

DERA Rohstoffinformationen



Das mineralische
Rohstoffpotenzial der
nordamerikanischen Arktis



DERA Rohstoffinformationen

Das mineralische Rohstoffpotenzial der nordamerikanischen Arktis

Hannover, April 2012

Anschrift: Deutsche Rohstoffagentur (DERA)
in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
Wilhelmstr. 25 – 30
13593 Berlin
Telefon: +49 (0)30 36993 226
Telefax: +49 (0)30 36993 100
kontaktbuero-rohstoffe@bgr.de

Autorin: Linda-Maree Klimesch

Fachbeiträge: Philip Henke, Jürgen Vasters

Redaktion: Harald Elsner, Elke Westphale
Layout: Phil Hanusa, Manfred Richter, Elke Westphale
Titelbilder: CBR Gold Corp., Goldrigh Mining Company, Teck Resources Ltd.

Stand: April 2012
ISSN: 2193-5319
Titelinformation: www.bgr.bund.de/DERA_Rohstoffinformationen

INHALTSVERZEICHNIS

1	VORWORT	7
2	EINLEITUNG	8
3	GEOGRAPHIE UND KLIMA	9
4	BERGBAU UND UMWELT	10
5	GEOLOGIE UND METALLOGENIE	11
5.1	Alaska	11
5.2	Kanada	13
6	DAS MINERALISCHE ROHSTOFFPOTENZIAL	17
6.1	Kanadische Arktis	17
6.1.1	Metalle	19
6.1.1.1	Eisen	19
6.1.1.2	Gold	20
6.1.1.3	Kupfer	21
6.1.1.4	Nickel und Platingruppenmetalle	23
6.1.1.5	Zink und Blei	24
6.1.1.6	Sonstige Metalle	26
6.1.2	Edelsteine und Industrieminerale	27
6.1.2.1	Diamant	27
6.1.2.2	Industrieminerale und Naturwerksteine	27
6.2	US-amerikanische Arktis	29
6.2.1	Metalle	30
6.2.1.1	Gold	30
6.2.1.2	Kupfer-Polymetalle	30
6.2.1.3	Zink und Blei	31
6.2.1.4	Sonstige Metalle	33
6.2.2	Industrieminerale und Natursteine	33
6.3	Zusammenfassung des Rohstoffpotenzials der nordamerikanischen Arktis	37
7	LITERATUR	39

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.

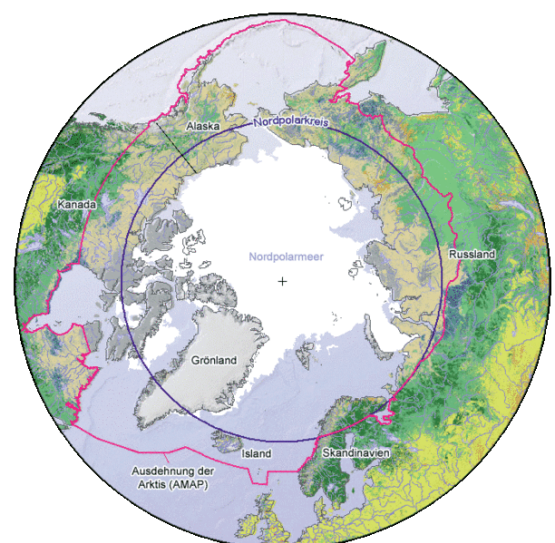


Abb. 1-1: Die Ausdehnung der Arktis. Schwarze Linie = Polarkreis, Rote Linie = Definition der Arktis nach Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Quelle: WIKIPEDIA.

2 EINLEITUNG

Alaska und der Norden Kanadas blicken auf eine lange Bergbaugeschichte zurück. Die kommerzielle Suche und Gewinnung von Goldseifen in Alaska begann mit russischen Forschungsreisenden im frühen 19. Jahrhundert. Nach dem Verkauf von Alaska von Russland für 7,2 Mio. US\$ an die Vereinigten Staaten im Jahr 1867 (Abb. 2-1), was bei einer Fläche von ca. 1.481.346 km² (U.S. CENSUS BUREAU 2000) etwa 0,2 US\$ pro km² entspricht, wurden Goldexploration und -gewinnung fortgesetzt und weiter ausgebaut. Die Entdeckung der Goldlagerstätten A – J und Treadwell um 1880 führte schließlich zum Bau des Staatskapitols von Alaska in Juneau, der Bundeshauptstadt Alaskas. Danach erlebten zahlreiche Gebiete in Alaska einen Goldrausch, z. B. Alaska Interior im Jahr 1886 (zehn Jahre vor dem Goldrausch 1896 am Klondike) und Fairbanks im Jahre 1902, was bis heute mit ca. 13 Mio. oz Alaskas größter Goldproduzent ist (DCCED 2009).

