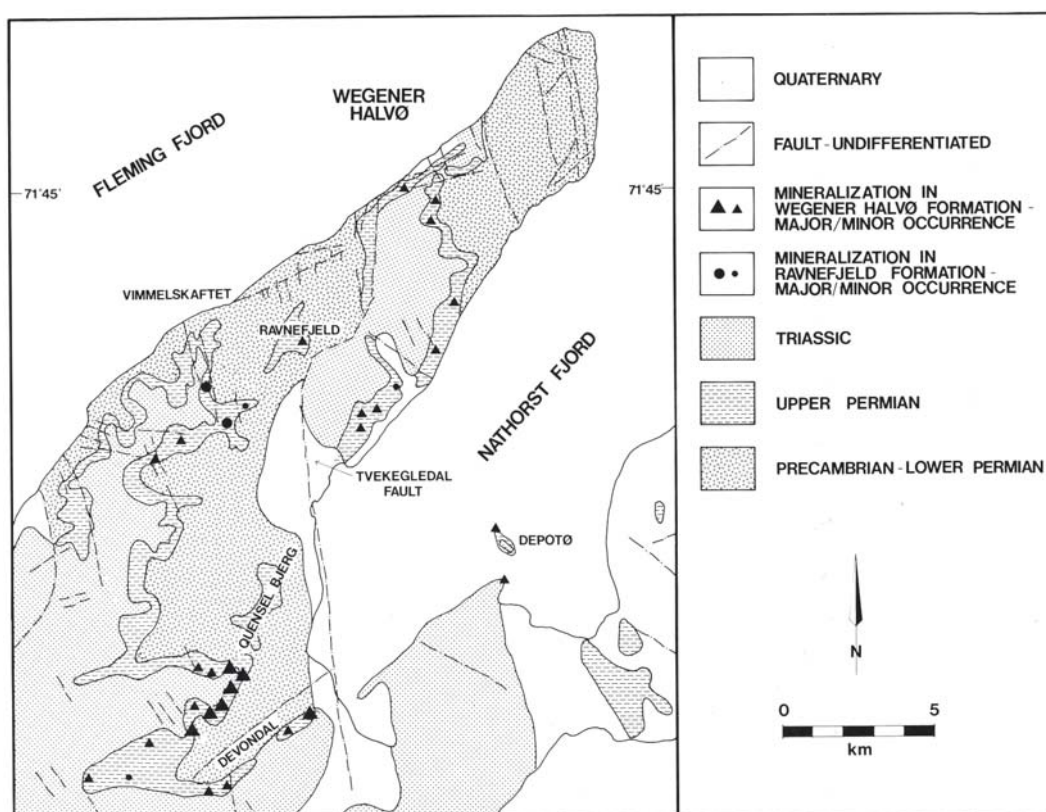


Abb. 6-23: Vereinfachte geologische Karte des von Wegener Halvø mit Lage vermuteter oberpermischer Mineralisationen, aus HARPØTH et al. (1986).

Basierend auf nur acht Proben liegen die geschätzten Erzvorräte bei >2,5 Mio. t mit Gehalten von 0,15 % Cu und 8 ppm Ag bzw. über 8 m vertikale Erstreckung bei >2,5 Mio. t Erz mit 0,1 % Pb (HARPØTH et al. 1986).

Im Osten des Gastisdal Tals auf Gauss Halvø kann in dem dort anstehenden Granit über mehr als 500 m Aufschlusslänge ein ca. 1 m mächtiger Gang aus dichtem Quarz mit Belägen aus Mn-Oxiden, Hämatit und untergeordnet Malachit beobachtet werden. Der Gang führt zudem verteilt mm-große Einschlüsse von Chalkopyrit, Chalkosin und Bornit sowie untergeordnet Bleiglanz, Zinkblende und Pyrit. Einzelproben ergaben Gehalte bis 2,5 % Cu, 0,35 % Pb, 250 ppm Ag und 150 ppm Bi (HARPØTH et al. 1986).

Auf Wegener Halvø in Zentralostgrönland treten neben Schwarzschiefern (s. Kapitel 6.1.4) im Wesentlichen fossilreiche Kalk-

steine auf, die besonders im Gebiet um den Quensel Bjerg und im Devondal mineralisiert sind (s. Abb. 6-23).

Am Quensel Bjerg ist die Mineralisation von einer Fläche von 2 x 7 km bekannt und auf eine 2 – 4 m mächtige, über 2 km Länge verfolgbare Baryt-Quarz-Zone in Barytgängen konzentriert. Tennantit-Tetraedrit, Bleiglanz sowie untergeordnet Chalkopyrit und Zinkblende, vergesellschaftet mit Baryt und weniger Quarz, sind die Haupterzminerale. Die Vorräte werden auf 10 Mio. t Erz mit Gehalten von 2 – 4 % Sulfide und 30 – 40 % Baryt geschätzt.

Auf der Südseite des Devondals beißt eine Cu-Pb-Zn-Ag-Mineralisation über 5 km Länge aus. Sie ist gebunden an Quarz- und Barytgängen, unter denen ein Gang jedoch bis 5 m Breite und 400 m sichtbare Länge erreicht. Die Erzminerale umfassen Tennantit, Chalkopyrit, Bleiglanz, Zinkblende und

Pyrit. 20 Einzelproben aus einem begrenzten Areal ergaben durchschnittliche Gehalte von 0,5 % Cu, 0,2 % Pb und 0,1 % Zn, die aufgrund der Verwitterung von Tennantit und Zinkblende jedoch vermutlich zu niedrig ausgefallen sind. Auf Jameson Land (s. Abb. 6-24) in Ostgrönland liegt die triassische Gesteinsabfolge als 1.700 m mächtige Sequenz aus flachmarinen bis kontinentalen Klastiten mit Einlagerungen von Evaporiten und untergeordnet Kalkstein vor.

Besonders im Devondal Gebiet, im Nordosten des Jameson Landes, treten in einigen Horizonten der untertriassischen Pingo Dal Formation sulfidische Vererzungen auf. Es handelt sich um Chalkosin und Bleiglanz sowie untergeordnet Bornit, Chalkopyrit, Pyrit, Zinkblende, Tennantit und Betehti-

nit. Sekundäre Erzminerale sind Covellin, kupferhaltiger Bleiglanz, Malachit, Azurit, Cerussit und Goethit. Neben Cu, Pb und Zn, sind teils auch die Gehalte von Mo, Bi und Co erhöht. In Horizonten mit erhöhten Bleigehalten führen diese im Devondal Gebiet durchschnittlich 2 – 2,5 % Pb. Horizonte mit erhöhten Kupfergehalten führen 0,01 – 0,94 % Cu und bis zu 81 ppm Ag. Untersuchte Vererzungsgebiete liegen im südlichen Devondal, südlich von Kassen (2,4 % Pb und 0,44 % Cu), im nördlichen Myalindal (1,1 % Pb und 0,23 % Cu) sowie rund um den Paradigmabjerg.

Die Pingo Dal Beds sind auf einer Fläche von rund 1.000 km² in verschiedenen geringmächtigen Horizonten mit einer Gesamtmächtigkeit von 30 – 190 cm vererzt. Die

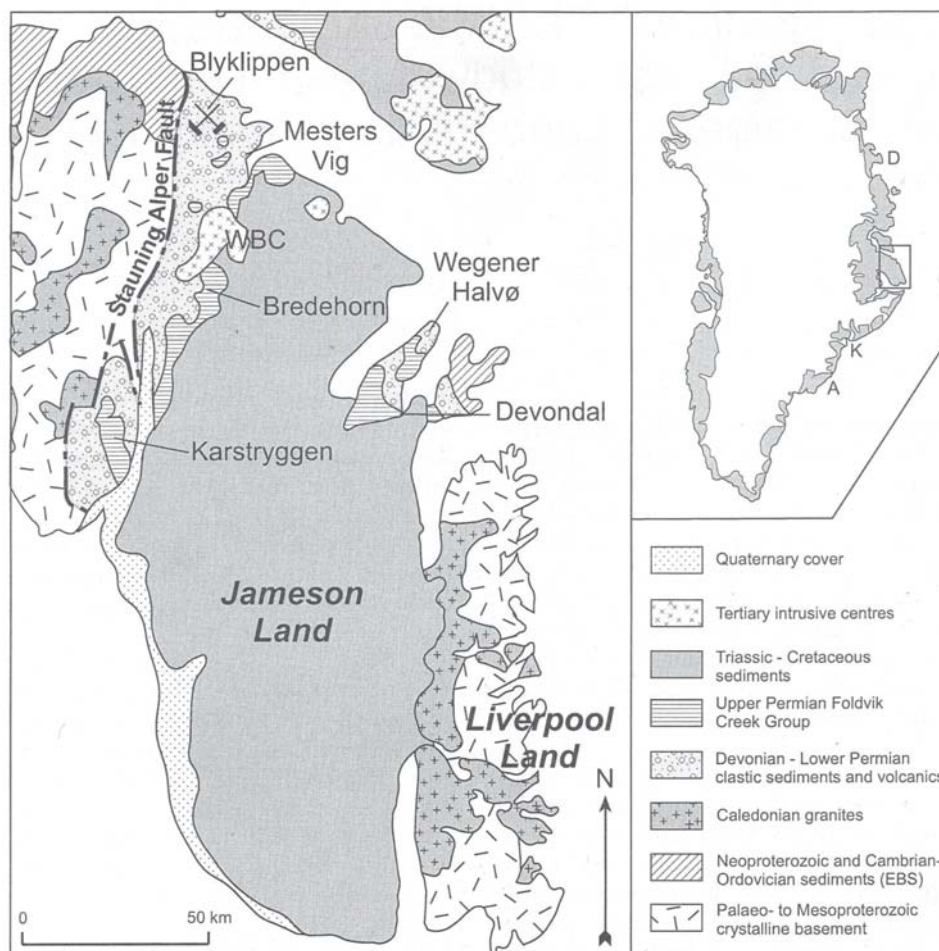


Abb. 6-24: Geologische Karte des Jameson-Land-Beckens und der angrenzenden Gesteinseinheiten (WBC = Werner-Bjerger-Intrusivkomplex, D = Danmarkshavn, K = Kangerdlugssuaq, A = Ammasalik), aus PEDERSEN (2000).

anhand von Einzelproben ermittelten Gehalte schwanken zwischen 0,015 – 0,52 % Cu, 90 – 100 ppm Zn, 15 – 30 ppm Pb und 1,2 – 2,4 ppm Ag.

Stratigraphisch etwas jünger als die Pingel Dal Beds sind die ebenfalls auf großer Fläche verbreiteten Malmros Klint und die hangende Ørsted-Dal-Formationen, in deren Übergangsbereich zwei oder mehr 10 – 100 cm mächtige Verwitterungshorizonte auftreten, die mit gediegen Kupfer, Cuprit, Bornit, Chalkopyrit, gediegen Silber und Kupferarseniden vererzt sind. Die ermittelten maximalen Metallgehalte liegen bei 27,5 % (durchschnittlich 0,05 %) Cu, 5 % As, 0,25 % V, 787 ppm Ag sowie 0,5 ppm Au. Bei Bersærkerbræ im ostgrönländischen North-Stauning-Alper-Gebiet konnte neben zahlreichen Quarzgängen mit Kassiteritführung (s. Kap. 6.1.8) über vermutet >200 m Erstreckung auch ein Gang aus grobkörnigem Fluorit und Baryt ausgehalten werden. Vom Baryt aus sind bis 5 mm mächtige Gänge in den benachbarten Hornfels eingedrungen. Diese bestehen aus Chalkosin und Bornit mit zahlreichen Einschlüssen von Bleiglanz. Einzelproben dieser Gänge ergaben Gehalte von 8,5 – 35,5 % Cu, 150 – 540 ppm Ag, bis 400 ppm Pb, bis 150 ppm Mo und bis 0,1 ppm Au. Überschlägig wurden Vorräte von 100.000 t Erz mit Gehalten von 2 – 3 % Cu und 50 ppm Ag berechnet (HARPØTH et al. 1986).

Auf Charcot Land zu beiden Seiten des Daugaard-Jensen-Gletschers finden sich massive, bis 4 m mächtige Horizonte aus Pyrit und Pyrrhotin mit Spuren von Chalkopyrit. Als Teilergebnis einer ersten Prospektionskampagne im Jahr 1969 konnten in Pyrit-Pyrrhotin-Linsen Metallgehalte von jeweils maximal 0,1 % Ni, 600 ppm Cu, 200 ppm Sn, 200 ppm Zn, 200 ppm Pb, 100 ppm Mo, 20 ppm Ag bzw. 0,01 ppm Au analysiert werden (HARPØTH et al. 1986).

Eine Vererzung mit Kupfer und Antimon wurde bei Holmesø im Brogetdal auf Strindberg Land entdeckt (Abb. 6-25). Es handelt sich um eine Tetraedrit-Chalkopyrit-Anreicherung in weißen Quarziten, die auf eine Fläche von 500 x 1.000 m begrenzt und an eine große Störung gebunden ist. Nach Misch-, Einzel- und Bohrkernproben ergeben sich Gehalte von ca. 1,35 % Cu, 0,67 – 1,07 % Sb, 0,06 – 0,14 % Zn und 24 – 28 ppm Ag. Kleinere Vorkommen mit Ausbissen von nur je 10 m² Fläche von Pyrrhotin, und zum Teil Titanomagnetit, wurden bei Kobberpynt, Renodde und Døde Bræ, Vestfjord-Gebiet in Zentralostgrönland, kartiert (HARPØTH et al. 1986). Diese Vorkommen führen 700 ppm – 1,25 % Cu, 0,1 – 0,4 % Ni, 0,3 – 0,45 % Cr sowie zum Teil wenige ppm Au, Ag, Co und PGM. In diesem Gebiet sind auch Gesteine an Störungszonen mit Cu und Au imprägniert.

Ein Einzelfund einer Platte aus gediegenem Kupfer in devonischen Sandsteinen (0,2 % As, 0,11 % Ag, 80 ppm Bi) wurde am Wiman Bjerg auf Gauss Halvø gemacht.

Der Einzelfund eines Geschiebes aus Gangquarz mit Chalkosin (1,75 % Cu, 0,2 % Zn, 500 ppm Pb, 100 ppm Bi, 100 ppm Sn) ist vom Borgbjerg-Gletscher im Nordvestfjord dokumentiert.

Ein weiterer Einzelfund eines Geschiebes aus brekziiertem Granit mit Chalkosin (7 % Cu, 20 ppm Ag) ist aus dem nördlichen Klitdal aus Liverpool Land zu erwähnen (HARPØTH et al. 1986).

Im Vergleich zu Ostgrönland sind Kupfervererzungen in Westgrönland weit weniger verbreitet und die Vorkommen sehr klein. Von diesen kleinen Vorkommen ist vor allem die Südküste von Kobberminebugt zu nennen, wo Mitte des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts aus den Josva und Lilian Bergwerken im Innatsiaq-Gebiet insgesamt

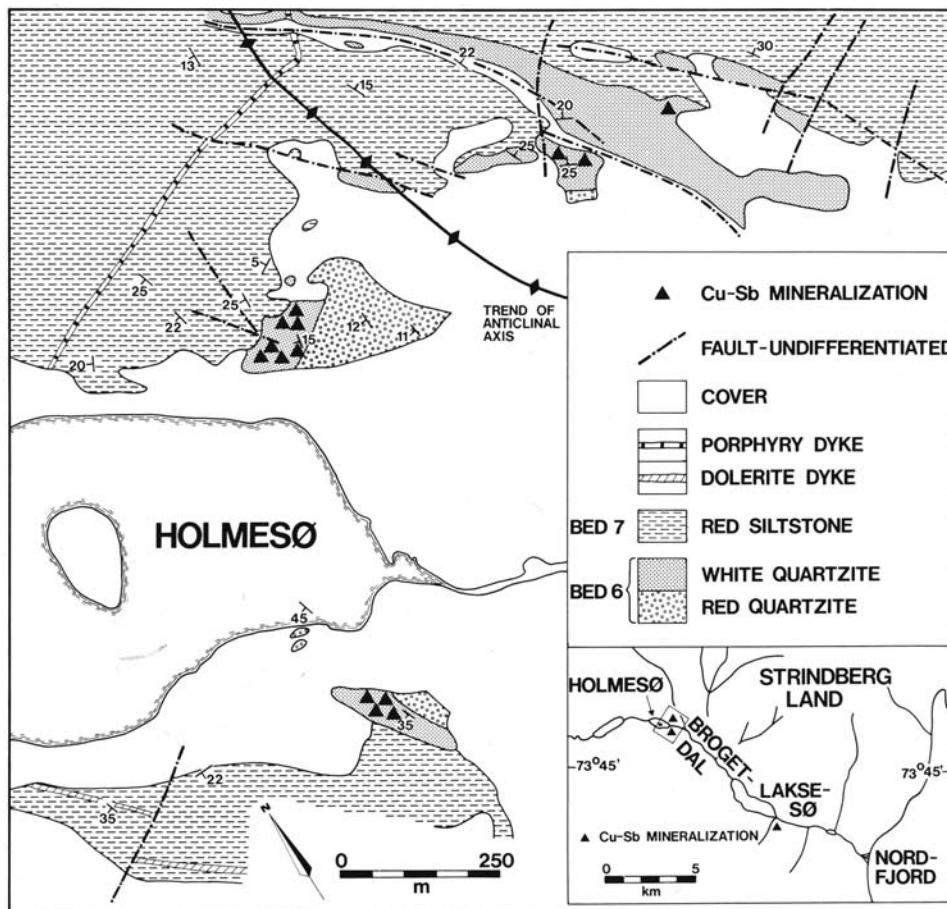


Abb. 6-25: Geologische Karte des Holmesø-Gebiets auf Strindberg Land mit Lage von Cu- und Sb-Mineralisationen, aus HARPØTH et al. (1986).

rund 60 t Cu sowie geringe Mengen an Ag und Au gewonnen wurden. Die Kupfererze, Chalkosin, untergeordnet auch Chalkopyrit und Bornit, sind an Störungen in Meta-vulkaniten gebunden und hydrothermalen Genese. Das Vorkommen ist weitestgehend ausgeerzt. Die verbliebenen Restvorräte belaufen sich auf ca. 2.000 – 3.000 t Erz mit einem Metallinhalt von 30 – 40 t Cu (NIELSEN 1973, SECHER & BURCHARDT 2000).

Ein weiteres sehr kleines Kupfervorkommen stand vor vielen Jahrzehnten auf der kleinen Insel Julianehåb in Abbau. In dem dortigen Granit wurde das Frederik VII. Bergwerk angelegt, aus der insgesamt 15 t Quarzbrekzien mit Seleniden, Telluriden, Bornit, Chalkosin sowie sekundärem Malachit und Azurit gefördert wurden.

Auf beiden Seiten des Sermiligaarsuk sind Grünsteine verbreitet, die neben Pyrit auch etwas Chalkopyrit, Chalkosin und Arsenopyrit führen. Eine Einzelprobe enthielt 1,57 % Cu, 8,7 ppm Au und 8,7 ppm Ag. In Quarz-Karbonat-Gängen und -Linsen finden sich neben diesen Mineralen auch Telluride.

6.1.6 Molybdän

Das bekannte Malmbjerg-Molybdän-Vorkommen in Ostgrönland wurde im Jahr 1954 entdeckt und bis 1979 durch 147 Bohrungen mit insgesamt 22.877 m Bohrmetern sowie durch drei Stollen mit insgesamt 1.329 m Länge sehr detailliert erkundet. Weitere Untersuchungen folgten ab 2004. Nach den aktuellsten Berechnungen (QUADRA MINING LTD.) betragen die gemessenen

und angezeigten Erzvorräte bei einem cut-off grade von

- 0,12 % MoS₂: 216,8 Mio. t Erz mit einem Gehalt von 0,198 % MoS₂
- 0,20 % MoS₂: 97,9 Mio. t Erz mit einem Gehalt von 0,243 % MoS₂
- 0,24 % MoS₂: 45,3 Mio. t Erz mit einem Gehalt von 0,271 % MoS₂
- 0,28 % MoS₂: 13,3 Mio. t Erz mit einem Gehalt von 0,306 % MoS₂

Auch die Gehalte an W, Fe, Mn, Ti, Zr, Nb, Ag und Bi sind erhöht.

Die Malmbjerg-Granitintrusion besitzt ein mitteltertiäres Alter und ist Teil des Werner-Bjerge-Intrusivkomplexes. Der Magmatismus in diesem Komplex steht genetisch mit der Öffnung des Nordatlantiks in Verbindung. Die Malmbjerg-Intrusion setzt sich aus drei verschiedenen Gesteinseinheiten zusammen, einem perthitischen Granit, einem sehr heterogenen porphyritischen Aplit und zwei Arten porphyritischen Granits (s. Abb. 6-27).