In Kanada bauten die frühen Siedler Kanadas Rohstoffe nur für den lokalen Gebrauch ab, meist Naturbaustein, Ziegelton, Sand und Kalk. Bis 1880 wurden alle Lagerstätten in Kanada zufällig gefunden, wie z. B. die Kohlevorkommen in Nova Scotia im Jahr 1672. Die Entdeckung von Goldseifen im Cariboo-Gebiet 1859 führt zur kommerziellen Exploration nach Gold und Basismetallen in British Columbia und Yukon. Dies führte 1896, aufgrund

der Goldfunde am Fluss Klondike, zum größten Goldrausch in der kanadischen Geschichte. Seitdem sind ca. 430 t Seifengold aus diesem Gebiet gefördert worden. Ab den 1950er Jahren konnte die kanadische Bergbauindustrie dank neuer geophysikalischer Methoden und weiterentwickelter technischer Ausrüstung ihre Explorationstätigkeiten weiter ausbauen (CRANSTONE 2002).

Diese besondere Bedeutung der mineralischen Rohstoffe für die Wirtschaft Alaskas und Kanadas setzt sich bis heute fort. 2008 trug die Bergbauindustrie 15 Mrd. US\$ (~ 32 %) zum BIP Alaskas (ECONPOST 2010) bzw. die rohstoffgewinnende Industrie (mineralische und Energie-Rohstoffe) 1,3 Mrd. CA\$ (~ 37 %) zum BIP der Northwest Territories (BUREAU OF STATISTICS 2010), 72 Mio. CA\$ (~5 %) zum BIP des Yukons (YUKON BUREAU OF STATISTICS 2009) und 15 Mio. CA\$ (~ 1 %) zum BIP Nunavuts (NUNAVUT BUREAU OF STATISTICS 2010) bei. Die Auswirkungen der weltweiten Finanzkrise zeigten sich 2009 jedoch auch bei den Explorations- und Bergbauaktivitäten in Kanada und Alaska. Die Explorationsausgaben in Alaska fielen von 347 Mio. CA\$ im Vorjahr auf 180 Mio. US\$ (SZUMIGALA et al. 2009a) und in Kanada von 3,3 Mrd. CA\$ im Vorjahr auf 1,7 Mrd. CA\$ im Jahr 2009 (NRCAN 2010a). Dabei entfielen ca. 44 Mio. CA\$ auf die Northwest Territories, 188 Mio CA\$ auf Nunavut und 91 Mio. CA\$ auf Yukon (NRCAN 2011).

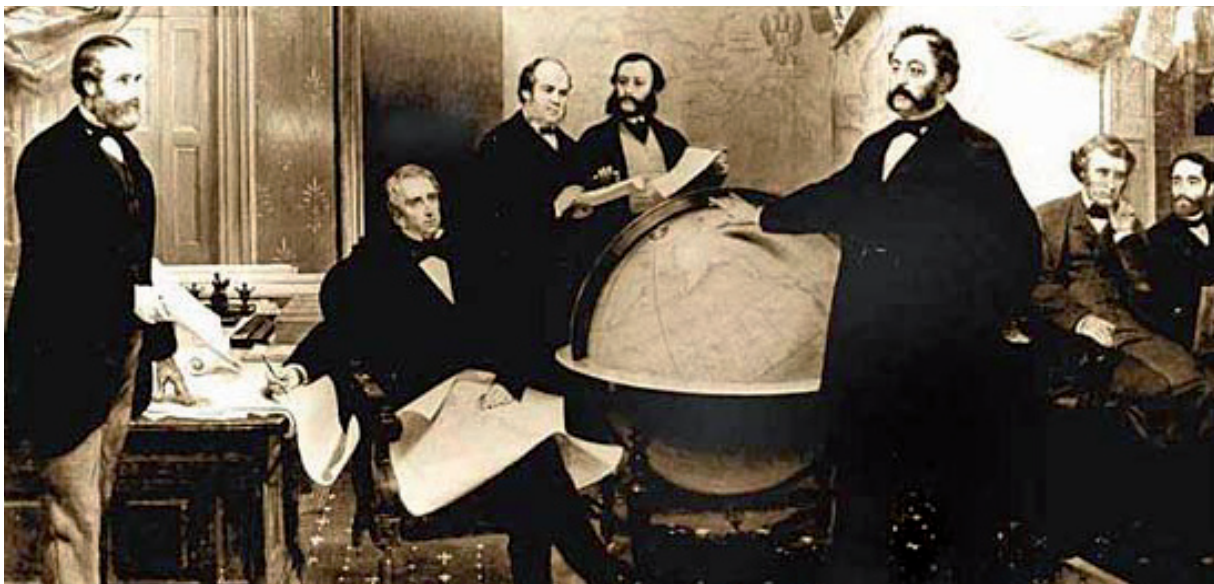


Abb. 2-1: Unterzeichnung des Alaska-Vertrags. Quelle: OFFICE OF THE HISTORIAN, 2010

3 GEOGRAPHIE UND KLIMA

Die nordamerikanische Arktis erstreckt sich von ungefähr 62° bis 167° westlicher Länge und wird vom Nordpolarkreis (66° 34') im Süden und dem geographischen Nordpol im Norden begrenzt. Sie umfasst auf US-amerikanischer Seite den Bundesstaat Alaska und auf kanadischer Seite die Territorien Yukon, Northwest Territories und Nunavut. Die vier größten Inseln sind Baffin Island, Victoria Island, Banks Island und Ellesmere Island im Norden Kanadas. Alaska hat eine Ausdehnung von ca. 1,48 Mio. km² (USGS 2009b). Die kanadische Arktis umfasst ca. 4 Mio. km², wobei Northwest Territories 1,2 Mio. km² (GOVERNMENT OF THE NORTHWEST TERRITORIES 2010), Yukon 0,5 Mio. km² (GOVERNMENT OF YUKON 2011) und Nunavut 2,1 Mio. km² (STATISTICS CANADA 2006) einnehmen. Jedoch befindet sich nur etwa die Hälfte nördlich des Polarkreises. Der Mackenzie, der Yukon und der Back River sind die größten Flüsse der Region. Die größten Siedlungen nördlich des Polarkreises sind auf kanadischer Seite Inuvik und Alert, auf US-amerikanischer Seite Kotzebue. Die restlichen Gebiete sind sehr dünn besiedelt.

Im Westen wird das Gebiet durch die Bering-Straße von Russland und im Osten durch die Davis-Straße und die Baffin Bay von Grönland getrennt. In nördlicher Richtung befindet sich die Beaufort-See und das Nordpolarmeer. Über die Beringstraße zwischen Russland und Alaska steht der Arktische Ozean in Verbindung mit dem nördlichen Pazifik. Das nährstoffreiche aufströmende Tiefenwasser des Nordpolarmeeres speist (1) im Bering-Meer die kalte Oyashio-Meereströmung, die dann weiter Richtung Japan fließt, und (2) nahe der Davis-Straße den Labradorstrom, welcher bei Neufundland auf den warmen Golfstrom trifft (TUCHTENHAGEN 2006).

Im Winter schwanken die Temperaturen in der nordamerikanischen Arktis meist zwischen –20 °C und –35 °C (Abb. 3.1). Nur auf den nördlichen Inseln und in der Nähe der Cambridge Bay kann die Durchschnittstemperatur im Januar unter –35 °C fallen. In den Sommermonaten erreicht das nördliche Festland Kanadas und Alaskas Temperaturen

von 5 °C bis 10 °C. Um den Polarkreis können sogar bis zu 15 °C gemessen werden. Die Niederschlagsmengen reichen von unter 100 mm/Jahr auf den nördlichen Inseln Kanadas bis zu 500 mm/Jahr nahe des Polarkreises. An der Nordgrenze der nördlichen kanadischen Inseln beginnt die Packeisgrenze. Ein Großteil der Landfläche wird von Tundra, Mooren und subpolarem Grasland eingenommen. Nördlich des 60. Breitengrades herrschen vor allem Permafrostböden vor, welche aber auch in südlicheren Regionen vereinzelt auftreten können. Die nördlichen kanadischen Inseln sind zu einem geringen Teil mit polaren Kältewüsten bedeckt. (WESTERMANN VERLAG 2008).