Die Vererzung ist ebenfalls dreigliedrig:

1. Die Molybdänit-Mineralisation in Form einer umgekehrten Schüssel ist im Wesentlichen an den perthitischen Granit und seine Deckgesteine gebunden. Molybdänit ist zusammen mit Quarz, Biotit, Magnetit, Fluorit und Siderit Bestandteil in haarfeinen bis maximal 5 cm mächtigen Gängen.
2. Die Greisen-Mineralisation tritt als flach lagernde, bis zu 1 m mächtige Gänge auf, die über Hunderte von Metern verfolgbar sind. In der oberen Kontaktzone des porphyritischen Aplits sind die Greisengänge sehr häufig und machen lokal mehr als 10 Vol.-% aus. Neben Quarz bestehen die Greisengänge aus Topas, Wolframit, Fluorit, grobkörnigem Molybdänit sowie lokal aus Beryll, Kassiterit, Siderit, Pyrit, Zinkblende, Chalcopyrit, Wismut und Bismuthinit.
3. Die Nichteisenmetall-Mineralisation, die insgesamt nur wenig Bedeutung besitzt, ist an vertikale, bis 30 cm mächtige Kluftzonen größtenteils außerhalb des Molybdänit-Mineralisationsbereichs gebunden. Die beiden Erzvergesellschaftungen sind: Quarz-



Abb. 6-26: Blick auf die Malmbjerg-Granitintrusion zwischen dem Schuchert und dem Arcturus Gletscher, aus MINEX (2005).

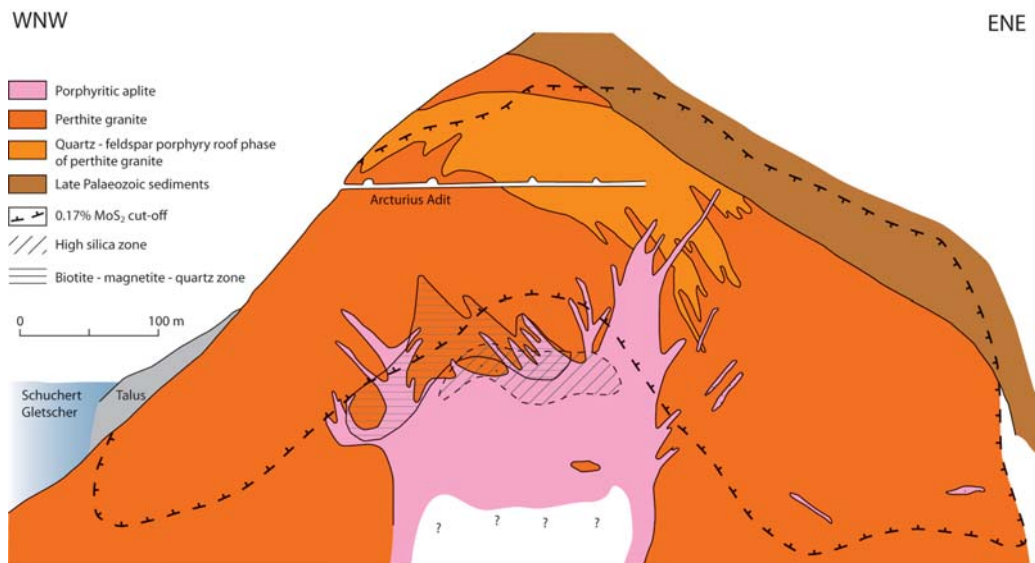


Abb. 6-27: Profilschnitt durch den Malmbjerg-Erzkörper, aus THOMASSEN (2005a).

Biotit-Zinkblende-Chalkopyrit-Bleiglanz-Pyrit-Siderit sowie Dolomit/Ankerit-Fluorit-Zinkblende-Pyrit.

Zudem treten im Malmbjerg-Erzkörper weitflächige und teils mächtige Alterationszonen auf, die durch Quarz und/oder

Biotit und/oder Magnetit und/oder Epidot geprägt sind. Gemeinsam ist den verschiedenen Alterationszonen eine starke Abnahme des ursprünglichen Molybdänitgehalts (HARPØTH et al. 1986).

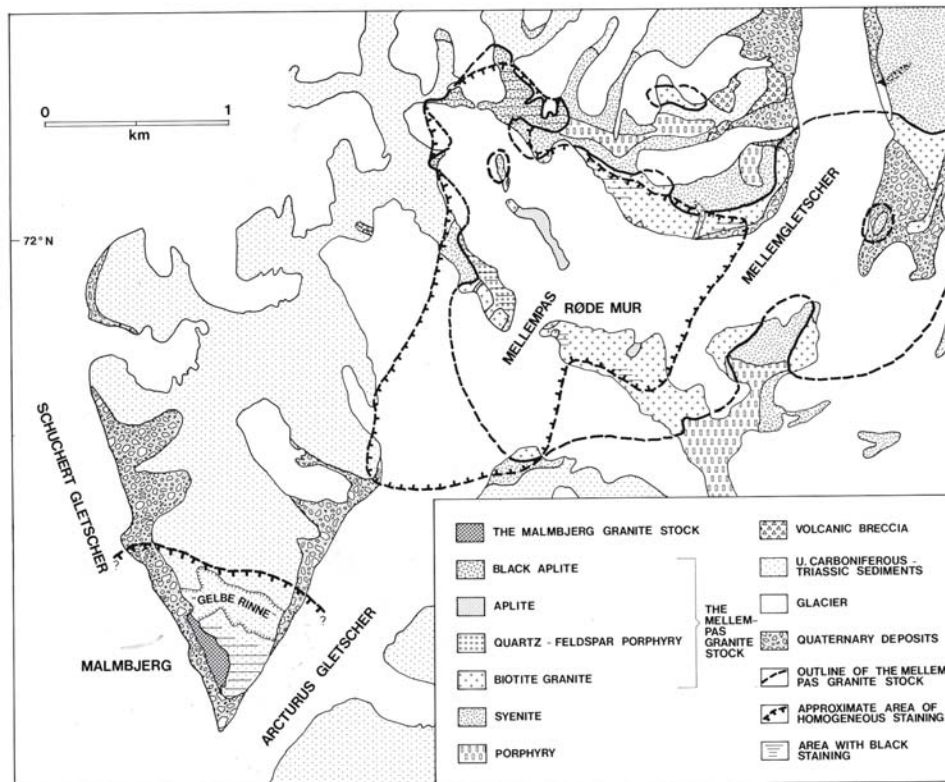


Abb. 6-28: Geologie und Verwitterungszonen im Mellempas-Vorkommen im Werner-Bjerge-Intrusivkomplex, aus HARPØTH et al. (1986).

Aufgrund der infrastrukturell sehr ungünstigen Lage zwischen dem Schuchert und dem Arcturus Gletscher (s. Abb. 6-26) ist das Malmbjerg-Vorkommen bisher nicht in Produktion gegangen (THOMASSEN 2005a). 5 km nordöstlich des Malmbjerg-Erzkörpers existiert ein weiteres Molybdän-Vorkommen (s. Abb. 6-28). Dieses Mellempas-Vorkommen ist ein auf rund 15 km² Fläche eingedrungener grobkörniger Biotitgranit, der mit einem durchschnittlichen Gehalt von 14 ppm Mo sehr niedriggradig mineralisiert ist. Molybdänit tritt über die gesamte Intrusion körnig verteilt, in Hohlräumen und in begleitenden Pegmatiten auf (HARPØTH et al. 1986). Auch das Flammeffeld Molybdän-Silber-Vorkommen liegt in Ostgrönland und entspricht von Typ her vermutlich dem Malmbjerg Molybdänvorkommen. Eine detaillierte Erkundung steht bisher noch aus.

In Westgrönland sind bisher nur zwei kleinere Molybdänvorkommen entdeckt worden. Zum Einen findet sich auf der Ivisaartoq Halbinsel am Eingang des Godthåbsfjords eine an Scherzonen in Gesteinen verschiedener lithologischer Ausbildung gebundene Pyritmineralisation mit Molybdänit und Chalkopyrit als Nebenbestandteile. Das Gebiet der maximalen Mineralisation erstreckt sich über eine Fläche von

10 – 15 x 2.000 m. Analysen in Einzelproben ergaben Gehalte von 0,1 – 0,8 % MoS₂.

Zum Anderen findet sich Molybdänit in Form von bis 3 x 10 mm großen Miniknollen zusammen mit fein verteiltem Pyrrhotin, Chalkopyrit sowie untergeordnet Pyrit und Bleiglanz in Skarnen südlich Narsaq am Eingang des Ameralik Fjords im Nuukgebiet (NIELSEN 1976).

6.1.7 Wolfram und Beryllium

Wolfram und auch Beryllium sind häufige Bestandteile in den mineralisierten Zonen in Ost-, aber auch in Westgrönland.

Auf Milne Land in Zentralostgrönland ist Scheelit ein charakteristischer Bestandteil in einzelnen Skarnbereichen, die sich am Kontaktbereich von Granodioritgängen in Marmor bildeten. Die Skarnbildung fand bis 50 m in den Marmor hinein statt und ist über mehr als 2 km Erstreckung nachweisbar (vgl. Abb. 6-29). Ausgewählte Proben von Scheelit führenden Skarnen ergaben Gehalte bis 3 % W, 0,5 % Bi und 0,6 ppm Au. Der durchschnittliche W-Gehalt im östlichen Bereich der Skarne wird auf 500 ppm geschätzt (HARPØTH et al. 1986). Im südli-

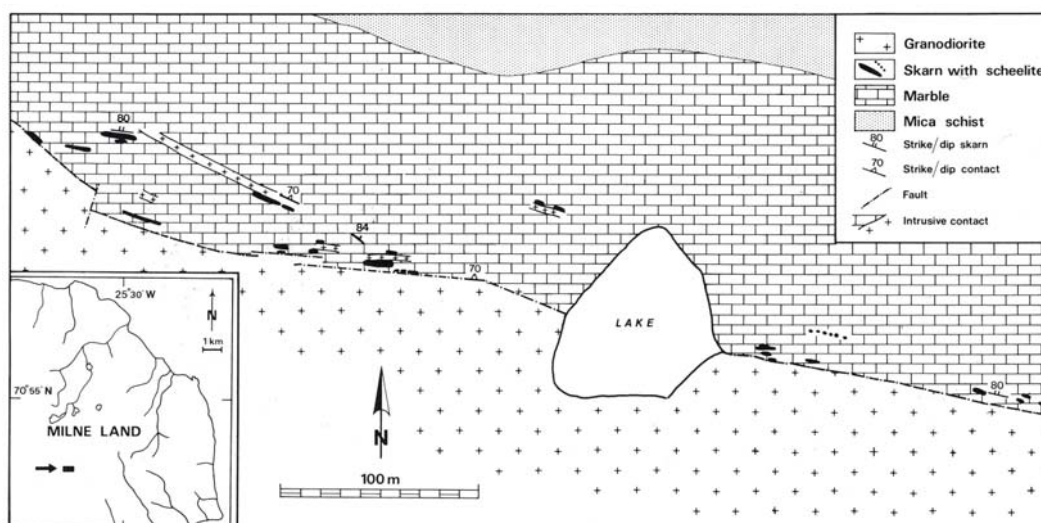


Abb. 6-29: Geologische Karte des mit Scheelit mineralisierten Gebiets auf Milne Land, aus HARPØTH et al. (1986).

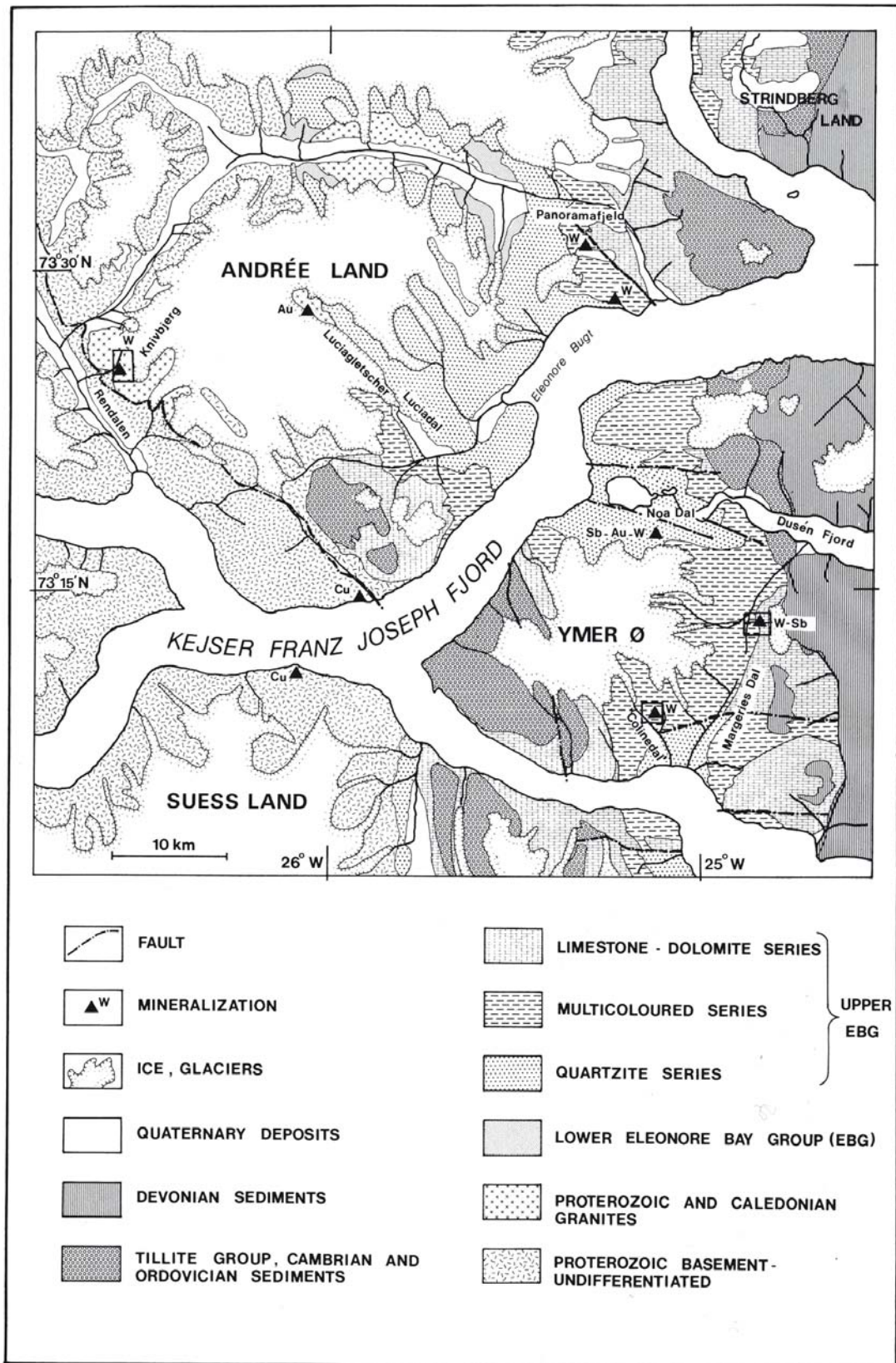


Abb. 6-30: Geologische Karte von Ymer Ø – Andrée Land mit Lage ausgewählter Mineralvorkommen, aus HARPOTH et al. (1986).

chen Margeries Dal auf Ymer Ø sind Scheelitmineralisationen bekannt (s. Abb. 6-30), die im Zuge einer umfangreichen Explorationskampagne in den Jahren 1981 und 1983 näher untersucht wurden. Sie treten stratigraphisch im 9. Horizont der Vielfarbig Serie der Eleonore Bay Group (EBG) auf und sind an zwei bis 3 m mächtige Brekzienzonen in schwarzen Kalksteinen gebunden. Die Brekzie besteht aus teilweise verkieselten Kalksteinen in einer Matrix aus feinkörnigem Quarz, Dolomit, Calcit und Scheelit. In Kernbohrungen konnte partienweise ein W-Gehalt von 24 % festgestellt werden. Auch Antimon steigt in Einzelproben bis auf 140 ppm an. Die Vorräte wurden überschlägig auf 82.000 t Erz mit durchschnittlich 2,3 % W berechnet. Nuna Minerals A/S plant, das Projekt weiter zu entwickeln.

Unweit des beschriebenen Ausbisses der Brekzienzone im südlichen Margeries Dal ist diese auch 500 m westlich in Colinendal aufgeschlossen und erreicht dort bis 15 m Mächtigkeit und 2 m Breite. Die einzige bisher entnommene Probe enthielt rund 0,5 % W und ebenfalls erhöhte Werte von Sb.

Auch im nördlichen Margeries Dal wurde eine an Störungen gebundene Brekzienzone exploriert, die dort bis 4 m Mächtigkeit erreicht. Der Scheelit tritt dort als feinkörnige Imprägnation oder als grobkörnige Spaltenfüllung auf. Kernbohrungen erbrachten abschnittsweise stark wechselnde W-Gehalte bis 11 %. An das gleiche Störungsgebiet sind auch Antimonit vererzte Quarzgänge von 1 bis 50 cm Mächtigkeit gebunden. Diese führen Spuren von As (bis 100 ppm), Bi (bis 30 ppm), Hg (bis 3 ppm) und Au (bis 0,1 ppm). Für das nördliche Margeries Dal wurden geschätzte Vorräte von 42.000 t Erz mit 0,7 % W und 108.000 t Erz mit 3,5 % Sb berechnet (HARPØTH et al. 1986). Auch dieses Projekt wurde von Nuna Minerals A/S übernommen.

Genetisch sehr ähnliche Scheelitmineralisationen wie auf Ymer Ø finden sich südlich des Panoramafjelds auf Andrée Land. Dort ist Scheelit in Form einzelner Körner und Aggregate ebenfalls an Klüfte und Störungszonen in schwarzen Kalksteinen gebunden und teils in bis 10 cm mächtigen Horizonten in dolomitisierten und verkiesselten Kalksteinen angereichert.

Vererzungen mit Scheelit wurden zwischen 1979 und 1981 auch bei Knivbjerg auf Andrée Land im Rendalen-Delta-Gebiet exploriert. Scheelit tritt dort einerseits fein verteilt in Schiefen und Marmorskarnen mit Gehalten von max. 0,3 % W, durchschnittlich jedoch nur 100 ppm W, sowie zusätzlich bis 70 ppm Be und 200 ppm Sn auf. Höhere Gehalte an Scheelit finden sich in bis 50 cm mächtigen Zoisitskarnbändern mit Gehalten von maximal 15 % W, durchschnittlich 1 % W, sowie max. 700 ppm Li, 400 ppm Sn, 200 ppm Cu, 70 ppm Be und 50 ppm Bi. Darauf, dass in diesem Gebiet noch andere Vererzungen existieren könnten, deuten Waschprobenanalysen hin, in denen deutliche Anomalien von Sn, Au und Bi festgestellt wurden (HARPØTH et al. 1986).

Im Kalkdal auf Liverpool Land erbrachte eine detaillierte Explorationskampagne auf Wolfram den Nachweis von Scheelit

- in Aktinolith und Granat führenden Skarnen in Marmor im Kontaktbereich zu Granodioriten (vereinzelte Gehalte bis 1 % W)
- westlich von Kalkdal bis nach Bodal in Skarnen entlang Störungen im Marmor (bis 2 % W, durchschnittlich <0,05 % W)
- 2 - 3 km nördlich des Sees in Zentralkalkdal in bis 50 cm mächtigen Pegmatitgängen und bis 10 cm mächtigen

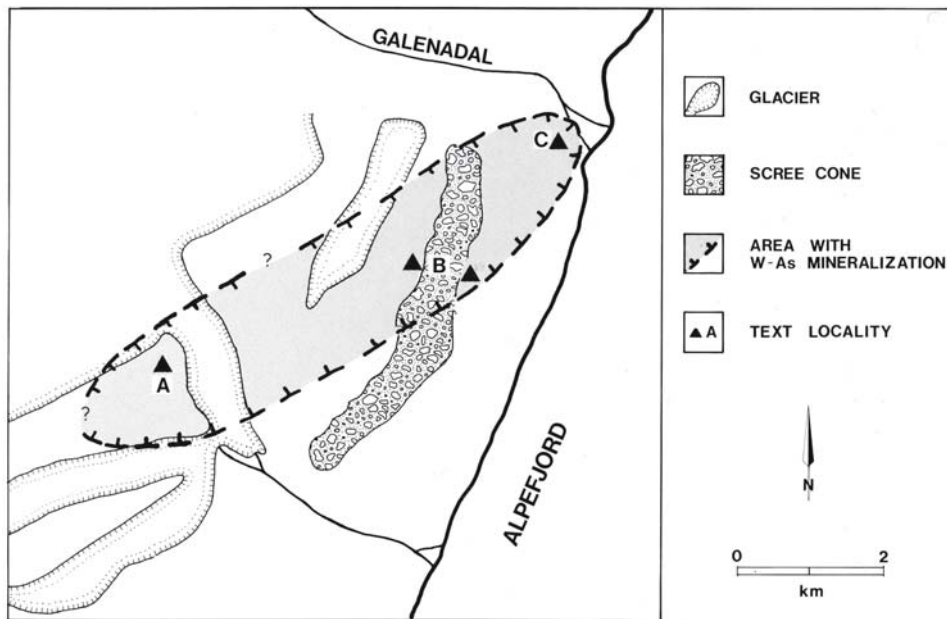


Abb. 6-31: Umgrenzung des Gebiets mit Scheelit-Arsenopyrit-Quarzgang-Mineralisation am Alpefjord, aus HARPØTH et al. (1986).

tigen Quarzgängen. Erstere führen Einschlüsse von Scheelit, Powellit und Molybdänit, letztere von Pyrit, Scheelit, Bismuthinit und Molybdänit bei Maximalgehalten von 0,6 % Mo, 0,5 % W, 0,5 % Bi, 300 ppm Pb und 30 ppm Be. Die durchschnittlichen Gehalte liegen jedoch bei nur 100 ppm W und <10 ppm Mo.

In einem Areal von mehr als 6 km² um Kap Allen und südwestlich von Kap Wardlaw auf Scoresby Land finden sich zahlreiche mineralisierte Geschiebe aus Granit/Granodiorit mit mm-starken Kluftbezügen aus Quarz, Scheelit und Pyrit. Einzelne andere Geschiebe führen grobkörnigen Scheelit in Quarzgängen in Granit. Nur zwei Granitproben wurden analysiert, die Maximalgehalten von 0,35 % B, 0,2 % Ba, 0,15 % W, 0,15 % Pb, 300 ppm Cu, 100 ppm Bi, 60 ppm Sn, 50 ppm Mo und 3 ppm Ag ergaben (HARPØTH et al. 1986). Das Scheelitvorkommen entstand beim Eindringen des Kap-Wardlaw-Granits in die Tonsteinabfolgen der Eleonore Bay Group vor rund 410 Ma im Oberen Silur. Erhöhte Werte von B-F-As-Mo-Sn-W-Bi-SEE und Cu-Pb-Zn-

Ag-Au-Ba konnten auch in Schwermineralproben und niedriggradig mineralisierten Festgesteinen dieser Region nachgewiesen werden.

Auf der Westseite des Alpefjords wurden Wolframmineralisationen auf ca. 15 km² Fläche in zwei Horizonten der schon mehrfach genannten Eleonore Bay Group identifiziert (s. Abb. 6-31):

- Sehr vereinzelt in Form cm-großer Scheelitkristalle in mächtigen Quarzgängen, die die dortigen Quarzite durchschlagen haben
- Südlich Galenadal in Quarzgangschwärmen als Scheelit, teils zusammen mit den anderen Erzmineralen Arsenopyrit, Bleiglanz, Pyrrhotin, Chalkopyrit, Bismuthinit und Zinkblende. Als Ergebnis einer detaillierten Explorationskampagne konnten Durchschnittsgehalten von 0,2 % As, 0,07 % W, 100 ppm Pb, 1 – 3 ppm Ag und <1 ppm Au festgestellt werden. Einzelne, bis 2 cm mächtige Gänge bestehen vollständig aus Quarz, Schee-

lit und Apatit. Hier wurden Gehalte bis 4 % W nachgewiesen (HARPØTH et al. 1986).

Bei Randenæs an der Südküste von Lyell Land sind Zweiglimmergranite und Pegmatite in ältere Quarzite und Schiefer eingedrungen, wodurch verschiedene Erzanreicherungen entstanden. In Greisen findet sich fein verteilter Scheelit zusammen mit Kassiterit. An der Kontaktzone der Greisen zum Nachbargestein treten zudem dm-große Linsen aus massivem Arsenopyrit mit Turmalinaggregaten auf. Im Arsenopyrit beträgt der Au-Gehalt bis 2 ppm. Die Greisen weisen Gehalte bis 0,3 % W, 800 ppm Sn, 200 ppm Li und 50 ppm Be auf (HARPØTH et al. 1986).

Anomalien von Wolfram zwei Kilometer nördlich des Trekantgletschers in Nathorst Land konnten auf dortige Kalksilikatfelse und -linsen zurückgeführt werden. Bei einem Durchschnittsgehalt von 0,01 % W, lagen die Maximalgehalte von Einzelproben bei 0,8 % W, 300 ppm Be, 200 ppm Sn, 200 ppm Pb, 150 ppm Bi und 150 ppm Cu. Ähnliche Skarnmineralisationen werden in den Herkunftsgebieten von Scheelit führenden Geschieben bei Skjoldungebræ und Bersærkerbræ im nördlichen Stauning Alper und an der Südküste des Forsblad Fjords vermutet (HARPØTH et al. 1986).

Ein kleineres Scheelitvorkommen wurde 1980 auf der SW- und der SE-Seite eines Nunatakkers acht Kilometer nordwestlich von Spejderhatten im Gemmedal exploriert. Die Mineralisation ist an Kalksilikatfels/Marmor-Linsen gebunden, wobei der Scheelit in Granat und in Quarz auftritt. Als Maximalgehalte wurden 3,4 % W, 0,5 % Ti, 400 ppm Sn und 200 ppm Bi analysiert. Aufgrund der unregelmäßigen Verteilung des Scheelits und auch der Kalksilikatfelslinsen wurde das Vorkommen nicht weiter untersucht.

Auch in Westgrönland sind Wolfram-Vererzungen nicht selten und zwar ebenfalls ausschließlich in Form von Scheelit. Dieser findet sich in einem 300x 120 km großen Gebiet um die Hauptstadt Nuuk im Wesentlichen:

- fein verteilt in gebänderten, Turmalinreichen Amphiboliten
- schichtgebunden in bis 1 m breiten und über mehrere Hundert Meter Länge verfolgbaren Horizonten innerhalb der gebänderten Amphibolite. Der bedeutendste Scheelit führende Amphibolit zieht sich dabei über mehrere Zehner Kilometer von Malenefjeld (nahe Nuuk) über Sermitsiaq nach Bjørneø und enthält mehrere parallele Scheelit-Horizonte. Mit den Amphiboliten wechseln Kalksilikatfelse ab, die nur wenig Scheelit, dann häufig in Form von Porphyroblasten, dafür aber zum Teil reichlich Molybdänit enthalten.
- massiv angereichert in sehr kleinen und kurzen Gängen
- als cm-große Porphyroblasten in einer 50 cm breiten Glimmerlage bei Malenefjeld im Kontakt zwischen den Malene Amphiboliten und den Nûk Gneisen.

Die Metallgehalte in den 53 untersuchten Gesteinsproben erreichen bis 2 % W, 922 ppm Zn, 105 ppm Ga, 344 ppm Pb und 455 ppm Cu. Weitere lagerstättegeologische Grunddaten liegen nicht vor (APPEL 1986).

Neben sehr großen Potenzialen an U, Zr, SE, Villiaumit (NaF) und Li besitzt die Ilímaussa- Ingression in Südgrönland in Teilbereichen auch hohe Anreicherungen an Beryllium. Bis zu zehn verschiedene B-Mineralen treten in hydrothermalen Gängen

auf, die besonders am Taseq Hang rund acht Kilometer nordöstlich der Ortschaft Nar-saq konzentriert sind. Das vorherrschende Be-Mineral ist Chalkovit (11 – 13 % BeO), das neben Analcim, Sodalith, Ussingit und Natrolith in Gängen vorkommt, die bis 2 m Mächtigkeit erreichen und eine 500 m lange Gangzone bilden. Aufgrund von Beryllometermessungen wurde in den am stärksten mineralisierten Gebiet ein Gehalt von 0,1 % BeO bestimmt und dadurch Vorräte von 180.000 t Erz mit diesem Gehalt abgeleitet (= 180 t Be-Inhalt) (NIELSEN 1976).

Beryllkristalle mit mehreren cm Länge wurden aus Pegmatiten zwischen dem Nunarsuit Granit bis Kobberrminebugt, zwischen Julianehåb und Nanortalik und im Nuuk-Distrikt bei Eqalunguit beschrieben (NIELSEN 1976).

6.1.8 Zinn

Am Parkinson Bjerg im Blokadedal auf Hudson Land in Zentralostgrönland hat die Intrusion eines Granits zu weitflächigen hydrothermalen Alterationen geführt. Bis zu dm-dicke Quarz-Fluorit-Gänge sind weit verbreitet. Als weiteres lagerstättegeologisch relevantes Produkt der Alteration kann der Parkinson-Bjerg-Granit als Zinngranit angesprochen werden, dessen Schutthalten reichlich frischen schwarzen Kassiterit beinhalten. Die Endmoränen des Blokadedalgletschers führen Granitgeschiebe mit bis zu dm-mächtigen Sn-W-führenden Turmalin-Quarz-Greisengängen. Proben dieser Greisengänge enthalten durchschnittlich 0,3 % Sn und 0,2 % W. Vereinzelt wurden sogar Werte bis 1,3 % Sn und 1,5 % Be gemessen. Weiterhin treten in diesem Gebiet starke geochemische Anomalien von Mo, Bi, Nb, Ta und SE auf, deren Quellen aber noch nicht gefunden wurden (HARPØTH et al. 1986).

Bei Bersærkerbræ im North-Stauning-Alper-Gebiet konnten mehr als 20, teils über mehrere Kilometer aushaltende, jedoch durchschnittlich nur 15 cm mächtige Quarzgänge auskartiert werden, die neben Alkalifeldspat auch Kassiterit und Chalkosin/Bornit als Nebenbestandteile führen. Der durchschnittliche Sn-Gehalt liegt bei 0,2 %, an den Greisenrändern angereichert bis 0,6 % (HARPØTH et al. 1986).

6.1.9 Wismut

Wismut tritt häufig in den ostgrönländischen Vererzungen auf. Ein vermutlich begrenztes, jedoch höher gradiges Vorkommen wird im Kap Broer Ruys Gebiet vermutet, wo Geschiebe aus Turmalin führende Brekzien von mehreren Einzellokationen bekannt sind. Sie bestehen aus Hornfelsfragmenten, zementiert mit kavernösem Quarz und etwas Turmalin. Der Zement enthält zum Teil auch Pyrit, Fluorit und in einem Fall 5 – 10 % Bismuthinit. Dieses Mineral tritt in Form bis zu 3 mm großer Einzelkörner mit Rändern aus Fluorit auf. Die Brekzien sind zudem angereichert an Sb (bis 0,15 %), Ag (bis 20 ppm) und Au (bis 0,6 ppm) (HARPØTH et al. 1986).

KOLB et al. (2009) wiesen Gehalte bis 924 ppm Bi auch in Gesteinen auf der kleinen westgrönländischen Insel Simiutat, rund 10,5 km südlich der Insel Qilanngarsuit gelegen, nach.

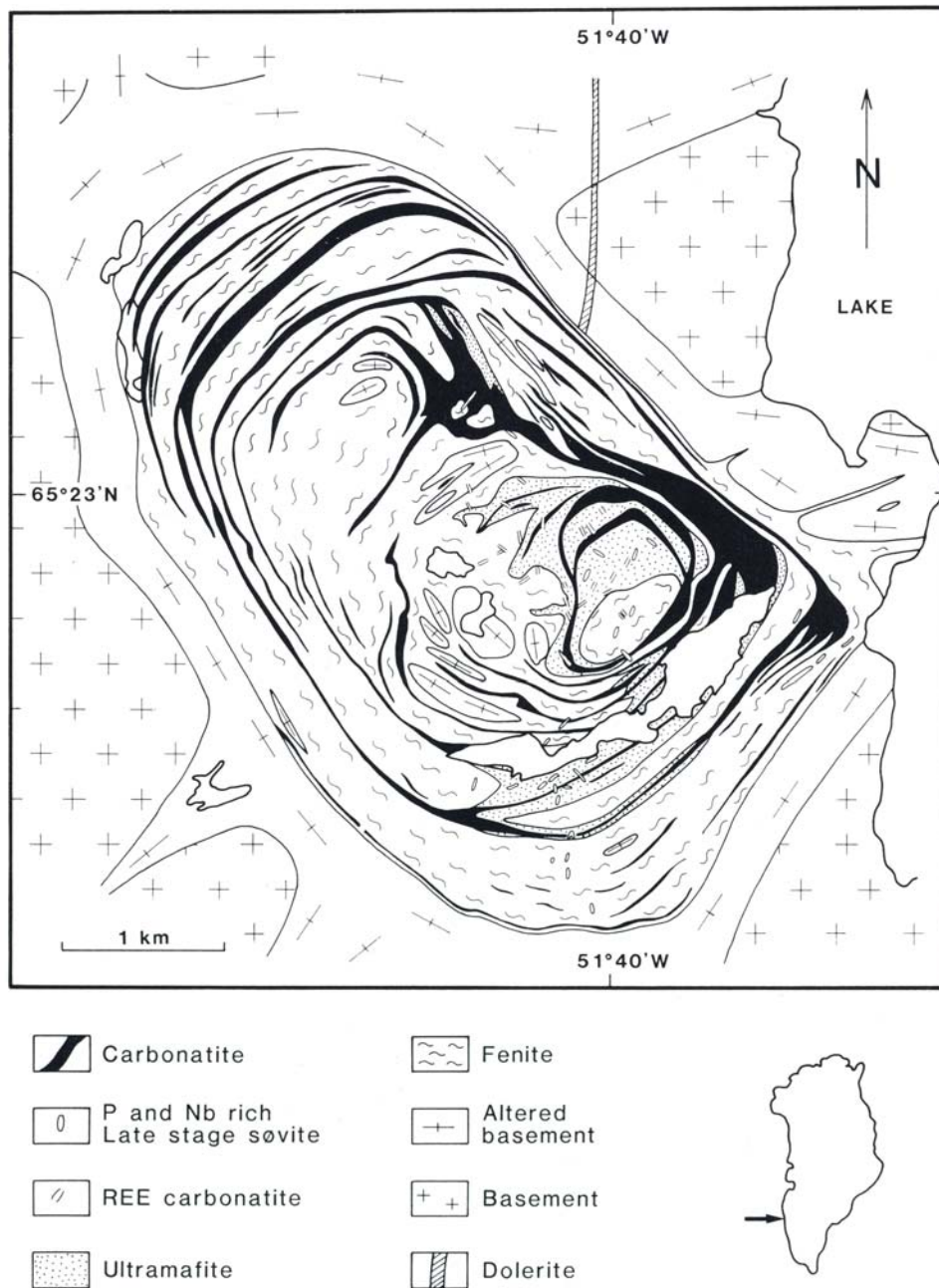


Abb. 6-32: Übersichtskarte des Qaqarssuk-Karbonatitkomplexes, aus KNUDSEN (1991).

6.1.10 Niob und Tantal

Das bisher größte Vorkommen an Tantal, das in Grönland gefunden wurde, ist das Anfang der 1980er Jahre entdeckte Motzfeldt Vorkommen in Südgrönland. Es handelt sich um einen mineralisierten Syenit mit einem Alter von ca. 1,31 Ga. Das rund 350 km² große Syenitvorkommen liegt nur 15 min per Hubschrauber vom internationa-

len Flughafen Narsarsuaq entfernt und dennoch in hochalpinem, stark vergletschertem Gelände. Die geschätzten Vorräte betragen lokal ca. 50 Mio. t Pyrochlorerz mit Gehalten von 0,03 – 0,10 % (max. 0,73 %) Ta₂O₅ bzw. ca. 130 Mio. t Pyrochlorerz mit Gehalten von 0,4 – 1,0 % (max. 12,5 %) Nb₂O₅.

In der Ilímaussaqa-Intrusion in Südgrönland treten in Analcimgängen die Nb-Minerale

Pyrochlor und Epistolith auf. Die hydrothermal entstandenen Gänge wiederum stehen mit der Ablagerung der dortigen Lujavrite in Verbindung (s. Uran). Der Pyrochlor aus den Analcimgängen führt zudem zwischen 3 und 13 % Seltene Erdoxide (SEO). Die Gänge enthalten zusammen rund 1.000 t Niob. Für alle Gesteine mit Gehalten $>0,1\%$ Nb_2O_5 werden die Gesamtvorräte auf 5.000 t Nb geschätzt. In den Kakarokit-Lagen im Süden der Intrusion, im Kringlerne-Vorkommen, führt zudem das Zirkonmineral Eudialyt Niob (s. Schwerminerale und Zirkon) (NIELSEN 1976).

Zwei an Nb und SE angereicherte Karbonatite sind aus Westgrönland bekannt und zwar der Sarfartôq Karbonatit (600 Ma) und der Qaqarssuk-Karbonatitkomplex (173 Ma) (NOKLEBERG et al. 2005).

Die Mineralisation bei Sarfartôq besteht aus Einschlüssen von Pyrochlor in granitischen Ringdykes, die den Sarfartôq-Karbonatit umschließen. Die angezeigten Vorräte sind gering und betragen je nach cut-off grade 60.000 t Pyrochlorerz mit einem Gehalt von 4% Nb_2O_5 bzw. 35.000 t Erz mit einem Gehalt von $7,9\%$ Nb_2O_5 bzw. 25.000 t Erz mit einem Gehalt von 10% Nb_2O_5 . Der Pyrochlor ist zum Teil stark radioaktiv (s. Uran). Derzeit wird der Sarfartôq-Karbonatit durch HUDSON RESOURCES INC. auf seinen SEO-Inhalt hin untersucht.

Der Qaqarssuk-Komplex liegt im Sukkertoppen Distrikt östlich des Søndre Isortoq Fjords. Er bildet eine konzentrische, steil einfallende Ringdyke-Struktur von 3×5 km Fläche inmitten fenitisierte präkambrischer Gneise (s. Abb. 6-32). Die Karbonatite bilden wenige cm bis >10 m, im Mittel $0,5 - 0,8$ m mächtige, steil einfallende Adern und Gänge. Calcit und Dolomit sind die Hauptminerale und Phlogopit, Magnetit und Apatit die häufigsten Nebenminerale in den Karbonatiten. Zudem sind

die Karbonatite an Ba ($<0,05 - 6,7\%$ BaO), Sr ($<0,2 - 4,7\%$ SrO), P ($<0,7 - 45,0\%$ P_2O_5), Nb (200 ppm – $5,0\%$), Th ($<700 - 3.200$ ppm), U ($<500 - 1.600$ ppm) sowie auch SEO ($<0,1 - 6,0\%$ CeO_2 , $<0,02 - 6,0\%$ La_2O_3 , $<0,15 - 1,5\%$ Nd_2O_3 , $<50 - 1.000$ ppm Y_2O_3 , $<10 - 70$ ppm Gd_2O_3 , $<30 - 400$ ppm Eu_2O_3) angereichert (NIELSEN 1973, 1976). Im Zuge der Exploration des Qaqarssuk-Komplexes auf Nb konnten zwei Erzkörper ausgehalten werden. Der erste, ein Apatit-Magnetit-Pyrochlor reicher Sövit-Dyke enthält 0,8 Mio. t Erz mit Gehalten von $0,8\%$ Nb_2O_5 und $8,6\%$ P_2O_5 . Der zweite, ein Pyrochlor führender Glimmerit (Phlogopit-Apatit-Calcitgestein) enthält bis in 200 m Teufe 2,3 Mio. t Erz mit einem Gehalt von $0,5\%$ Nb_2O_5 (KNUDSEN 1991).

In Ostgrönland sind mit Niob mineralisierte Gesteine in Form von Geschieben im Werner-Bjerger-Intrusivkomplex sowie am Langgletscher, Bredgletscher und im Forchammer Dal auf Traill Ø gefunden worden. Letztere bestehen aus Alkaligraniten, Alkalisyeniten und Quarziten mit bis zu $0,3\%$ Nb.