Durch die Subduktion der Pazifischen unter die Nordamerikanische Platte wurden im Zeitraum von vor ca. 170 bis 40 Millionen Jahren die Rocky Mountains im Westen Nordamerikas als Teil der Amerikanischen Kordilleren gebildet. Dieser teils von Gletschern bedeckte Gebirgszug erstreckt sich bis zur Brooks Range im Norden Alaskas. Östlich davon erstreckt sich der Kanadische Schild, der stark glazial überprägt wurde und daher nur Erhebungen bis maximal 500 m Höhe aufweist. Auf den Inseln Baffin und Ellesmere herrschen die Berge der Arktischen Kordillere mit bis zu 3.000 m Höhe vor (vgl. Kapitel 5.2; DEPARTMENT OF ENERGY 1974).



Abb. 3-1: Axel-Heilberg-Insel in der kanadischen Arktis.
Quelle: CAM McNAUGHTON, UNIVERSITY OF HAWAII (2008)

4 BERGBAU UND UMWELT

Derzeit gibt es in Alaska nur noch fünf größere aktive Bergbaubetriebe. Allerdings hat die Rohstoffhausse der letzten Jahre zu einem neuen Explorationsboom auch in Alaska geführt. Zu den aus Umweltgründen umstrittensten Projekten gehört das Pebble Projekt, dessen Eigentümer zu jeweils 50 % die Bergbauunternehmen Anglo American und Northern Dynasty sind. Mit einem Inhalt von rd. 5,4 Mrd. t Cu-Au-Mo Erz und einem durchschnittlichen Kupferäquivalentgehalt von 0,78 % dürfte Pebble die weltweit zweitgrößte Kupferlagerstätte sein.

Die Umweltbedenken der lokalen Projektgegner beziehen sich vor allem auf das Risiko, dass Abwässer der Erzaufbereitung bzw. mit Schwermetallen belastete saure Grubenwässer aus den Abraumhalden die empfindlichen Naturlachsgründe der Bristol Bay in Südwestalaska schädigen könnten. Der Lachsfang und die Lachsverarbeitung sind neben dem Tourismus die Haupteinverberbsquelle in der Region Südwestalaska, wo das Projekt angesiedelt ist.

Umweltgefahren aus Bergbauaftlasten gehen ebenfalls von der ehemaligen Seifengoldgewinnung im Schwimmbaggerbetrieb aus. Dieser wurde in dem Zeitraum von 1899 bis 1960 in den Gold führenden Flusstälern in Alaska angewendet. Hierbei wurde in einem offenen Kreislauf Dichtesortierverfahren in Kombination mit Amalgamationsverfahren eingesetzt. Durch die verfahrensbedingten Quecksilberverluste können die Rückstandshalden aus dem

Feinmaterial des Schwimmbaggerbetriebs sehr hohe Quecksilberbelastungen aufweisen.

Allerdings wird das quecksilberhaltige Feinmaterial in der Regel durch eine grobkörnige Abdeckung geschützt. Wie lange allerdings diese Abdeckung, die auch der natürlichen Erosion ausgesetzt ist, Bestand haben wird, ist unbekannt.

In Nordkanada existieren derzeit zahlreiche Explorationsprojekte auf Metalle und Diamanten. Allerdings wird in der Yukon-Region aktuell nur ein Goldbergwerk betrieben und in den nördlichen Territorien fördern drei Diamantenminen sowie ein Wolframbergwerk. Die von diesen Betrieben ausgehenden Umweltauswirkungen sind lokal begrenzt und vernachlässigbar gering. Von größerer Bedeutung für die Umwelt könnte die Realisierung des Eisenerzprojekts Baffinland (Abb. 4.1) sein. Das Projekt umfasst Bergbaukonzessionen mit einer Fläche von rd. 1.600 ha im Mary-River-Gebiet auf der Baffin-Insel im Inuit-Territorium Nunavut. Die Biodiversität in der Projektregion ist aufgrund der Umweltbedingungen eher als gering anzusehen, was zu einer niedrigen Toleranzschwelle des Ökosystems gegenüber äußeren Einflüssen führt. Bei der Verwaltung und Nutzung der natürlichen Ressourcen der Region kommt der „First Nation“, d. h. den Inuit, eine besondere Rolle zu, da sie vor allem von der Jagd und vom Fischfang leben, also Aktivitäten, die durch das Bergbauprojekt beeinträchtigt werden könnten.



Abb. 4-1: Das Mary River Camp von Baffinland im September 2008 (BAFFINLAND IRON MINES COOPERATION 2007).