Das bisher einzige bekannte in situ-Vorkommen mit Niobmineralisation in Ostgrönland liegt auf der Südostseite des Bjørnedal. Wenige Hundert Meter von einer Alkalisyenitintrusion entfernt, sind die dort anstehenden Sedimentgesteine über eine Erstreckung von 400 m von mineralisierten Quarzgängen durchzogen. Der größte Gang ist 30 m lang und 15 cm breit. In den Gängen dominiert grobkörniger Quarz sowie untergeordnet Oligoklas, Chlorit, Biotit, Karbonate, Zirkon und Leukoxen. Als Nb- und SE-Minerale wurden nachgewiesen: Columbit, Euxenit, Samarskit, Fergusonit, Monazit und Bastnaesit. Ausgewählte Einzelproben enthalten bis $3,2\%$ Nb, 3% SEE, $0,15\%$ Be, $0,35\%$ Zn, $0,3\%$ Ba und $0,3\%$ Y. Der durchschnittliche Nb-Gehalt

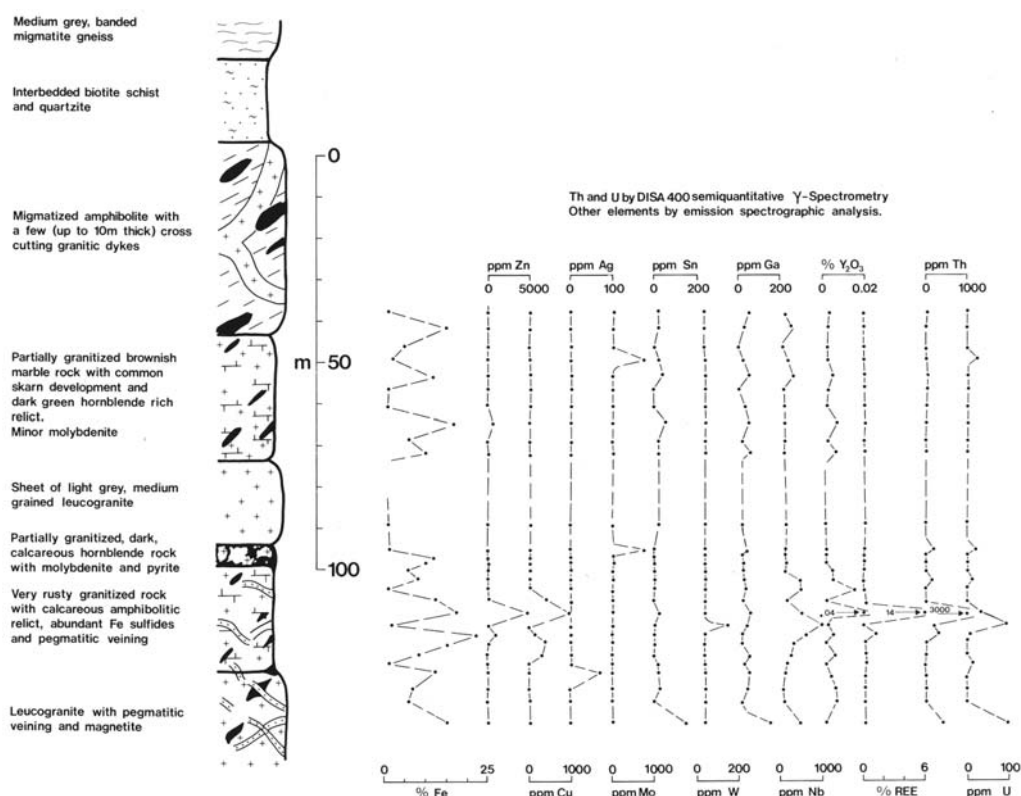


Abb. 6-33: Geologisches und geochemisches Profil durch die Skarnmineralisation im Dickson Fjord. Jeder Punkt stellt eine Gesteinsprobe dar, aus HARPØTH et al. (1986).

der Quarzgänge beträgt $<0,2\%$ (HARPØTH et al. 1986).

6.1.11 Seltene Erden

Eine der weltweit größten Einzellagerstätte an Seltenen Erden (SE) stellt das Kvanefjeld-Vorkommen dar, das zusammen mit den Agpat-Vorkommen und dem Kringlerne-Vorkommen Teil des Ilímausaq-Alkalikomplexes ist, der vor 1,143 Ga in Südgrönland intrudierte. Heute sind die an Nb, Ta, Zr, SE, U und anderen Elementen angereicherten Gesteine dieses Alkalikomplexes auf einer ellipsoidalen Fläche von 8 x 17 km Größe aufgeschlossen. Trägerminerale der SEO im Norden des Komplexes sind vor allem Steenstrupin, Monazit sowie untergeordnet Pyrochlor, im Süden des Komplexes Eudialyt. Einzelheiten zum Kvanefjeld-Vorkommen, seiner SE-Führung und seinen SE-Vorräten sind dem Teilkapitel Uran zu entnehmen.

Während einer Reconnaissance-Kampagne im Frühjahr 1976 wurde auch auf der Nordseite des Dickson Fjords südwestlich von Røde Støvhorn eine Skarnmineralisation mit interessanter SE-Mineralisation entdeckt (s. Abb. 6-33). Durch Eindringen eines 10 – 30 m mächtigen leukokratischen Granitganges in ein bis 100 m mächtiges Marmorbett wurde dieses in bis 10 m Mächtigkeit polymineralisiert. Auf 500 m Erstreckung konnte eine unregelmäßige Mineralisation aus Magnetit, Pyrrhotin, Pyrit, Chalkopyrit, Zinkblende, Molybdänit und Allanit nachgewiesen werden. Bei einem Durchschnittskupfergehalt von 0,1 % betragen die Maximalwerte anderer Elemente: 25 % Fe, 12 % SE, 0,85 % Mn, 0,5 % Zn, 0,4 % Th, 0,1 % Cr, 0,1 % Nb, 800 ppm Mo, 500 ppm V, 300 ppm Pb, 200 ppm W, 200 ppm Ni, 200 ppm Co, 160 ppm U, 100 ppm Be, 70 ppm Ag und 50 ppm Sn. Eine ähnliche Mineralisation tritt bei Skræntdal auf (HARPØTH et al. 1986).

Auf der 6th International Rare Earths Conference 2010 in Hongkong wurde ein weiteres grönländisches SE-Vorkommen vorgestellt. Hierbei handelt es sich um das Vorkommen Karrat im zentralen Westgrönland, das aus den beiden durch den Karrat Isfjord getrennten Teilvorkommen Niaqornakavsak (NIAQ) und Umiamako Nuna (UMIA) besteht. Die SE im genauer untersuchten Teilvorkommen NIAQ sind an paläoproterozoische, gebänderte Kalksteine gebunden, die über 1,5 km streichender Länge bei 10,3 – 26,5 m Mächtigkeit nachweisbar sind und mit 32° einfallen. Die vermuteten Vorräte betragen 26 Mio. t Erz mit Gehalten von 0,8 – 1,5 % SEO. Hierbei dominieren die leichten SEO das SEO-Spektrum.

6.1.12 Chrom

Im Jahr 1964 wurden Lagen von Chromit in einem gefalteten Anorthositkomplex bei Fiskenæsset in Westgrönland entdeckt (Abb 6-34). Der vererzte Bereich erstreckt sich über mehr als 3.000 km² Fläche. Die Chromit führenden Lagen sind als Wechsellagerung unterschiedlicher Stärke von Chromitit und Anorthosit sowie als Augen von Calciumplagioklas in einer Matrix von Chromitit ausgebildet (s. Abb. 6-34). Die einzelnen Lagen sind durchschnittlich 0,5 bis 3 m mächtig, erreichen aber auch 20 m Mächtigkeit. Nebenbestandteil des Chromi-



Abb. 6-34: Wechsellagerung von Chromitit und Anorthosit im Fiskenæsset-Anorthositkomplex, aus SECHER et al. (2007)

tits sind Rutil, Ilmenit, Magnetit und selten verschiedene Sulfide. Zudem wurden Anomalien von Cu, Ni und PGM in den Begleitgesteinen (meta-ultramafische Gesteine) entdeckt. Die durchschnittlichen Gehalte der Chromitkonzentrate betragen 32,1 % Cr₂O₃, 36,4 % FeO (Fe gesamt) und 0,36 % V₂O₅ bei einem Cr/Fe-Verhältnis von 0,78. Die Al₂O₃-Gehalte betragen meist über 20 %. Die Vorräte in einem eng begrenzten Gebiet, auf das sich bisher die Exploration beschränkte, betragen für den mit 20 – 40° einfallenden Hauptchromitithorizont bis zu einer Teufe von 50 m rund 2,5 Mio. t Erz mit einem Inhalt von 350.000 t Cr₂O₃ und 3.000 t V₂O₅ (GHISLER & WINDLEY 1967). Die Gesamtvorräte an Chromititerz bei Fiskenæsset werden auf >100 Mio. t geschätzt. Es handelt sich damit um eines der größten Chromitvorkommen in der nördlichen Hemisphäre, das aufgrund seiner Niedriggradigkeit und der diskontinuierlichen Erstreckung der Flöze jedoch bis heute keine ernsthaften Investoren gefunden hat. Am ehesten soll das Chromerz von Fiskenæsset zur Herstellung von Chromchemikalien nutzbar sein (GHISLER 1976). Die hohen Aluminiumgehalte eröffnen evtl. auch Möglichkeiten für Anwendungen als Feuerfestmaterial. Für Informationen zum Gehalt an Platingruppenmetallen im Fiskenæsset-Anorthositkomplex s. Kapitel 6.1.2.

Im nördlichen Teil des Dunitmassivs von Sequinersuusaaq (Itipilua), unweit des Tasiussarssuaq Fjords, einem nördlichen Arm des Fiskefjords, existiert ein Areal, in dem der Dunit mit Chromititlagen von 0,5 bis 30 cm Mächtigkeit wechsellagert. Der durchschnittliche Cr₂O₃-Gehalt in diesen gebänderten Gesteinen liegt bei ca. 5 %; der durchschnittliche Cr₂O₃-Gehalt im reinen Chromitit beträgt 44,3 % bei einem Cr/Fe-Verhältnis von rund 1,2 (NIELSEN 1973, 1976).

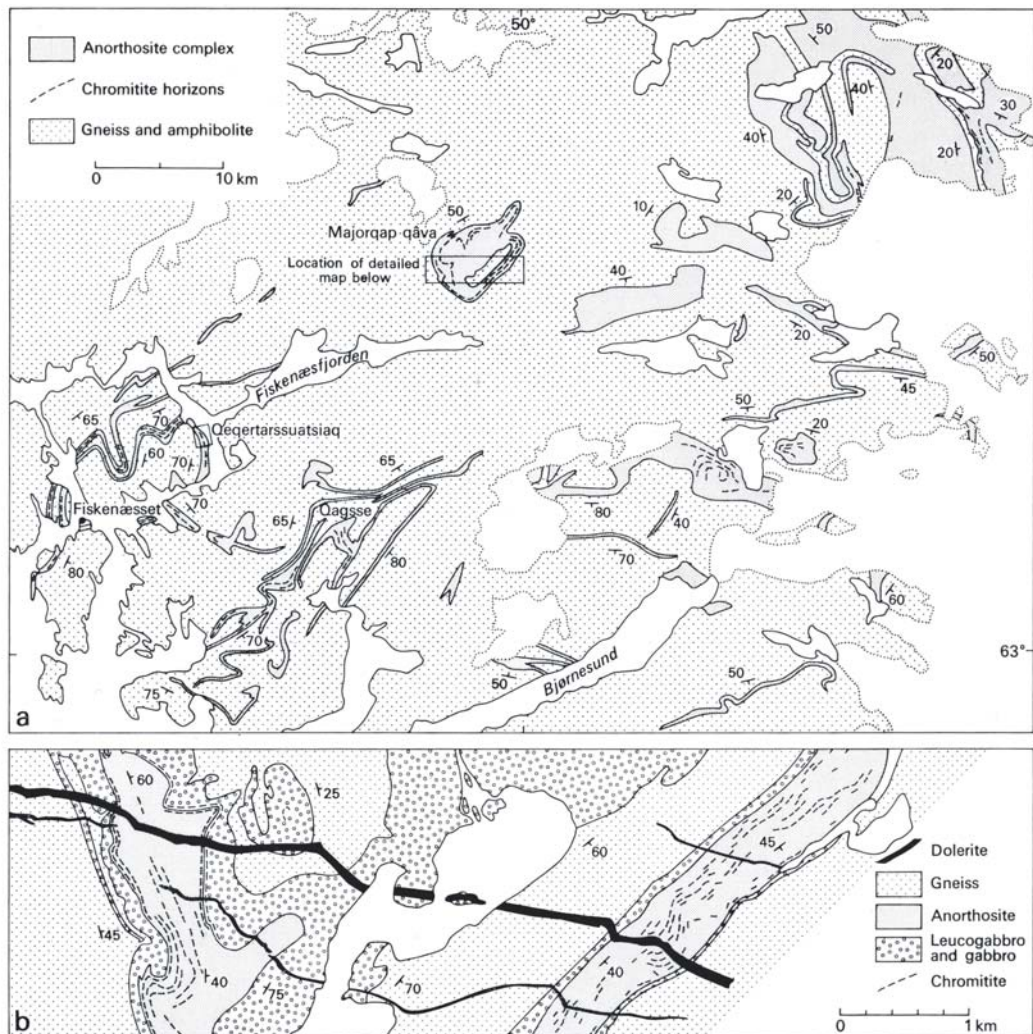


Abb. 6-35: a: Karte der wichtigsten Aufschlüsse im Fiskenæsset-Anorthositkomplex (hellgrau) und der größten Vorkommen von Chromitit (gestrichelte Linien). Das Gebiet, für das die Vorräte an Chromitit berechnet wurden, liegt bei Qeqertarsuatsiaq. b: Detailkarte der Verbreitung von Chromitit innerhalb von Anorthosit bei Majorqap qáva, aus NIELSEN (1976).

Mineralisationen von Chromit und Magnetit wurden auch auf Hinks Land an der SE-Seite des Daugaard-Jensen-Gletschers in Ostgrönland nachgewiesen. Es handelt sich um bis 80 cm große Knollen und dünne Lagen von Chromit in bis 0,5 km² großen Stöcken, die 10 – 15 % Cr, 15 – 20 % Fe, bis 0,35 % Zn, max. 0,2 % Ni und bis 700 ppm Co enthalten. Weitere ultramafische Stöcke wurden auch zwischen Hinks Land und Gåseland kartiert (HARPØTH et al. 1986).

6.1.13 Nickel

Unter der Davis Straße zieht sich von Kanada her ein Nickel führender Gesteinsgürtel in das Gebiet von Nassuttooq (Nagsugtoqidian-Gürtel) auf Grönland und dann unter dem Inlandeis weiter an die Ostküste, wo er sich im Ammassalik-Faltengürtel fortsetzt. Im Raum Nassuttooq ist das Giesecke-Vorkommen bekannt, das durch zahlreiche durch Nickel führende Gesteine hervorgerufene geophysikalische und geochemische Anomalien bekannt ist.

In der nördlichen Hälfte des Ammassalik-Faltengürtels befindet sich ein syntektonischer noritischer Komplex, der an der Südküste von Ammassalik Island eine Linse (90 – 100 m lang und 1 – 8 m breit) aus massiven Sulfiden enthält. Analysen dieser Linse lieferten Gehalte von 0,98 – 1,45 % Ni, 0,33 – 0,5 % Cu, 553 ppm Co, 155 ppb Au und 251 ppb Pt+Pd. Auch in den komatiitischen Muttergesteinen konnten zwischen-

zeitlich Gehalte bis 1,5 % Ni festgestellt werden (SECHER et al. 2007).

Im Sukkertoppen-Distrikt in Westgrönland, im Gebiet zwischen Søndre Isortoq und Fiskefjord, sind noritische Gesteine auf einer Fläche von 15 x 75 km weit verbreitet (s. Abb. 6-36). In den einzelnen noritischen Körpern, die wenige m² bis 2 x 4 km Fläche besitzen, treten zum Teil frühmag-



Abb. 6-36: Verbreitung von Gesteinen mit erhöhten Ni-Gehalten, aus SECHER (2004b).

matische Sulfidmineralisationen mit wirtschaftlich interessanter Mineralparagenese auf. Die Mineralisation ist in allen Körpern von ihrer Zusammensetzung und Ausbildung sehr ähnlich und umfasst als Minerale Pyrrhotin, Pentlandit, Chalkopyrit und Pyrit mit Magnetit und Ilmenit als häufigste Nebenbestandteile. Bravoit oder Violarit sind die häufigsten Sekundärminerale. Als oberflächennahe Verwitterungsminerale wurden zudem Covellin, Chalkosin, Cuprit, gediegen Kupfer, Azurit und Malachit beobachtet. Im massiven Sulfiderz beträgt der Ni-Gehalt in den Sulfiden 9 %, das Verhältnis Cu:Ni:Co = 40:100:3,3 bzw. Ni:(Pt+Pd) = 43.000 – 56.000:1 (NIELSEN 1976).

Im Gebiet von Nanortalik in Südgrönland sind während der ketilidischen Gebirgsbildung ultramafische Gesteine in das granitische und Gneisgebirge eingedrungen. Diese ultramafischen Gesteine sind zum Teil mineralisiert und führen Fe-, Cu- und Ni-Sulfide sowie PGM, Au, Ag und Cr. Die wichtigsten Fundorte sind Amitsoq, Sarqaa, Eggers Ø am Kap Farvel sowie die Südküste von Søndre Sermilik nördlich von Nanortalik. Der ultramafische Körper auf Amitsoq (s. Abb. 6-36) ist über 1,5 km Länge und 100 m Breite verfolgbar. In den Gebieten der stärksten Mineralisation führen die Gesteine ca. 5 % Sulfide, wobei Chalkopyrit und Pentlandit in Verwachsungen mit Pyrrhotin und Magnetit dominieren (NIELSEN 1976).

Der Stendalen Gabbro in Südostgrönland (Abb. 6-36) besteht aus einer Gabbro-Leukogabbro-Diorit-Abfolge, die lokal im unteren Teil gebändert ist. Der schichtförmige Gabbrokörper erstreckt sich über mindestens 8 km Länge und ist mehrere Hundert Meter mächtig. Der untere Bereich der gabbroiden Abfolge führt Horizonte mit wechselnden Anteilen fein verteilter Sulfide (Pyrrhotin, untergeordnet Pyrit, Chalkopyrit und Cobaltit). Die Metallgehalte reichen bis 0,8 % Cu, 0,5 % Ni und 0,1 % Co. Die

Edelmetallgehalte sind dagegen sehr niedrig und erreichen bis 169 ppb Au, 40 ppb Pt und 19 ppb Pd. Der obere homogene Bereich des Gabbros ist vom unteren Bereich durch eine durchhaltende und bis 20 m mächtige, stark vererzte Zone getrennt. In dieser Zone, die Lagen von Magnetit und Pyrrhotin unterschiedlicher Anreicherung führt, ist auch ein ca. 5 m mächtiger, halbmassiver Horizont aus Ilmenit (20 %), Magnetit (10 %), Pyrrhotin (5 %) und Chalkopyrit (<1 %) eingeschaltet. In Magnetit reichen Proben erreicht der V-Gehalt 0,2 % (STENDAL & SCHÖNWANDT 2000).

In West Kalkdal auf Liverpool Land finden sich in quarzreichen Gneisen im Kontakt zu Marmor weit verbreitet Einsprenglinge und Anreicherungen von Pyrrhotin und Pyrit. Dort ist auch eine große Linse mit bis zu 50 cm Mächtigkeit und 30 – 40 m Länge aus Pyrrhotin mit geringen Anteilen von Chalkopyrit und Pentlandit nachgewiesen worden. Analysen ergaben Werte von 0,3 – 0,7 % Ni, bis 1,5 % Cu sowie 0,1 % Co (HARPØTH et al. 1986).

Bei Illukunnguaq auf der Nordseite der Diskoinsel (Abb. 6-36) wurde 1931 ein 28 t schwerer Block aus nickelhaltigem Pyrrhotin ausgegraben. Der Ni-Gehalt des Erzes variierte zwischen 1,91 – 4,72 % und der Cu-Gehalt zwischen 0,80 – 2,35 %. Die Genese dieses Blocks steht vermutlich in Zusammenhang mit den Vorkommen von gediegenem Eisen auf der Diskoinsel (s. Kapitel 6.1.3). Auch die an Sulfiden angereicherten Basalte auf der Diskoinsel enthalten bis 1 % Ni und zudem bis 0,5 ppm PGM (SECHER et al. 2007).

6.1.14 Uran

Der Ilímaussaq-Alkalikomplex (Abb. 6-37) stellt nicht nur das bekannteste und wirtschaftlich bedeutendste Mineralvorkom-

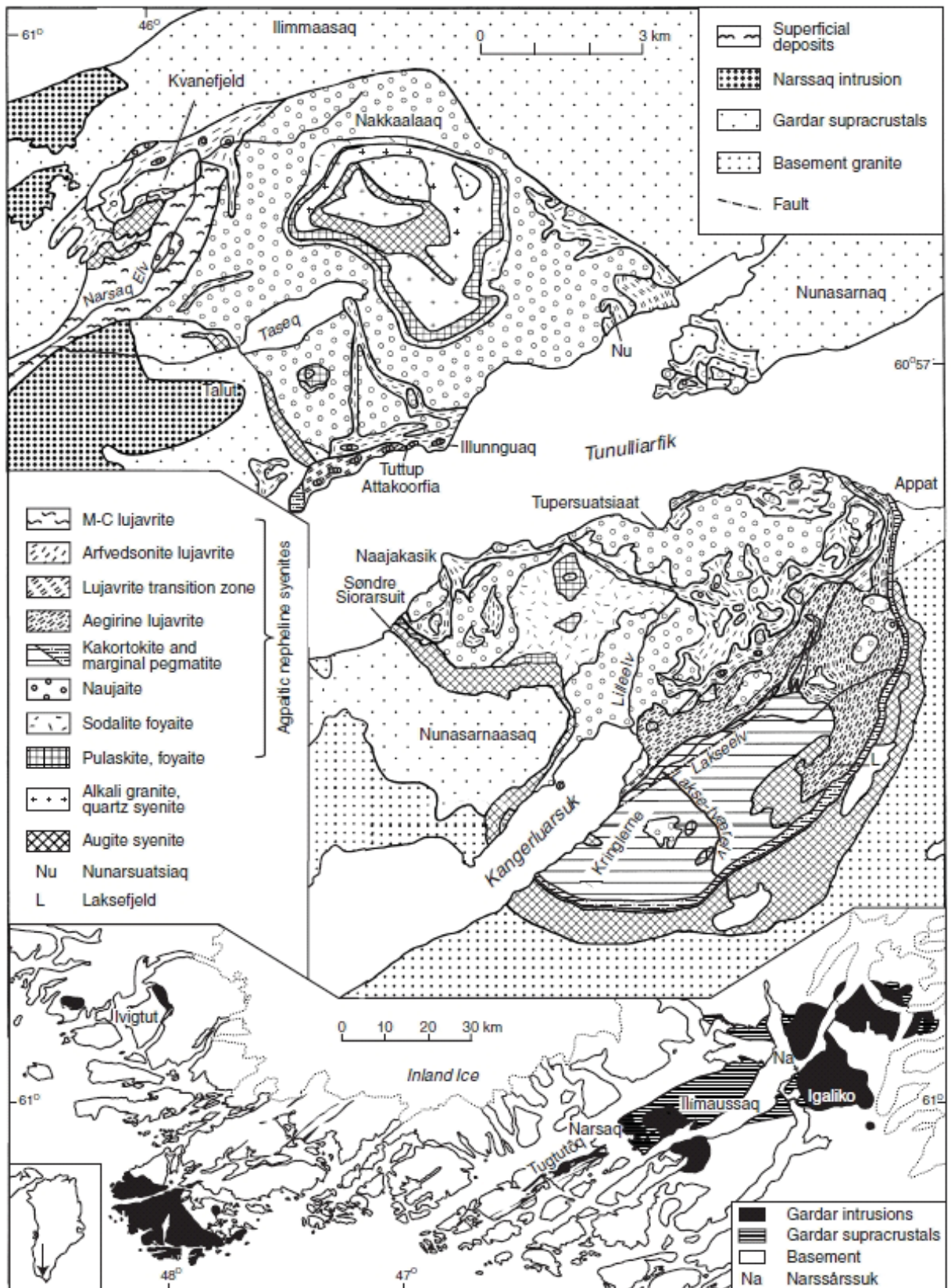


Abb. 6-37: Lage (kleine Karte unten) sowie geologische Übersichtskarte des Ilímaussaq-Alkali-Komplexes in Südgrönland. Das Kvanefjeld Plateau liegt im äußersten Nordwesten, aus SØRENSEN (2001).

men Grönlands (U, Th, Be, Li, Zr, Nb, SE) sondern auch eines der größten Mineralvorkommen der Erde dar. Die zur Gardar-Provinz zählende Ilímaussaq-Intrusion erstreckt sich in Südgrönland heute an der Oberfläche über eine Fläche von 17 x 8 km, besitzt rund 1.700 m Mächtigkeit und ist vor 1,186 Ga bis in eine Teufe von 3 – 4 km unter damaligem Gelände eingedrungen. Der Komplex besteht aus einer älteren Serie aus Alkalisyeniten und -graniten sowie einer jüngeren Serie aus SiO_2 untersättigten Nephelinsyeniten. Die höchsten Konzentrationen an U, Th und auch SE finden sich in den jüngsten Derivaten der jüngeren Gesteinsserie, die als Lujavrite auch in die hangenden Vulkanite intrudiert sind. An den Orten, wo hydrothermale Gänge die Lujavrite durchstoßen haben, sind die Mineralkonzentrationen besonders hoch. Als radioaktive Minerale treten Steenstrupin sowie untergeordnet Monazit, diverse Pigmente und Thorit auf. Im Steenstrupin liegen die Gehalte bei

1.000 – 1.500 ppm U und 2.000 ppm – 6 % Th (sowie 15 – 30 % SEO) (NIELSEN 1976).

Die Lujavrite enthalten durchschnittlich 100 – 800 ppm U, 200 – 2.000 ppm Th, 0,2 % Zn, 0,6 – 0,7 % SE (43 % CeO_2 , 11 % Nd_2O_3 , 3,7 % Pr_2O_3 , 0,08 % Eu_2O_3 , 1,1 % Sm_2O_3 , 4,5 % Y_2O_3 , 36,6 % La_2O_3), 791 – 1.192 ppm Li sowie 72 – 132 ppm Ga (SØRENSEN et al. 1974).

Das Kvanefjeld-Vorkommen, der wirtschaftlich interessanteste Teil des Ilímaussaq-Alkalikomplexes, liegt rund 8 km vom Küstenort Narsaq entfernt, wurde bereits 1806 entdeckt und zwischen 1956 und 1982 durch insgesamt 76 Bohrungen mit 11.852 Bohrm Metern sehr detailliert erkundet (vgl. Abb. 6-38). Zwischen 1979 und 1980 wurden zudem zwei Stollen in der Lagerstätte aufgeföhren, wobei 20.000 t Gestein mit einem durchschnittlichen Gehalt von 365 ppm U_3O_8 abgebaut wurden. Die neu-



Abb. 6-38: Bohrarbeiten auf dem Kvanefjeld Plateau durch den Lizenzinhaber GREENLAND MINERALS AND ENERGY LTD.

esten Berechnungen des derzeitigen Lizenzinhabers, Greenland Minerals and Energy Ltd., gehen für das Kvanefjeld-Vorkommen von angezeigten und vermuteten Vorräten von 457 Mio. t Erz mit einem Gehalt von 280 ppm U_3O_8 (cut-off 150 ppm U_3O_8) (= 128 kt U_3O_8 -Inhalt), 1,07 % SEO (= 4,91 Mio. t SEO-Inhalt), 0,22 % Zn (= 0,99 Mt Zn-Inhalt) bzw. 363 Mio. t Erz mit einem Gehalt von 0,85 % NaF (= 3,1 Mio. t NaF-Inhalt) aus. Der Lithiumgehalt variiert je nach Mineral zwischen 2 ppm und 3,54 % (BAILEY ET AL. 1992), woraus Vorräte von 235.000 t Li_2O -Inhalt berechnet wurden. Zu den Vorräten an Zirkon bzw. Beryllium siehe die Teilkapitel Schwerminerale und Zirkon bzw. Wolfram und Beryllium.

Östlich der Ilímaussaq-Intrusion wurden zudem radioaktive Gänge in Graniten, Vulkaniten und Sandsteinen auskartiert, die ebenfalls Anreicherungen von SE, Monazit und Bastnäsit führen (NIELSEN 1976).

Im Sarfartôq Karbonatitkomplex existieren schmale, 10 – 100 m lange Zonen, die Gehalte von 0,5 – 1,0 % U besitzen. Das Uran ist hier an den zum Teil stark radioaktiven Pyrochlor gebunden (s. Kapitel 6.1.10) (NIELSEN 1980a)

In Ostgrönland, in Randbøldalen auf Gauss Halvø, wurde Uran mit Durchschnittsgehalten von 500 – 700 ppm, maximal 2.000 ppm, in Vulkaniten nachgewiesen. Die Mineralisation ist auf eine Fläche von ca. 1 km² begrenzt und weitestgehend an Imprägnationen mit Kohlenwasserstoffen gebunden.

Acht Kilometer nordnordöstlich der beschriebenen Mineralisation finden sich im Foldaelvtal bis 50 cm breite Gänge aus Quarz und Fluorit bzw. Calcit, die untergeordnet auch Pechblende, Chalkopyrit, Bleiglanz, Tetraedrit, Zinkblende, Markasit, Pyrit und Gold enthalten. Eine ausgewählte Probe enthielt 0,23 % Cu, 0,12 % Pb, 0,06 %

U, 0,03 % Zn, 0,01 % Bi, 45 ppm Ag sowie 0,5 ppm Au (HARPØTH et al. 1986).

Im Küstengebiet bei Moskusokselandet, ebenfalls in Ostgrönland, ist Fluorit als Kluffüllung in den dort austreichenden Vulkaniten und in brekzierten Horizonten in Sandsteinen weit verbreitet (Abb. 6-39). Daneben sind die Vulkanite mit geringen Anteilen an Pechblende, Uranophan und radioaktiven Kohlenwasserstoffen mineralisiert. Ausgewählte Proben erbrachten Gehalte bis 1 % U.

An der Südküste des Flyverfjords, im inneren Scoresby Sund, findet sich an dem sehr hohen und nur vom Wasser her zugänglichen Steilufer eine steil einfallende, ein Meter mächtige Lage aus massivem quarzitischem Gneis mit Gehalten von maximal 10 % Pyrrhotin, Pyrit und Chalkopyrit. Die Mittelwerte von zehn entnommenen Einzelproben ergaben allerdings nur geringe Metallgehalte (HARPØTH et al. 1986).

An den Westhängen von Nedre Arkosedal wurden in umfangreichen Explorationskampagnen in den 1970er Jahren zwei 400 m entfernt liegende Gänge untersucht, die aufgrund ihrer Radioaktivität und ihrer gelben Farbe schon bei einer ersten geologischen Kartierung im Jahr 1956 aufgefallen waren (HARPØTH et al. 1986). Die intensive, auch aeroradiometrische Suche nach weiteren Gängen blieb jedoch erfolglos. Der nördliche Gang streicht über rund 200 m Länge aus und erreicht zwischen 5 und 10 m Breite. Er besteht aus stark brekziiertem Fluorit und ist tiefgründig verwittert. Uran ist an das Fluoritgitter und an Pechblende gebunden. 251 Oberflächenproben ergaben bei Maximalwerten von 3.427 ppm U und 136 ppm Th einen Mittelwert von 252 ppm U und 21 ppm Th. In einer Bohrung wurden in einem 4,1 m mächtigen Intervall Werte von 780 ppm U und <30 ppm Th gemessen. Der südliche Gang ist weniger stark



Abb. 6-39: Ausbiss vulkanischer Gestein bei Moskusokselandet am Moskusoksefjord (Foto: WIKIPEDIA).

verwittert und über 40 m Erstreckung aufgeschlossen. Einzelproben wurden über 15 m Länge und bis 50 cm Tiefe entnommen. Die am höchsten mineralisierten zwei Meter enthielten 1.050 – 8.710 ppm U bei einem Maximalwert von 22.500 ppm U, d. h. 2,25 % U.

Auf der Halbinsel Wegener Halvø sind rund um Lille Cirkusbjerg mehrere Urananomalien bekannt, die auf ziegelrote mm- bis dm-große Phosphatklasten bzw. dm-mächtige Phosphat führende Sandsteine in Konglomeraten zurückgeführt werden können. Eine Detailaufnahme der Lagerungsverhältnisse steht aus, jedoch ergaben Untersuchungen von sechs Einzelproben Gehalte von 210 – 680 ppm U bzw. 9 – 33 % P_2O_5 (HARPØTH et al. 1986).

Bei Haredal auf Fränkel Land, aber auch die Geschiebe in den Moränen des dortigen Lystergletschers, führen viele Zweiglimmerleukogranite, aber auch einige Pegmatite und Aplite fein verteilte Pechblende oder auch Einsprenglinge von Uraninit. Die Durchschnittsgehalte liegen bei 100 bis

500 ppm U mit Einzelwerten bis 5.000 ppm U (HARPØTH et al. 1986).

In Hinks Land führen grobkörnige Pegmatite verstreut rostige Mineraleinschlüsse, die in Analysen Werte bis 595 ppm U und 60 ppm Th ergaben.

Der Einzelfund eines Geschiebes aus halbmassiver Pechblende (32,2 % U, 6 % Pb, 5 % Cu, 0,25 % V) ist aus dem südwestlichen Eremitdal auf Andrée Land dokumentiert (HARPØTH et al. 1986).

6.2 Industrieminerale

6.2.1 Kryolith

Das bekannteste Industriemineral Grönlands ist Kryolith, ein Na-Al-Fluorid, das bei Ivittuut (Ivigut) fortlaufend zwischen 1859 (1856?) und 1962, mit Unterbrechungen bis 1987, in großem Umfang (3,7 Mio. t Erz @ 57 % Kryolith) abgebaut und exportiert wurde. Das Vorkommen, das ursprünglich 100 x 200 m Fläche und 60 m



Abb. 6-40: Blick in den aufgelassenen ehemaligen Kryolithabbau von Ivittuut, aus NIELSEN (2009).

Mächtigkeit besaß, wurde zwischenzeitlich vollständig ausgebeutet (s. Abb. 6-40). Es saß auf Gesteinen mit sehr hohem Siderit- bzw. Fluoritgehalten auf. Hauptbestandteil des Vorkommens war ein Kryolith-Siderit-Gestein mit rund 20 % Siderit und 1 – 2 % Quarz und Sulfiden. Die zum Teil mit gewonnenen Sulfidminerale waren Zinkblende, Bleiglanz, Chalkopyrit und Pyrit. Der Bleiglanz enthielt im Mittel 740 ppm Ag und 1,35 % Bi (KARUP-MØLLER & PAULY 1979). Insgesamt kamen in dem Vorkommen 114 verschiedene Mineralien vor, so dass es besonders unter Mineralogen bekannt war. Trotz intensiver Suche konnte kein weiteres Kryolithvorkommen mehr entdeckt werden, auch werden die aus dem Kryolith gewonnen Produkte heute anderweitig gewonnen bzw. Kryolith synthetisch hergestellt.

6.2.2 Fluorit

Schon im Jahr 1929 wurde rund 15 km westlich von Kap Franklin (Ostgrönland)

ein Vorkommen von Fluorit beschrieben, das bis in die 1970er Jahre hinein immer wieder prospektiert und exploriert wurde. Fluorit tritt dort weitflächig als hydrothermale Bildung zusammen mit Quarz sowie untergeordnet mit Baryt, Strontianit, Calcit und Hämatit sowie Spuren von Bleiglanz, Pyrit und Chalkopyrit in Form massiver Adern oder geringmächtigerer Kluftfüllungen auf. Das bisher größte gefundene Einzelvorkommen stellt eine bis 1,8 m breite und 25 m lange Linse aus massivem Fluorit in einer bis 2 m weiten und mit Fluorit zementierten Brekzienzone dar. Schätzungen der Gesamttonnage und Angaben zu den CaF_2 -Gehalten liegen nicht vor (HARPØTH et al. 1986).

Der südöstlichste Teil des Kap-Simpson-Komplexes auf Traill Ø in Zentralostgrönland stellt eine Caldera mit aufgeschlossenen Sediment-, Vulkanit- und Intrusivgesteinen dar. Im Süden der Caldera zwischen Kap Simpson und Drømmebugten ist Fluorit in Form von cm-mächtigen Gängchen, aber auch breiteren Gängen weit verbreitet. Im

Fluoritdal wurde als bisher bedeutendste Mineralisation ein 30 cm breiter und 250 m langer massiver Fluoritgang entdeckt. Viele Fluoritgänge zeichnen sich durch erhöhte Mo-Gehalte von 65 – 645 ppm aus, ohne dass bisher eigenständige Mo-Minerale nachgewiesen werden konnten (HARPØTH et al. 1986).

Fluorit ist ebenfalls ein wichtiger Bestandteil in den Alkaligesteinen der Gardar Intrusionen in Südgrönland, in die es während späthydrothormaler Phasen gelangt ist. Fluorit findet sich in den verschiedenen Alkaligesteinen in Spalten, Klüften und Linsen und diese besonders in der Umgebung von Nunakuluut (Nunarssuit) und Narsaq. Auch im Kryolith von Ivittuut war Fluorit ein wichtiger Bestandteil. In der Ilímaussaq-Intrusion enthalten die Lujavrite große Mengen des wasserlöslichen Fluorminerals Villiaumit. In den Pegmatiten der Igaliko-Intrusion, z. B. bei Narsaarsuk, ist Fluorit weit verbreitet. Bauwürdige Anreicherungen von Fluorit wurden jedoch außerhalb des Ivittuut-Vorkommens bisher nicht beschrieben (NIELSEN 1976).

6.2.3 Baryt

Auf den Plateaus im Bredehorngebiet auf Scoresby Land, im Vorfeld des Breithornngletschers, fanden in den 1970er und Anfang der 1980er Jahre umfangreiche Explorationsarbeiten statt, die die dortigen Pb-Zn-Baryt-Vererzungen zum Ziel hatten (Abb. 6-41). Aufgrund der dichten und mächtigen (>18 m) Geröllbedeckung sind die Mineralisationen in zahlreichen Blockfeldern zwar nachweisbar, aber nur am sog. „Zebrakliff“ direkt am Abbruch des Breithornngletschers aufgeschlossen. Dort steht über mergeligen Kalksteinen auf rund 300 m Länge ein rund 10 m mächtiger Barythorizont an, der in der Mitte massiv, zum Hangenden und Liegenden als Wechsellagerung

Baryt-Kalkstein ausgebildet ist. Er wird von einer Abfolge gut geschichteter Kalksteine mit wenigen eingelagerten Barytbänken überlagert. Der eigentliche Barythorizont besteht aus einer rhythmischen Wechsellagerung weißer und grauer Barytlagen, die Zebrastreifen ähneln (s. Abb. 6-42). Bleiglanz findet sich im verkieselten oberen Abschnitt des Barythorizonts in Form 5 – 15 cm mächtiger Lagen und Linsen sowie mit Zinkblende fein verteilt über den gesamten Barythorizont hinweg. An einem Kliff nördlich des Zebrakliffs ist zudem ein 1 – 2 m mächtiger Barytgang aufgeschlossen. In den Blockfeldern finden sich dem „Zebrabaryt“ sehr ähnliche Gerölle. Die nachgewiesenen Baryterzreserven belaufen sich auf 300.000 t mit einem Gehalt von ca. 72 % BaSO₄. Im gesamten Bredehorngebiet dürften die Ressourcen mehrere Millionen Tonnen Baryterz umfassen (HARPØTH et al. 1986). An den Westhängen des Okse-dal, südlich Mesters Vig, in Ostgrönland erstreckt sich über 500 m Länge und bis zu 30 m Breite eine Gangzone aus massiven Quarzgängen, verkieseltem Nebengestein, Barytgängen sowie dm-großen Bleiglanz- und Zinkblende-Einschlüssen. In naher stratigraphischer und räumlicher Lage ist zudem eine 5 – 9 m mächtige Bank aus „Zebrabaryt“, ähnlich wie im Bredehorngebiet, aufgeschlossen. Anhand einer ersten Prospektionskampagne wurden oberflächennahe Vorräte von 440.000 t Erz mit einem Gehalt von 60 % Baryt bzw. 330.000 t Erz mit einem Gehalt von 95 % Baryt, aber nur Spuren von Bleiglanz und Zinkblende berechnet. Ähnliche Verhältnisse von Barytgängen und „Zebrabaryt“-Bänken sind im Mesters Vig Gebiet auch andernorts, z. B. bei Triaskæden, zu beobachten (HARPØTH et al. 1986, THOMASSEN 2005b).