5 GEOLOGIE UND METALLOGENIE

5.1 Alaska

Die Erzlagerstätten Alaskas umfassen mehr als 500 Mio. Jahre der Erzbildung. Fast alle Erzlagerstätten Alaskas, die älter als 150 Mio. Jahre sind, entstanden in mariner Umgebung in (1) ozeanischer Kruste, (2) Inselbögen, (3) vom nordamerikanischen Festland isolierten Fragmenten oder (4) Plattformen und Becken, die an den paläozoischen

Kontinentalrand von Nordamerika grenzten. Die meisten Lagerstätten, die in der Mittleren Kreide oder danach entstanden sind, wurden bei Prozessen gebildet, die mit der Akkretion von Terranen einhergegangen sind. Die anschließende Subduktion der ozeanischen Platte unter den Kontinentalrand Südalaskas führte dann zu Magmatismus und dem damit verbundenen Hydrothermalismus.

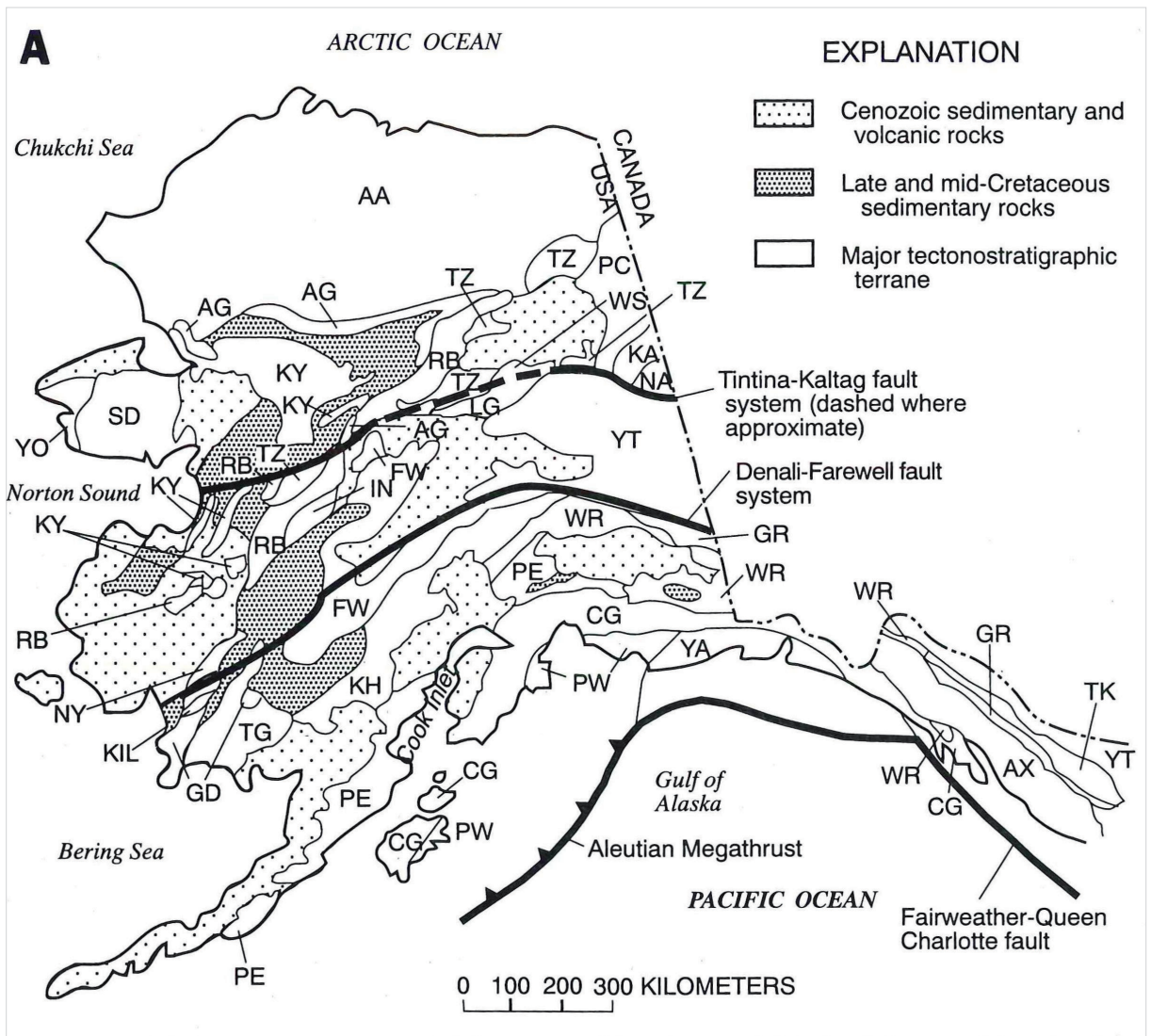


Abb. 5-1: Vereinfachte lithotektonische Terrane-Karte Alaskas aus GOLDFARB (1997).