Westlich Rubjerg Knude auf Traill Ø existiert eine prominente Störungszone, die über mindestens 10 km streichende Länge verfolgbar ist. Über eine Länge von 4 km

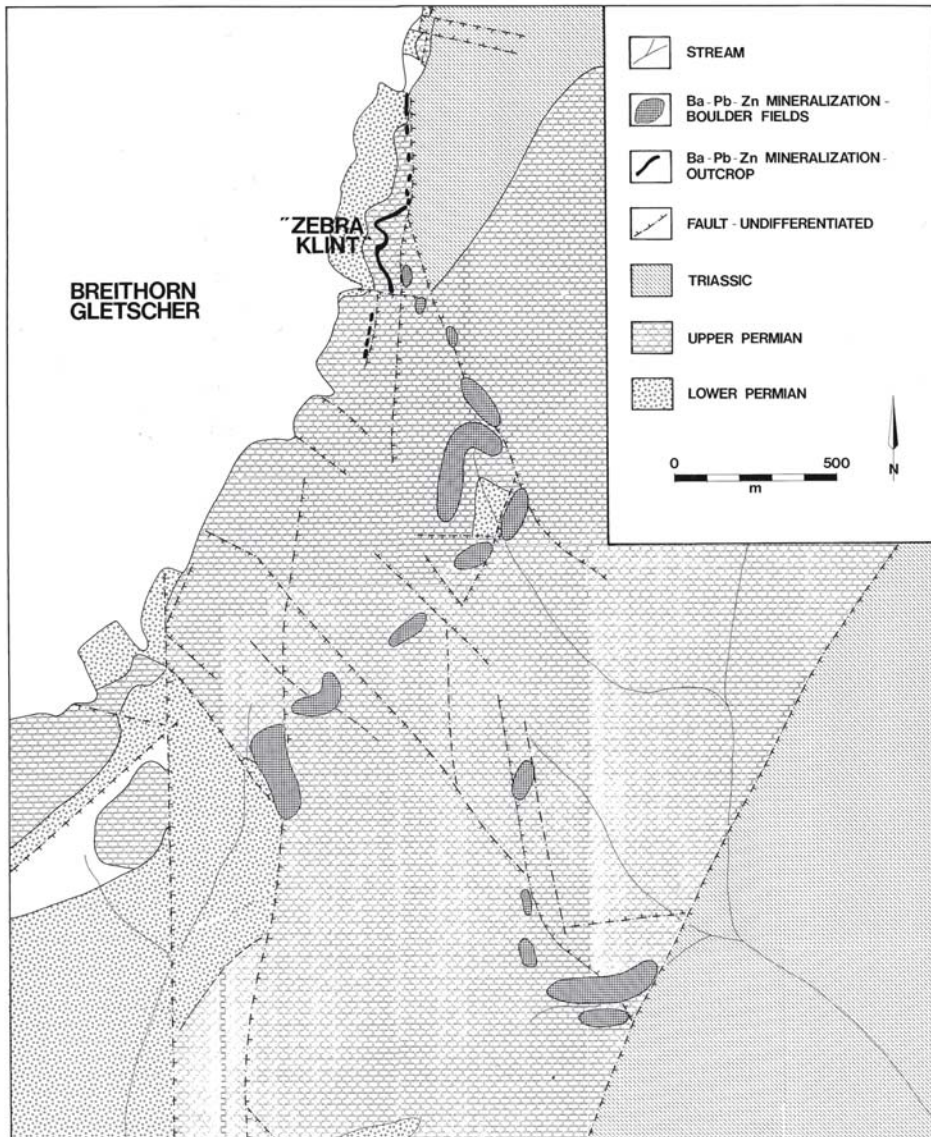


Abb. 6-41: Vereinfachte geologische Karte des Bredehorngebiets mit Darstellung der mineralisierten Gebiete, aus HARPØTH et al. (1986).

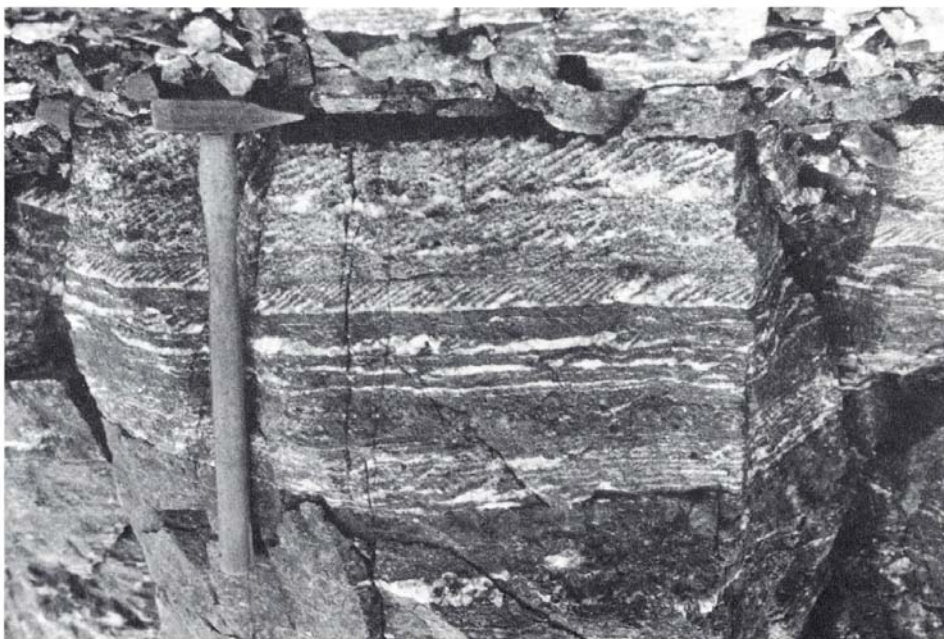


Abb. 6-42: „Zebra baryt“ von Bredehorn, aus HARPØTH et al. (1986).

und eine Breite von 50 – 100 m ist darin eine deutliche, insgesamt aber niedriggradige hydrothermale Mineralisation von Baryt ausgebildet. Die einzelnen Barytgänge sind zwischen wenigen mm bis mehreren dm, meist aber nur wenige cm mächtig. Der Abstand zwischen den Gängen schwankt beträchtlich – der durchschnittliche Gesamtbarytgehalt wird auf 5 – 10 Vol.-% geschätzt (HARPØTH et al. 1986).

6.2.4 Coelestin

Bei Karstryggen im Schuchert Dal auf Jameson Land wurden nicht nur bedeutende Pb-Zn-Vererzungen (s. Kapitel 6.1.4), sondern auch große Vorräte von Coelestin nachgewiesen (s. Abb. 6-43). Coelestin ist auf rund 80 km² Fläche verbreitet, jedoch in den Gebieten Revdal-Huledal und Muslingeelv konzentriert, wo der Gehalt an SrSO₄ über mehrere Meter Gesteinsmächtigkeit zwischen 15 und 30 % liegt. In der Kalkstein-

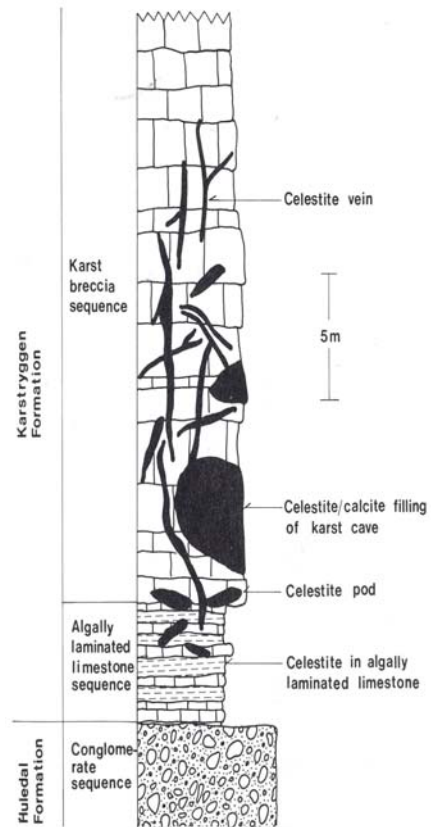


Abb. 6-44: Verbreitung von Coelestin in der oberperiglacialen Karstryggen-Formation, aus HARPØTH et al. (1986).

Evaporitabfolge von Karstryggen ersetzt Coelestin in einigen Horizonten Gips fast vollständig und zwar als Zement, Kluft- und Spaltenfüllung sowie in meist dünnen Lagen und Linsen (s. Abb. 6-44). Der Bariumgehalt im Coelestin liegt bei durchschnittlich 0,3 %. Bei vertikal und horizontal stark schwankenden Gehalten werden allein im Huledalgebiet (4 km²) die Erzvorräte auf 25 – 50 Mio. t mit einem Gehalt von ca. 50 % SrSO₄ geschätzt (HARPØTH et al. 1986).

6.2.5 Graphit

Vorkommen von Graphit sind von zahlreichen Lokalitäten in Gneisen und Metasedimenten des Ketilidian-Komplexes in Südgrönland und des Nagssugtoqidian-Komplexes in Westgrönland bekannt. In archaischen Gneisen scheint Graphit dagegen fast vollständig zu fehlen.

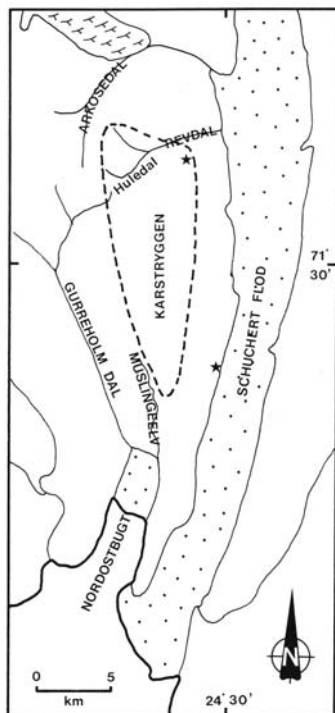


Abb. 6-43: Übersichtskarte des Karstryggen-Gebiets mit Umgrenzung des Coelestinvorkommens (gestrichelte Linie) und Lage von Pb-Zn-Mineralisationen (Sterne), aus HARPØTH et al. (1986).

Das am Besten bekannteste Vorkommen liegt im Nanortalik-Gebiet bei Amitsoq, wo Graphit in feinkörnigem Schiefer auftritt und zwischen 1911 (1915?) und 1922 (1924?) auch abgebaut wurde. Die dortigen Restvorräte sollen 250.000 t Erz mit durchschnittlich 20 % Graphit betragen.

Graphit wurde auch an zahlreichen Lokalitäten im Holsteinsborg-Gebiet gefunden; bei Utoqqaat ist Graphiterz, das dort in bis 100 m langen und 3 m mächtigen Lagen in Gneisen ansteht, sogar abgebaut worden. Die Produktion wurde wegen des hohen Anteils an Limonit und Pyrit im Erz jedoch bald wieder eingestellt.

Auf Grænseland ist ein Anthrazit-Graphit-Vorkommen bekannt, das aus einer dünnen Lage in der Foselv-Formation besteht und 10.000 t Graphit beinhaltet (NIELSEN 1973).

Ein sehr kleiner Abbau von kristallinem Graphit existierte früher bei Akuliaru-seq, nördlich Nassuttooq (Nordre Strømfjord). Das dortige Vorkommen enthält jetzt noch 1,6 Mio. t Erz mit einem Gehalt von 14,8 % Graphit sowie weitere 6 Mio. t Erz

mit einem Gehalt von 9,5 % Graphit (STENDAL et al. 2002).

Ein kurzfristiger Graphitabbau bestand auch bei Qaarsut im Umanak-Distrikt, wo eine 16 cm mächtige Graphitlage in einer Abfolge von Sandsteinen und Schiefeln auftritt. Weiter nördlich bei Langø, nahe Upernavik, finden sich große Mengen an Graphit in Granatgneisen. Graphit soll auch im Egedesminde Distrikt im südlichen Teil der Diskobucht weit verbreitet sein (NIELSEN 1976).

Graphit reiche Quarz-Glimmerschiefer und Gneise beschrieben HALL et al. (1989) auch von zahlreichen Stellen in der Ammassalik Region in SE-Grönland und dort besonders von Sermilik.

6.2.6 Olivin

Das Dunitmassiv von Sequinnersuusaaq (Itipilua) liegt unweit des Tasiussarssuaq Fjords, einem nördlichen Arm des Fiskefjords. Das Massiv besitzt eine Ausdehnung von ca. 600 x 1.300 m und besteht aus einem dunitischen Zentralteil aus rund 95 % Olivin und einer Hülle aus Olivin reichem Peridotit. Der Olivin im Dunit enthält 6 – 8 mol.-



Abb. 6-45: Luftbild des Olivinsteinbruchs bei Seqi im Sommer 2006, aus MINEX (2006).

% Fayalit. Mit Anteilen zwischen 0 und 10 % sind Chromit, Enstatit und Tremolith die häufigsten Nebenbestandteile. Aufgrund der infrastrukturell guten Lage des Vorkommens, seines Inhalts von >100 Mio. t, der ausgezeichneten refraktären Eigenschaften des Dunits und dessen Schmelzpunkts von >1.750 °C wurde das Vorkommen im Sommer 2005 in Abbau genommen. Aufgrund der schlechten Wirtschaftssituation wurde der Abbau jedoch im Jahr 2010 eingestellt (Abb. 6-45).

6.2.7 Phlogopit

SECHER & JOHNSON (2008) erwähnen „große Mengen von grobkörnigem Phlogopit auf der Oberfläche von erodierten Rücken aus Phlogopit reichen Gesteinen im alkalischen Gardiner Vorkommen in Ostgrönland“ (s. Abb. 6-46). Nach NIELSEN (1980 b) ist der dortige Phlogopit an Afrikandite gebunden und erreicht in diesem Gestein Gehalte >10 vol.-%. Der Phlogopit ist arm an Fe mit einem Mg:Fe-Verhältnis von 8:1.

6.2.8 Schwerminerale und Zirkon

Da Grönland nicht immer im arktischen Klimabereich lag, treten auf der Insel auch fossile Schwermineralseifen auf, wie sie rezent sonst nur in tropischen und subtropischen Klimaten zu finden sind.

Auf Milne Land in Ostgrönland wurden Schwermineralseifen in einer 20 m mächtigen Abfolge aus oberjurassischen grobkörnigen Arkosesandsteinen und sedimentären Brekzien exploriert. Verteilt über die gesamte Abfolge sind 10 – 40 cm mächtige Linsen größtenteils unverfestigter schwermineralreicher Sande eingeschaltet, die reich an Granat, Zirkon und Monazit sind (vgl. Abb. 6-47). Die Erzsandvorräte im Gebiet des einzig zugänglichen Aufschlusses von ca. 500 m Durchmesser werden auf 5 Mio. t geschätzt. Aussagekräftige Schwermineralanalysen liegen nicht vor, stattdessen wurde die Zusammensetzung der SEO-Fraktion im Monazit bestimmt auf: 48,0 % CeO_2 , 17,7 % La_2O_3 , 16,7 % Nd_2O_3 , 4,9 % Pr_2O_3 , 4,0 % Y_2O_3 , 2,7 % Sm_2O_3 , 2,0 % Yb_2O_3 ,



Abb. 6-46: Grobkörniger Phlogopit (hell) auf der Oberfläche von erodierten Rücken aus Phlogopit reichen Gesteinen, aus SECHER & JOHNSON (2008).

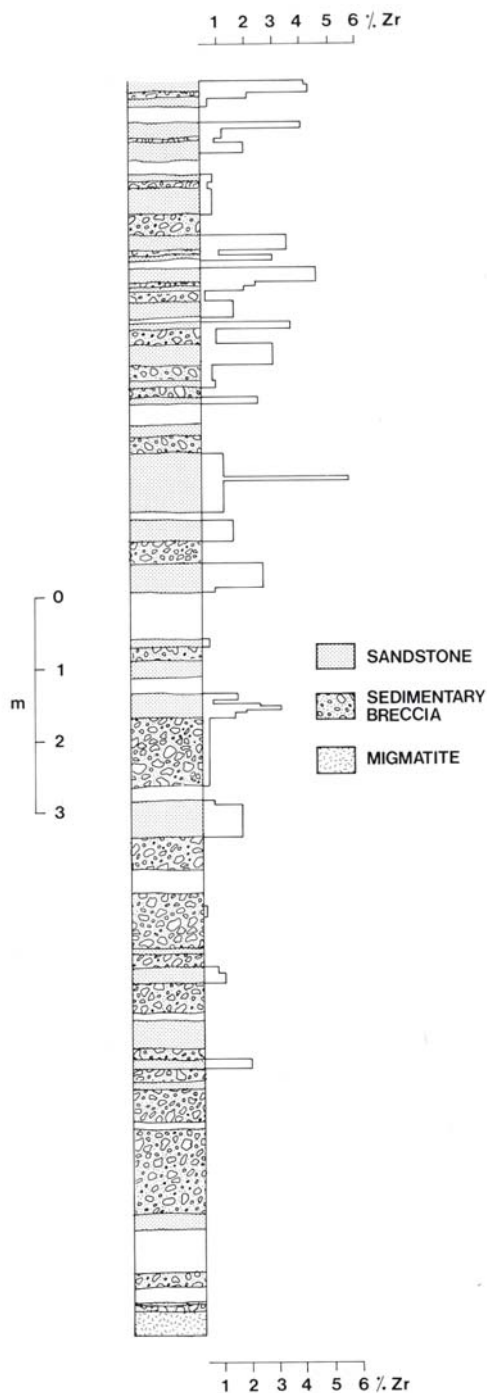


Abb. 6-47: Profil einer Kernbohrung auf Milne Land. Die Zr-Werte wurden vor Ort mittels transportablem RFA ermittelt. Der Kernverlust (weiße Abschnitte) beträgt 29 % und kann vermutlich mit Horizonten un-
verfestigter Schwermineralsande korreliert werden, aus HARPØTH et al. (1986).

2,0 % Gd_2O_3 und 2,0 % $(Dy, Ho, Eu)_2O_3$ (HARPØTH et al. 1986).

Ilmenitseifen mit Mächtigkeiten bis zu 1 m sind seit 1916 von rezenten Stränden und von gehobenen Terrassen bis 38 m über Meeresspiegel von verschiedenen Stellen im Thulegebiet beschrieben und beprobt worden. Wichtigster Fundort mit vermuteten Erzsandvorräten >20 Mio. t ist Moriusaq. Der Ilmenitgehalt in den Seifen erreicht bis zu 70 %, gelegentlich sogar 90 %. Weitere wichtige Schwerminerale sind Magnetit und Titanomagnetit. Liefergesteine dieser stets frischen und unverwitterten Erzminerale sind Schwärme basischer Gänge, so dass der TiO_2 -Gehalt im Ilmenit gering und eine Gewinnung nicht wirtschaftlich sein dürfte (GHISLER & THOMSEN 1971, NIELSEN 1976, COOKE 1978). Granatseifen existieren bei Isortuarsuk, nördlich von Sisimiut, in Südwestgrönland und auf Upernivik Ø in Westgrönland. Die Vorräte im Isortuarsuk-Vorkommen betragen 10 Mio. t Erzsand mit einem Gehalt von >20 % Granat. Anreicherungen führen 40 – 50 % Granat. Auf Upernivik Ø führen die Seifen bis 80 % Granat, jedoch wurden die dortigen Vorräte noch nicht publiziert. Der Granat aus beiden Seifen wurde in Tests als für das Wasserstrahlschneiden geeignet befunden.