Verwendete Abkürzungen: AA = Arctic Alaska, AG = Angayucham, AX = Alexander, CG = Chugach, FW = Farewell, GD = Goodnews, GR = Gravina-Nutzotin, IN = Innoko, KA = Kandik River, KH = Kahiltna, KIL = Kilbuck, KY = Koyukuk, LG = Livengood, NA = Kontinentale Gesteine des präphanerozoischen Nordamerikas, NY = Nyack, PC = Porcupine, PE = Peninsular, PW = Prince William, RB = Ruby, SD = Seward, TG = Togiak, TK = Taku, TZ = Tozitna, WS = Wickersham, WR = Wrangellia, YA = Yakutat, YO = York, YT = Yukon-Tanana, verschiedene Schraffuren = postakkretionale Gesteine.

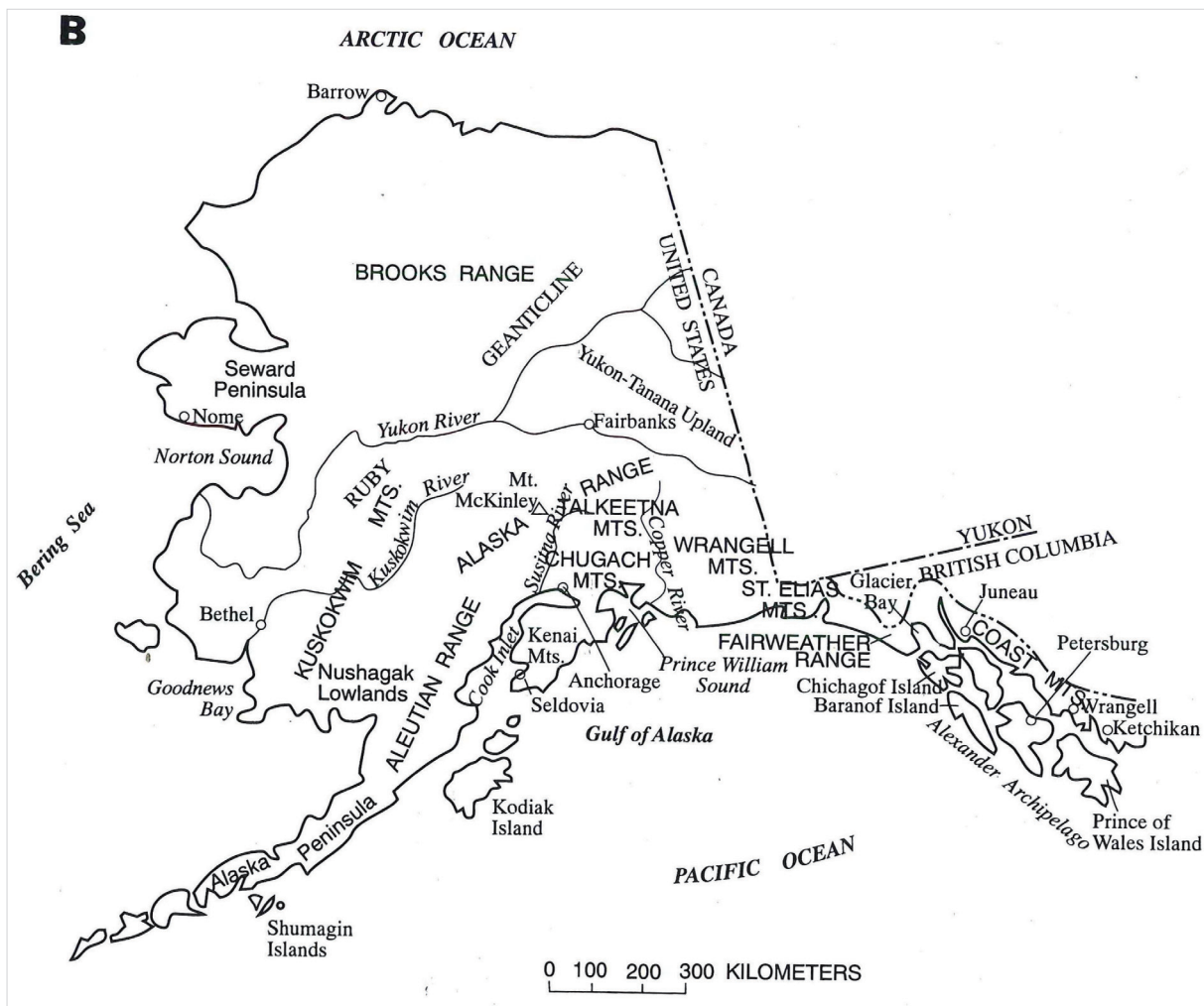


Abb. 5-2: Bedeutende geographische Großstrukturen Alaskas aus GOLDFARB (1997).

Die spätproterozoischen bis silurischen, polymetallischen VMS-Lagerstätten, von denen manche ungefähr zeitgleich mit Fe-Cu-Au-Skarnen entstanden sind, sind die ältesten bekannten mineralischen Lagerstätten in Alaska. Sie wurden während submarinem Inselbogen-Magmatismus gebildet und sind heute Teil des Alexander-Terranes in Südost-Alaska (Abb. 5-1).

Im Devon und Karbon entwickelten sich entlang des nordamerikanischen Kontinentalschelfs Basismetall-Lagerstätten und polymetallische VMS-Lagerstätten in Tonschiefern und Karbonaten. Extension und wahrscheinlich auch Vulkanismus aufgrund von Rifting entlang des Kontinentalrands fanden gleichzeitig mit der Antler-Ellesmerian-Orogenese kratoneinwärts statt. Der daraus resultierende submarine Hydrothermalismus bildete die Lagerstätten der westlichen und zentralen Brooks

Range (Abb. 5-2) im Arctic-Alaska-Terrane. Diese Lagerstätten umfassen stratiforme Erzkörper in Tonschiefern wie z. B. Red Dog, massive syngentische Baryte, Karbonat-Kupfer-Systeme und die VMS-Lagerstätten des Ambler-Gebiets. Durch Rifting an der Ostseite des Alexander-Terranes in der Trias entstanden weitere VMS-Lagerstätten im südlichen Teil Alaskas.

Im Jura führte Inselbogen-Magmatismus im Pazifischen Becken zur Bildung von Lagerstätten in Terranes, die über eine Periode von 100 Mio. Jahren auf das westliche Alaska obduziert bzw. akkretioniert wurden. Es bildeten sich podiforme Chromit-Lagerstätten in ultramafischen Plutonen, VMS-Lagerstätten sowie Fe-, Ti- und Pt-reiche, zonierte Ultramafitkörper. Während des Quartärs entstanden durch Erosion dieser Körper Platin-