Im südlichen Teil der Ilímaussaq-Intrusion in Südgrönland bei Kangerdluarssuk, im sog. Kringlerne-Vorkommen, treten neben Lujavriten und Naujaiten auch Kakortokite auf (s. auch Abb. 6-37), die in Klippen als spektakuläre Abfolge von insgesamt 29 Lagen jeweils schwarzer, roter und weißer Gesteine aufgeschlossen sind (s. Abb. 6-49). Die roten Lagen führen das häufig radioaktive, Niob und SEO (2 %) führende Zirkonmineral Eudialyt (vgl. Abb. 6-48). Im Vergleich dazu werden die schwarzen und weißen Lagen von den Mineralen Arfvedsonit bzw. Mikroklin dominiert, die keine wirtschaftliche Bedeutung besitzen. Die

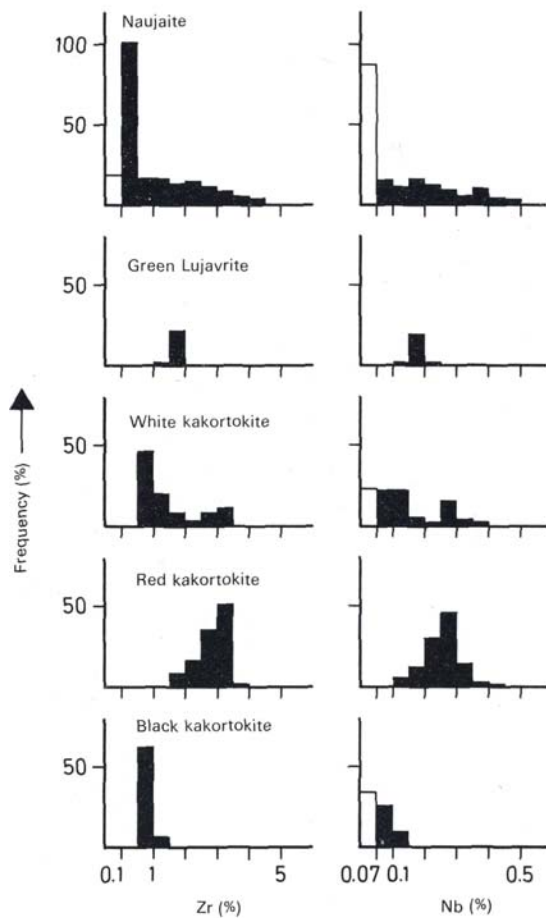


Abb. 6-48: Häufigkeit der Verteilung von Zirkonium und Niob in Eudialyt führenden Gesteinen aus der Ilímaussaq-Intrusion. Laboranalysen, aus NIELSEN (1976).

größte Konzentration an Eudialyt wurde in einigen durchschlagenden Pegmatiten sowie in einer 3,5 m mächtigen roten Lage im oberen Teil der Kakortokitabfolge analysiert. Die Mineralvorräte in dieser roten Lage wurden auf 61.000 t ZrO_2 bei einem Durchschnittsgehalt von 4 % ZrO_2 sowie 6.500 t Nb_2O_5 bei einem Durchschnittsgehalt von 0,4 % Nb_2O_5 bestimmt. Der durchschnittliche ZrO_2 -Gehalt der Gesamtabfolge wird mit 1,2 % angegeben (NIELSEN 1976). Andere Quellen nennen Durchschnittsgehalte von 2,79 % ZrO_2 , 0,25 % Nb_2O_5 , 0,03 % Ta_2O_5 , 0,7 % SEO und 0,2 % Y_2O_3 (MINEX 2008a). Große Erzbereiche besitzen Gehalte von >2 %, gelegentlich auch >8 % ZrO_2 . Die geschätzten Gesamtvorräte im Kringlerne-Vorkommen betragen 2,95 Mrd. t Erz mit Inhalten von 51,6 Mio. t ZrO_2 und 5,4 Mio. t Nb_2O_5 (SØRENSEN 2001).

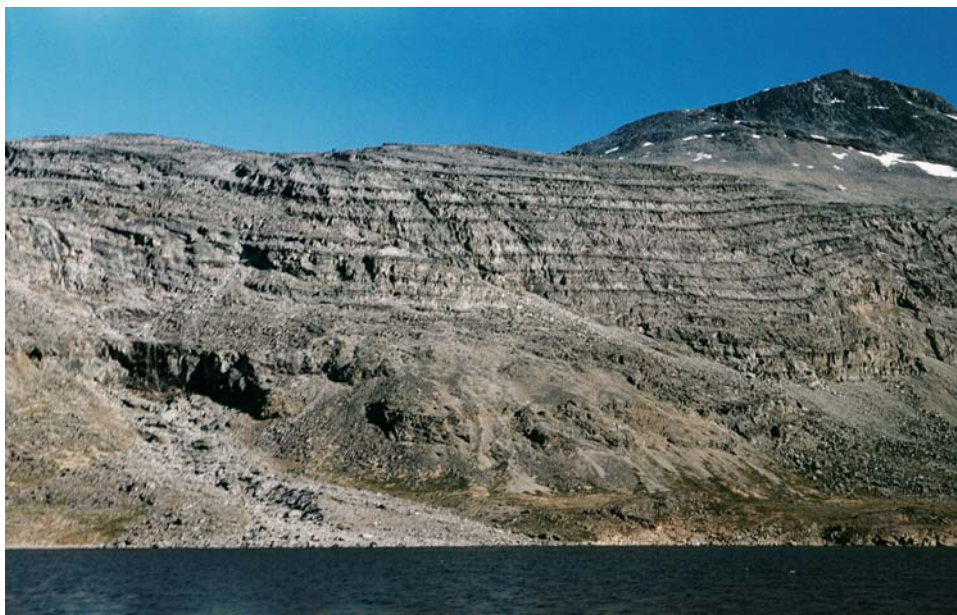


Abb. 6-49: Abfolge von geschichteten Kakortokiten im Kringlerne-Vorkommen, aus NIELSEN (2009).



Abb. 6-50: Karte von Südwestgrönland mit Vorkommen von kimberlitischen Gesteinen (schwarze Kreise) und Diamantfunden (gelbe Dreiecke), aus JENSEN et al. (2003).

6.3 Edel-, Schmuck- und Naturwerksteine

6.3.1 Diamant

Mit dem Fund diamanthöffiger Kimberlite in Grönland ist aufgrund der geologischen Struktur der Insel durchaus zu rechnen und die bisherige, seit den Funden in Nordkanada sehr intensive Exploration hat auch zu vielen positiven, wenn sicherlich auch noch nicht den letztendlich erhofften

Ergebnissen geführt (s. Abb. 6-50). Hierbei nutzt die Exploration die Zeigerminerale Pyrop, Chromit, Ilmenit, Clinopyroxen und Chromdiopsid.

Kimberlite finden sich in Westgrönland zwischen Ivituut und Frederikshåb, bei Maniitsoq sowie weiter nördlich bis Holsteinsborg. In der Region Holsteinsborg – Søndre Strømfjord (Kangerlussuaq) treten auf einer Fläche von 6.000 km² Schwärme mit zahlreichen kleinen Kimberlitgängen

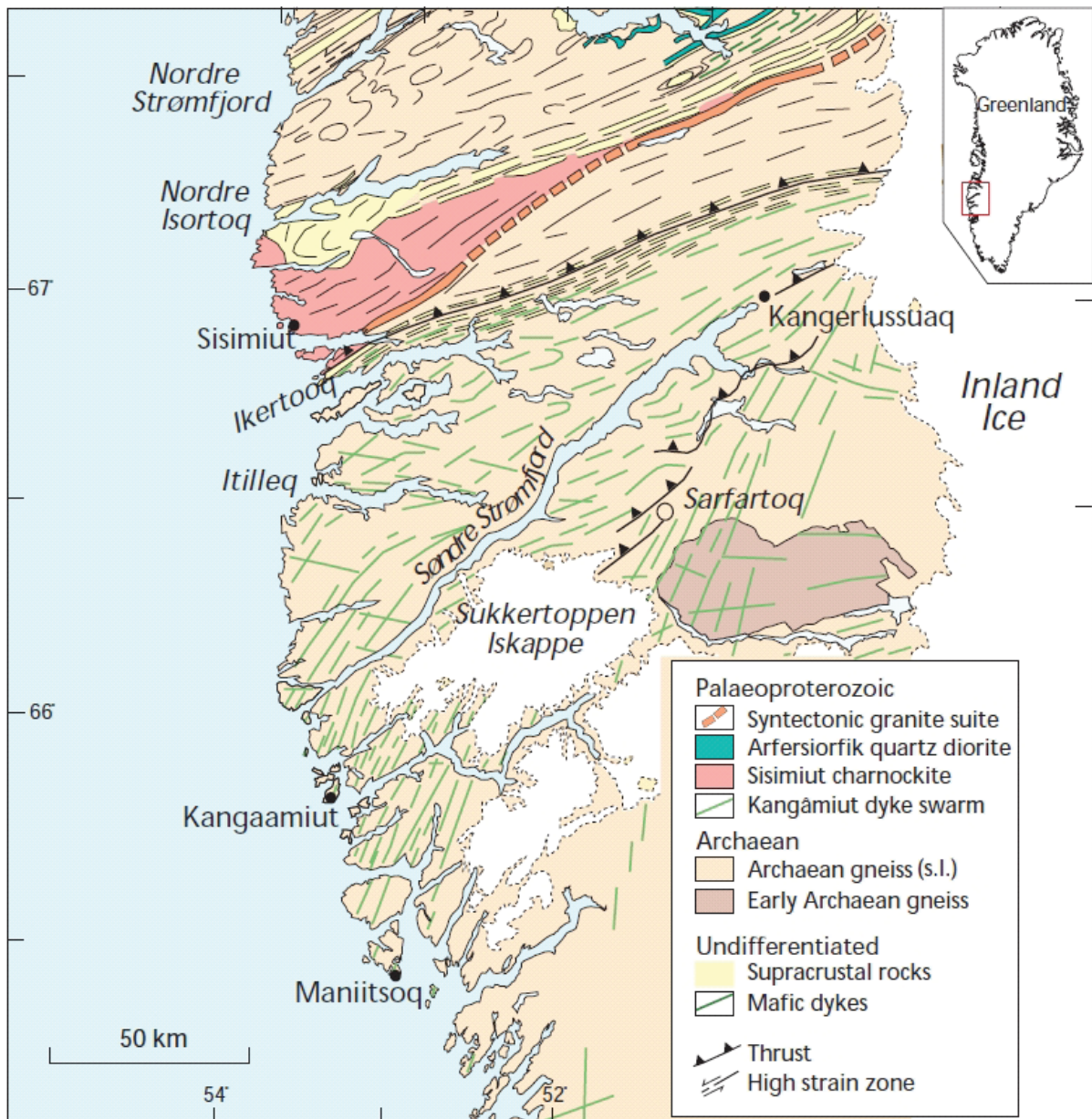


Abb. 6-51: Geologische Karte des Gebiets von Sisimiut-Kangerlussuaq-Maniitsoq mit Darstellung der zahlreichen Kimberlitgänge (Kangamiut dyke swarm) in dieser Region, aus SECHER & JENSEN (2004).

gen auf, die ein spätpräkambrisches Alter besitzen (Abb. 6-51).

Besonders intensiv wurde bisher das Garnet-Lake-Vorkommen erkundet. Aus einer Großprobe von 47 t Gewicht konnten 236 Diamanten gewonnen werden, von denen der größte 2,4 ct wog. Der durchschnittliche Gehalt des dortigen, über 900 m streichende Länge und bis 450 m Teufe verfolgbaren Kimberlitgangs beträgt 0,87 ct/t.

In Südwestgrönland sind die Gebiete um Nigerdlikasik, Midternæs und Pyramidefeld diamanthöflich. Die dortigen Kimberlite sind vermutlich im frühen Mesozoikum aus ca. 120 km Teufe (900 – 980 °C, 38 kbar) aufgedrungen. Ihr Aufstieg hängt genetisch mit der Öffnung der Davis Strait zusammen.

6.3.2 Farbedel- und Schmucksteine

Aus Grönland sind einige, zum Teil sehr seltene Farbedel- und Schmucksteine bekannt (NIELSEN 1976, SECHER & APPEL 2007):

- Rosafarbener Saphir und Rubin, größtenteils in Nicht-Edelsteinqualität, finden sich in mehrfach metamorph überprägten ultrabasischen Gesteinen und in Anorthositen in der Fiskensæset-Region in Westgrönland. Die



Abb. 6-52: Rubin führendes Gestein von Aappaluttoq im Qeqertarsuaatiaat-Gebiet, Fiskensæset-Region, aus MINEX (2008b).



Abb. 6-53 Geschliffene und ungeschliffene Rubine und Saphire von Aappaluttoq in der Fiskensæset-Region, aus MINEX (2008b).

Hauptfundstellen sind Aappaluttoq und Kigutilik. Die Mineralparagenese der Rubin führenden Gesteine umfasst roten Korund, roten Spinell, Sapphirin, Disthen, Kornerupin und Turmalin in einer Grundmasse aus Tschermakit-Amphibolit, Phlogopit, Anorthit und Dolomit (Abb. 6-52, 6-53). Die Rubinkristalle können bis 7 cm Länge erreichen. Auch der grüne Kornerupin, der



Abb. 6-54: Tugtupit-Cabochons aus dem Narsaq-Gebiet. Der längste Cabochon misst 2,5 cm, aus SECHER & APPEL (2007).

- in Kristallen bis 23 cm Länge auftritt, eignet sich als Schmuckstein.
- Tugtupit ist ein Be-Mineral, das in der Ilímaussaq-Intrusion auftritt und dessen Farben von weiß bis karminrot reichen (Abb. 6-54). Auch eine hellblaue Varietät ist bekannt. Bei Bestrahlung durch Sonnen- bzw. UV-Licht ändert sich die Farbe temporär in rot. In hydrothermalen Gängen ist Tugtupit oft mit anderen Be-Mineralen, Albit, Analcim, Zinkblende, Neptunit, Pyrochlor und Aegirin-Nadeln verwachsen. Da Tugtupit nur in massiven, polykristallinen Stücken auftritt, wird es typischerweise zu Cabochons geschliffen. Die lokale Bevölkerung baut dieses Mineral seit seiner Entdeckung im Jahr 1957 ab. Durch die wachsende Nachfrage in allen Tourismuszentren und auf internationalen Börsen wird es zwischenzeitlich auch im Raubbau mittels Sprengungen gewonnen.
 - Nuunit (nach der grönländischen Hauptstadt Nuuk) ist ein metamorph überprägtes Gestein, das aus den zwei Amphibolen Antophyllit und Gedrit besteht. Das Gestein besitzt rötliche, grünliche und bläuliche Farben und weist nach Politur einen goldenen Schimmer mit iridisierenden Effekt auf. Das Gestein wird rund um Nuuk von vielen lokalen Künstlern zur Schmuckherstellung genutzt.
 - Lazurit (Lapislazuli) ist seit den 1960er Jahren von Tupertalik, rund 60 km östlich von Maniitsoq bekannt. Der hellultramarinblaue Lazurit tritt dort mit weißem Skapolith in der Reaktionszone zwischen einer Karbonatitdecke und archaischen Gneisen auf. Das Vorkommen ist begrenzt und wird von lokalen Künstlern genutzt.
 - Die Be-Mineralen Ussingit und Sorensit sowie der Nephelinsyenit Naujait sind Schmucksteine, die bereits zur Anfertigung von Kunstgegenständen genutzt wurden. Auch gelber Sodalith aus der Ilímaussaq-Intrusion könnte als Schmuckstein Verwendung finden.
 - Amazonit mit Kristallen von 5 x 15 cm Größe ist ein häufiger Bestandteil in Pegmatitgängen von 1 – 2 m Weite, die in den Nunarssuit Granit-Syenit-Komplex in Südgrönland eingedrungen sind (Abb. 6-55). Auch die grantischen Pegmatite im Tasii- laq-Gebiet in Ostgrönland, z. B. in der Umgebung von Kobberrminebugt, führen gut ausgebildete Amazonitkristalle, die allerdings nur schwach blaugrün ausgebildet sind.
 - Granat ist in den kristallinen Gesteinen Grönlands weit verbreitet. Zwischen Akia und Storøen im Umanak Distrikt findet sich auch ein tieferer transparenter Granat. Rund 8 km östlich von Ravns Storø, nördlich von Paamiut Isblink, sind bräunliche bis violettrote, bis mehrere cm-große Granatkristalle gewinnbar.
 - Talk bzw. Seifenstein wird seit vielen Jahrhunderten von der Lokalbevölkerung für verschiedenste Zwecke



Abb. 6-55: 15 cm großer Amazonitkristall in Pegmatit aus dem Nunarssuit-Komplex, aus SECHER & APPEL (2007).



Abb. 6-56: Grönlandit (7 x 8 cm) aus dem Gebiet um Nuuk, aus SECHER & APPEL (2007).

genutzt. Zahlreiche Vorkommen sind aus dem Gebiet zwischen Paamiut und Ivittuut und von Uvkusigssat im Umanak-Gebiet bekannt.

- Achat ist in den Basalten rund um den Scoresby Sund in Ostgrönland, als auch auf der Diskoinsel und der Nuugssuaq Halbinsel verbreitet.
- Weitere Farbedel- und Schmucksteine, die schon auf Grönland gefunden und zum Teil auch genutzt wurden, sind Beryll, Chalcedon, Cordierit, Mondstein, Peridot, Quarz, Spinell und Turmalin sowie Cancrinit, Natrolith, Prehnit, Sodalith und Thulit (SECHER & APPEL 2007).

6.3.3 Naturwerksteine

Grauweißer Marmor, der in der Qualität dem Marmor von Carrara ähnlich sein soll, wurde mit Unterbrechungen in der Vergangenheit immer wieder im Gebiet von Maarmorilik/Umanak gewonnen. Zwischen 1967 (1968?) und 1972 wurden aus einem Steinbruch insgesamt 4.000 t gebrochen und verschifft.

Ein ungewöhnlicher Sandstein von dunkelroter bis rotvioletter Färbung, teils mit weißen runden und ovalen Flecken, tritt an einigen Stellen im Tunugdliarfik-Gebiet in Südgrönland auf. Dieser Sandstein aus der Eriksfjord-Formation, der unter der Bezeichnung „Igaliko Sandstein“ bekannt ist, wurde bisher nur von der Lokalbevölkerung für Dekorationszwecke genutzt (NIELSEN 1976).

Nach Untersuchungen von RASMUSSEN & OLSEN (2003) ist der Igaliko Sandstein eng geklüftet und sehr dünnbankig, so dass er für den Export nicht geeignet ist. Auch die einheimische Bevölkerung steht einem kommerziellen Abbau negativ gegenüber.

Aventurin – in Grönland Grönlandit genannt – von bläulichgrüner Farbe tritt bei Isukasia und an anderen Stellen um Nuuk herum auf (s. Abb. 6-56). Es handelt sich um einen Quarzit mit fein verteiltem Fuchsit und schönem metallischen Glanz. Er besitzt eine Mohs Härte von 7 und ist gut polierbar. Bisher wurde dieses Gestein, das sich gut als Naturwerkstein eignet, nicht kommerziell abgebaut (SECHER & APPEL 2007). Das Potenzial an weiteren grönländischen Naturwerksteinen, besonders unter Berücksichtigung der technischen Eigenschaften

der Gesteine und der für den Export benötigten Blockgröße, wurde zwischen 2001 und 2004 in einem ersten Projekt untersucht (RASMUSSEN & OLSEN 2003, 2005):

- Im Gebiet um Nuuk und Kangerluarsorseq in Südwestgrönland wurden als potenzielle Naturwerksteine ein massiver Olivindolerit/-gabbro, ein Anorthosit, ein Leukogabbro mit attraktiver Irideszenz der Feldspäte (Peristerit und Labradorit), diverse Augengneise und Granite sowie dunkelgrüne, braune und schwarze Ultramafite identifiziert.
- Im Raum Nassuttooq, in Zentralwestgrönland, sind als Naturwerksteine besonders migmatitische Biotitgneise



Abb. 6-57: Polierte Platte aus Biotitgneis von Seqqorsua, Westgrönland, aus RASMUSSEN & OLSEN (2003).

(Lokalitäten: Seqqorsua, s. Abb. 6-57, Niaqornarsuaq, s. Abb. 6-58, und Qatsissut Kitaatunga, s. Abb. 6-59) und Orthopyroxengneise (Charnokite) (Lokalitäten: Tiggaat, s. Abb. 6-60 und Südseite von Eqalugarsuit, s. Abb. 6-61) von rosaroter bis grauer Farbe von Interesse.

- In Ostgrönland zeichnet sich die Region um Ammassalik durch eine besonders niedrige Klüftungsdichte der dort

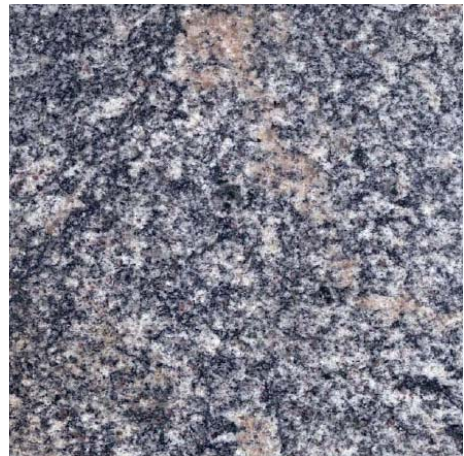


Abb. 6-58: Polierte Platte aus Biotitgneis von Niaqornarsuaq Westgrönland, aus RASMUSSEN & OLSEN (2003).

anstehenden massiven rosafarbenen Granite aus.

- In Südgrönland bietet die Ilímaussaq-Alkaliintrusion die größten Möglichkeiten der Gewinnung verschiedener, einzigartiger und sehr schöner, teils spektakulärer Naturwerksteine (s. Abb. 6-62 bis 6-64). Die größte Herausforderung ist dort jedoch die Gewinnung ausreichend großer Blöcke – und möglicherweise auch die Radioaktivität einiger Gesteinsvarietäten.

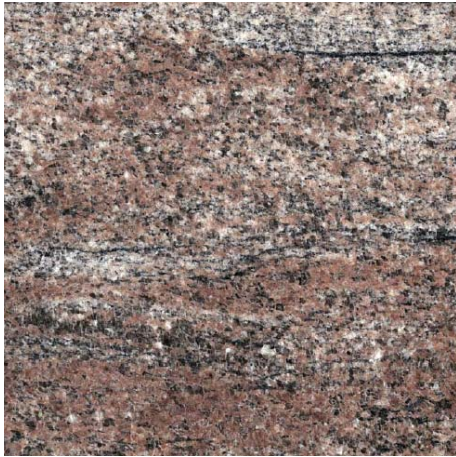


Abb. 6-59: Polierte Platte aus rötlichem Gneis von Qatsissut Kitaatungaak, Westgrönland, aus RASMUSSEN & OLSEN (2003).

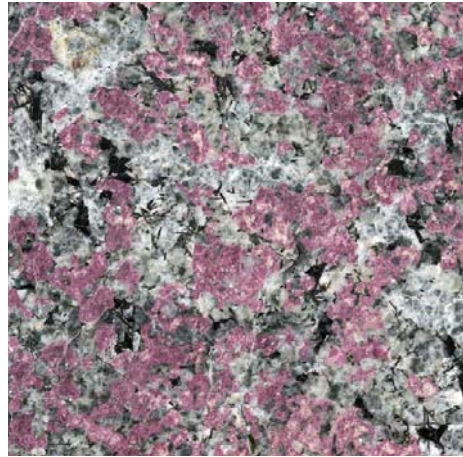


Abb. 6-62: Polierte Platte aus Naujait mit spektakulärem rosafarbenen Eudialyt aus der Ilímaussaq-Intrusion, Südgrönland, aus RASMUSSEN & OLSEN (2003).



Abb. 6-60: Polierte Platte aus Orthopyroxengneis von Tiggaat, Westgrönland, aus RASMUSSEN & OLSEN (2003).



Abb. 6-63: Polierte Platte aus dunklem Kakortokit aus der Ilímaussaq-Intrusion, Südgrönland, aus RASMUSSEN & OLSEN (2003).



Abb. 6-61: Polierte Platte aus Orthopyroxengneis von der Südseite von Eqalugarsuit, Westgrönland, aus RASMUSSEN & OLSEN (2003).

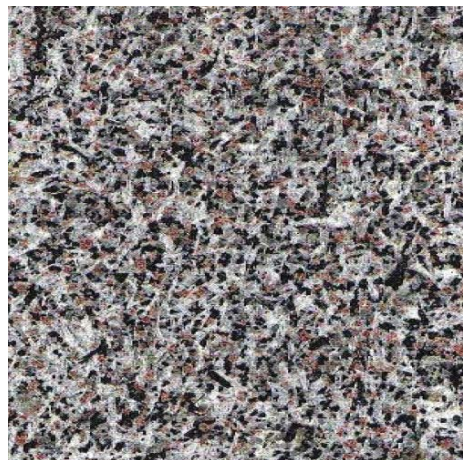


Abb. 6-64: Polierte Platte aus hellem Kakortokit aus der Ilímaussaq-Intrusion, Südgrönland, aus RASMUSSEN & OLSEN (2003).

6.4 Zusammenfassung und Bewertung

Begünstigt durch seine Jahrmilliarden andauernde geologische Entwicklung, verbunden mit der Ablagerung verschiedenster vulkanischer und sedimentärer Gesteine, dem Eindringen teils an Seltenen Elementen übersättigter Magmen und einer intensiven metamorphen und hydrothermalen Überprägung, verfügt Grönland über ein – auch im Weltmaßstab – sehr großes Rohstoffpotenzial. Schon jetzt sind die Skaergaard-Intrusion (Au, Pd, Pt) und der Ilímaussaq-Alkalikomplex (U, Th, SE, Li, Nb, Be, Zr, NaF) als „Giant“ oder sogar „Supergiant“ Metallvorkommen einzustufen!

Bei einer weiteren Klimaerwärmung, verbunden mit einer Freilegung zusätzlicher, bis dato unbekannter Rohstoffvorkommen, dürfte Grönland langfristig zu einem sehr wichtigen Rohstofflieferanten, der Bedeutung nach ähnlich Australien, Kanada, Südafrika oder Russland, aufsteigen. Einen Überblick über das spezifische Rohstoffpotenzial, wie es sich heute abzeichnet, gibt Tabelle 6-1.

Tab. 6-1: Zusammenfassende Bewertung des Rohstoffpotenzials Grönlands – soweit derzeit bekannt.

	kleinere Vorkommen	bauwürdige Vorkommen	bedeutende Vorkommen	Vorkommen von Weltrang
Gold				x
Platingruppenmetalle				x
Eisen			x	
Blei/Zink			x	
Kupfer	x			
Molybdän			x	
Wolfram		x		
Beryllium			x	
Lithium			x	
Zinn	x			
Wismut	x			
Niob			x	
Tantal		x		
Seltene Erden				x
Chrom		x		
Nickel	x			
Thorium/Uran				x
Fluorit	x			
Baryt		x		
Coelestin				x
Graphit	x			
Phlogopit	x			
Schwerminerale		x		
Zirkon		x		
Diamant		x		
Schmucksteine		x		
Naturwerksteine		x		

7 Literatur

- ANDREWS, J. R. & EMELEUS, C. H. (1976): Kimberlites of West Greenland.- in: ESCHER, A. & WATT, W. S. (eds.): Geology of Greenland.- Geol. Surv. Greenland: 574 – 581, 5 Abb.; Kopenhagen.
- APPEL, P. W. U. (1986): Strata bound scheelite in the Archean Malene supracrustal belt, West Greenland.- Mineral. Deposita, 21: 207 – 215, 4 Abb., 3 Tab., Berlin, Heidelberg.
- APPEL, P. W. U., BLISS, I. C., COLLIER, D. W., GRAHL-MADSEN, L. & PETERSEN, J. S. (2000): Recent gold discoveries in Archean rocks of central West Greenland.- Trans. Inst. Min. Metall. (Sect. B. Appl. earth sci.), 109, Jan – April 2000: B34 – B41, 5 Abb., 2 Tab.; Doncaster, UK.
- APPEL, P. W. U., DAHL, O., KALVIG, P. & POLAT, A. (2010): Discovery of new PGE mineralization in the Precambrian Fiskenaeset complex, West Greenland.- Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2010/29: 42 S., 12 Abb., 20 Tab., 3 Anhänge auf 1 CD; Kopenhagen.
- BAILEY, J. C., BOHSE, H., GWOZDZ, R. & ROSE-HANSEN, J. (1992): Li in minerals from the Ilímaussaq alkaline intrusion, South Greenland.- Geol. Soc. Denmark, Bull., 40: 288 – 299. 3 Abb., 2 Tab.; Kopenhagen.
- COOKE, H. R. (1978): Mineral reconnaissance of the Thule district, North-West Greenland.- Geol. Surv. Greenland, Report, 90: 17 – 22, 1 Abb.; Kopenhagen.
- ESCHER, A. & WATT, W. S. (1976): Summary of the geology of Greenland.- in: ESCHER, A. & WATT, W. S. (eds.): Geology of Greenland.- Geol. Surv. Greenland: 10 – 16, 2 Abb.; Kopenhagen.
- GHISLER, M. (1976): The Geology, Mineralogy and Geochemistry of the Pre-Orogenic Archaean Stratiform Chromite Deposits at Fiskenaeset, West Greenland.- Monograph Series on Mineral Deposits, 14: 156 S., 29 Abb., 40 Tab., 57 Fotos, 1 Karte; Berlin, Stuttgart (Borntraeger).
- GHISLER, M. & THOMSEN, B. (1971): The possibility of ilmenite placers in the Thule district, North Greenland. A preliminary examination of the heavy fractions of some sands.- Geol. Surv. Greenland, Rep., 43: 15 S., 2 Abb., 1 Tab.; Kopenhagen.
- GHISLER, M. & WINDLEY, B. F. (1967): The chromite deposits of the Fiskenaeset region, West Greenland.- Geol. Surv. Greenland, Rep., 12: 39 S., 10 Abb., 5 Tab., 3 Karten; Kopenhagen.
- HALL, R. P., CHADWICK, B., ESCHER, J. C. & VASUDEV, V. N. (1989): Supracrustal rocks in the Ammassalik region, South-East Greenland.- in: Kalsbeek, F. (Hrsg.): Geology of the Ammassalik region, South-East Greenland.- Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport, 146: 17 – 22, 5 Abb.; Kopenhagen.
- HARPØTH, O., PEDERSEN, J. L., SCHÖNWANDT, H.-K. & THOMASSEN, B. (1986): The mineral occurrences of central East Greenland.- Meddelelser om Grønland, Geoscience 17: 140 S., 99 Abb., 13 Tab., 1 Karte; Kopenhagen.
- HENRIKSEN, N. (2008): Geological History of Greenland: four billion years of earth evolution.- 271 S., 850 Abb.; Kopenhagen.
- JENSEN, S. M., LIND, M., RASMUSSEN, T. M., SCHJØTH, F. & SECHER, K. (2003): Diamond exploration data from West Greenland.- Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2003/21: 50 S., 1 DVD; Kopenhagen.

- KALTOFT, K., SCHLATTER, D. M. & KLUDT, L. (2000): Geology and genesis of Nalunaq Paleoproterozoic shear zone-hosted gold deposit, South Greenland.- *Trans. Inst. Min. Metall. (Sect. B. Appl. earth sci.)*, 109, Jan – April 2000: B23-B33, 8 Abb., 2 Tab.; Doncaster, UK.
- KARUP-MØLLER, S. & PAULY, H. (1979): Galeana and associated ore minerals from the cryolite at Ivigtut, South Greenland.- *Meddelelser om Grønland*, 2: 27 S., 9 Abb., 12 Tab.; Kopenhagen.
- KNUDSEN, C. (1991): Petrology, geochemistry and economic geology of the Qaqaarsuk carbonatite complex, southern West Greenland.- *Monograph Series on Mineral Deposits*, 29: 110 S., 78 Abb., 18 Tab.; Berlin, Stuttgart (Borntraeger).
- KOLB, J., STENSGAARD, B. M., SCHLATTER, D. & DZIGGEL, A. (2009): Controls of hydrothermal quartz vein mineralisation and wall rock alteration between Ameralik and Sermitik, southern West Greenland.- *Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2009/25*: 76 S., 47 Abb., 1 CD; Kopenhagen.
- MINEX (2005): Molybdenum on the climb – the Malmbjerg deposit in east Greenland in focus again.- *Greenland Mineral Exploration Newsletter*, Feb. 2005, 27: 4 S.; Kopenhagen, Nuuk.
- MINEX (2006): First year of operation for the Seqi Olivine Mine in West Greenland.- *Greenland Mineral Exploration Newsletter*, Dec. 2006, 29: 1 S., 1 Abb.; Kopenhagen, Nuuk.
- MINEX (2008a): Zirconium mine in South Greenland is approaching.- *Greenland Mineral Exploration Newsletter*, Feb. 2008, 32: 1 S., 1 Abb.; Kopenhagen, Nuuk.
- MINEX (2008b): True North gems drilling extends the Aappaluttoq mineralisation at Greenland ruby project.- *Greenland Mineral Exploration Newsletter*, Dec. 2008, 33: 2 S., 2 Abb.; Kopenhagen, Nuuk.
- NIELSEN, B. M. (1973): A survey of the economic geology of Greenland (exclusive fossil fuels).- *Geol. Surv. Greenland, Rep.*, 56: 45 S., 14 Abb., 1 Tab., 1 Karte; Kopenhagen.
- NIELSEN, B. L. (1976): Economic minerals.- in: Escher, A. & Watt, W.S. (eds.): *Geology of Greenland*.- *Geol. Surv. Greenland*: 460 – 486, 18 Abb.; Kopenhagen.
- NIELSEN, B. L. (1980a): The uranium potential of Greenland – a geological analysis of favourability.- In: *Proceedings of an International Symposium on Uranium Evaluation and Mining Techniques*, Oct. 1 – 4, 1979 in Buenos Aires.- *International Atomic Energy Agency, SM-239/4*: 407 – 424, 2 Abb., 3 Tab.; Wien.
- NIELSEN, T. F. D. (1980b): The petrology of a melilitolite, melteigite, carbonatite and syenite ring dike system, in the Gardiner complex, East Greenland.- *Lithos*, 13: 181 – 197, 10 Abb., 8 Tab.; Oslo.
- NIELSEN, T. F. D. (2006): A world class deposit in the Skaergaard intrusion.- *Exploration and Mining in Greenland, Fact Sheet*, 13: 2 S., 3 Abb.; Kopenhagen.
- NIELSEN, T. F. D. (2009): Plutonic environments in Greenland.- *Geology and Ore*, 14: 12 S., 17 Abb., 1 Tab.; Kopenhagen.
- NOKLEBERG, W. J., BAWIEC, W. J., DOEBRICH, J. L., LIPIN, B. R., MILLER, R. J., ORRIS, G. J. & ZIENTAK, M. L. (2005): *Geology and Nonfuel Mineral Deposits of Greenland, Europe, Russia, and Northern Central Asia*.- *USGS Open File Report 2005-1294D*: 173 S., 52 Tab., 29 Abb.; Reston, VA.

- PEDERSEN, M. (2000): Lead isotope signatures of sedimentary rocks as a tool for tracing ore lead sources: a study of base-metal and barite occurrences in Jameson land Basin, central East Greenland.- *Trans. Inst. Min. Metall. (Sect. B. Appl. earth sci.)*, 109, Jan – April 2000: B49 – B59, 11 Abb., 2 Tab.; Doncaster, UK.
- RASMUSSEN, T. V. & OLSEN, H. K. (2003): Dimension stone prospecting in West and South Greenland.- *Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse RaS.*, 2003/107: 67 S., 65 Abb., 1 S.; Kopenhagen.
- RASMUSSEN, T. V. & OLSEN, H. K. (2005): Prospecting for dimension stones in Greenland.- *Geol. Surv. Denmark Greenland, Bull.*, 7: 73 – 76, 4 Abb.; Kopenhagen.
- SECHER, K. (2004a): The Taartoq gold field, South West Greenland.- *Exploration and Mining in Greenland, Fact Sheet*, 8: 2 S., 2 Abb.; Kopenhagen.
- SECHER, K. (2004b): Greenland's prospective nickel resources.- *Exploration and Mining in Greenland, Fact Sheet*, 9: 2 S., 2 Abb.; Kopenhagen.
- SECHER, K. (2009): Map of selected geological environments and selected mineral occurrences.- *Exploration and Mining in Greenland, Fact Sheet*, 19: 2 S., 2 Abb.; Kopenhagen.
- SECHER, K. & APPEL, P. (2007): Gemstones of Greenland.- *Geology and Ore*, 7: 12 S., 19 Abb.; Kopenhagen.
- SECHER, K. & BURCHARDT, J. (2000): The Josva Copper Mine. Modern mining technology in Greenland 100 years ago – a look at a pioneer mining operation in Southern Greenland.- in: Danker, P. (ed.): *This is Greenland 2000 – 2001: Official Directory Country, Products and Services*: 4 S., 4 Abb.; Kopenhagen.
- SECHER, K. & JENSEN, S. M. (2004): Diamond exploration in Greenland.- *Geology and Ore*, 4: 12 S., 15 Abb.; Kopenhagen.
- SECHER, K. & JOHNSEN, O. (2008): Minerals in Greenland.- *Geology and Ore*, 12: 12 S., 38 Abb.; Kopenhagen.
- SECHER, K., APPEL, P. & NIELSEN, T. F. D. (2007): The PGE potential in Greenland.- *Geology and Ore*, 8: 12 S., 19 Abb.; Kopenhagen.
- SECHER, K., STENDAL, H. & STENSGAARD, B. M. (2008a): The Nalunaq Gold Mine.- *Geology and Ore*, 11: 12 S., 18 Abb.; Kopenhagen.
- SECHER, K.; STEENFELT, A. & GARDE, A. A. (2008b): Pegmatites and their potential for mineral exploitation in Greenland.- *Geology and Ore*, 10: 12 S., 15 Abb.; Kopenhagen.
- SØRENSEN, H. (2001): Brief introduction to the geology of the Ilímaussaq alkaline complex, South Greenland, and its exploration history.- In: Sørensen, H. (ed.): *The Ilímaussaq alkaline complex, South Greenland: status of mineralogical research with new results. Contributions to the mineralogy of Ilímaussaq*, no.100.- *Geol. Greenland Surv., Bull.*, 190: 7 – 23, 12 Abb., 1 Tab.; Kopenhagen.
- SØRENSEN, H., ROSE-HANSEN, J., NIELSEN, B. L., LØVBORG, L., SØRENSEN E. & LUNDGAARD, T. (1974): The uranium deposit at Kvanefjeld, the Ilímaussaq intrusion, South Greenland. *Geology, reserves and beneficiation.*- *Geol. Surv. Greenland, Rep.*, 60: 54 S., 13 Abb., 9 Tab., 1 Karte; Kopenhagen.
- STENDAL, H. & FRERI, R. (2000): Gold occurrences and lead isotopes in Ketilidian Mobile Belt, South Greenland.- *Trans. Inst. Min. Metall. (Sect. B. Appl. earth sci.)*, 109, Jan – April 2000: B6 – B13, 4 Abb., 1 Tab.; Doncaster, UK.

- STENDAL, H. & SECHER, K. (2002): Gold mineralisation and gold potential in South Greenland.- *Geology and Ore*, 1: 12 S., 23 Abb.; Kopenhagen.
- STENDAL, H. & SCHONWANDT, H. K. (2000): Mineral exploration in Greenland in the 1990s.- *Trans. Inst. Min. Metall. (Sect. B. Appl. earth sci.)*, 109, Jan – April 2000: B1 – B5, 1 Abb.; Doncaster, UK.
- STENDAL, H. & THOMASSEN, B. (2008): Banded iron formation' (BIF) deposits.- *Exploration and Mining in Greenland, Fact Sheet*, 16: 2 S., 4 Abb.; Kopenhagen.
- STENDAL, H., KNUDSEN, C., MARKER, M. & THOMASSEN, B. (1999): Gold mineralisation at eqi, north-east Disko Bugt, West Greenland.- *Geol. Greenland Surv., Bull.*, 181: 129 – 140, 5 Abb., 2 Tab.; Kopenhagen.
- STENDAL, H., BLOMSTERBERG, J., JENSEN, S. M., LIND, M., MADSEN, H. B., NIELSEN, B. M., THORNING, L. & ØSTERGAARD C. (2002): The mineral resource potential of the Nordre Strømfjord-Qasigiannugit region, southern and central West Greenland.- *Geol. Greenland Surv., Bull.*, 191: 39 – 47, 6 Abb.; Kopenhagen.
- STENSGAARD, B. M. & STENDAL, H. (2007): Gold environments and favourability in the Nuuk region of southern West Greenland.- *Geology and Ore*, 9: 12 S., 18 Abb.; Kopenhagen.
- THOMASSEN, B. (2003): The Black Angel lead-zinc mine at Maarmorilik in West Greenland.- *Geology and Ore*, 2: 12 S., 18 Abb., 2 Tab; Kopenhagen.
- THOMASSEN, B. (2005a): The Malmbjerg porphyry molybdenum deposit, East Greenland.- *Exploration and Mining in Greenland, Fact Sheet*, 11: 2 S., 3 Abb.; Kopenhagen.
- THOMASSEN, B. (2005b): The Blyklippen lead-zinc mine at Mesters Vig, East Greenland.- *Geology and Ore*, 5: 12 S., 22 Abb., 1 Tab; Kopenhagen.
- VAN DER STIJL, F. W. & MOSHER, G. Z. (1998): The Citronen Fjord massive sulphide deposit, Peary Land, North Greenland: discovery, stratigraphy, mineralization and structural setting.- *Geol. Greenland Surv., Bull.*, 179: 40 S., 27 Abb.; Kopenhagen

DERA Deutsche
Rohstoffagentur
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Deutsche Rohstoffagentur in der
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
Federal Institute for Geosciences and Natural Resources
Stilleweg 2
30655 Hannover
Germany

Tel: +49 (0)511 643 – 3200
Fax: +49 (0)511 643 – 533200
E-Mail: kontaktbuero-rohstoffe@bgr.de
Internet: www.deutsche-rohstoffagentur.de