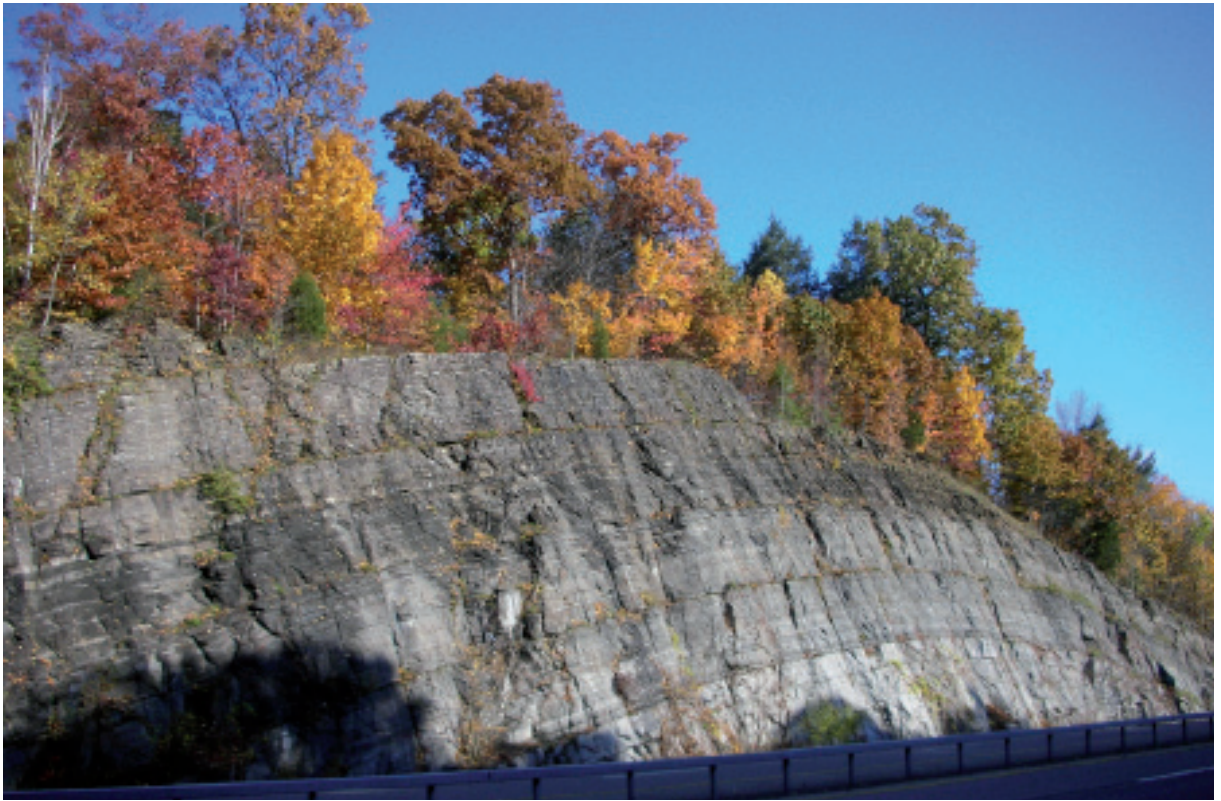


Abb. 5-3: Nördliche Grenzzone der Superior Provinz, Manitoba, Kanada. Quelle: YVETTE KUIPER, BOSTON COLLEGE, 2010

Seifenlagerstätten, die heute die größte Rohstoffquelle für Platin in den USA darstellen.

In der Mittleren bis Späten Kreide entwickelten sich durch Terrane-Akkretion, Magmatismus und dem damit verbundenen Hydrothermalismus weitere Erzkörper im südlichen Alaska, wie Kupferporphyre, Fe-Cu-Au-reiche Skarne und die Fe-reichen, zonierten ultramafischen Erzkörper des Alaska-Typs. Die unterkretazischen Goldgänge der Seward und Arctic-Alaska-Terranes im Norden Alaskas könnten entweder durch Extensionsprozesse während der Orogenese oder Krustenausdünnung entstanden sein. Konvergierende Plattengrenzen und die damit verbundene Subduktion führten schließlich im Känozoikum zur Bildung des mesothermalen Goldgangsystems im Süden und Südosten Alaskas (GOLDFARB 1997).

5.2 Kanada

Die 17 geologischen Provinzen Kanadas sind aus einem Schild, drei Gebirgsgürteln, vier Plattformen und drei Kontinentalsockeln zusammengesetzt

(Abb. 5-4). Der Kanadische Schild bildet den Kern des Kontinents und nimmt fast die Hälfte der Oberfläche Kanadas ein. Er besteht aus präkambrischen Gesteinen und wird in sieben geologische Provinzen unterteilt: Bear, Churchill, Grenville, Nain, Slave, Southern und Superior. Die Superior Province ist mit ihren Cu-, Zn-, Au-, Fe- und Ag-Lagerstätten eine der wichtigsten Metalledistrikte Kanadas (Abb. 5-5). Die Gegend rund um Sudbury in der Southern Province ist mit ihren Ni- und Cu-Lagerstätten eines der wichtigsten Bergbaureviere der Welt. In der Slave Province wird vor allem Gold gefördert und im nordwestlichen Teil der Churchill Province sind Cu-, Pb-, Zn-, U-, Ni-, Co- und W-Vorkommen entdeckt worden. Die Gesteine der Bear Province enthalten U- und Cu-Lagerstätten und die der Grenville Province, neben Mineralen wie Magnetit, Glimmer, Feldspat und Apatit, auch U- und Ti-Lagerstätten, sowie Zink- und Bleisulfide. Auch in der Nain Province wurden bisher einige mineralische Rohstofflagerstätten entdeckt.

Die drei Gebirgsgürtel Kanadas – Appalachian, Inuitian und Cordilleran Orogenic Belt – befinden sich in den Randbreichen Kanadas. Der Appalachi-

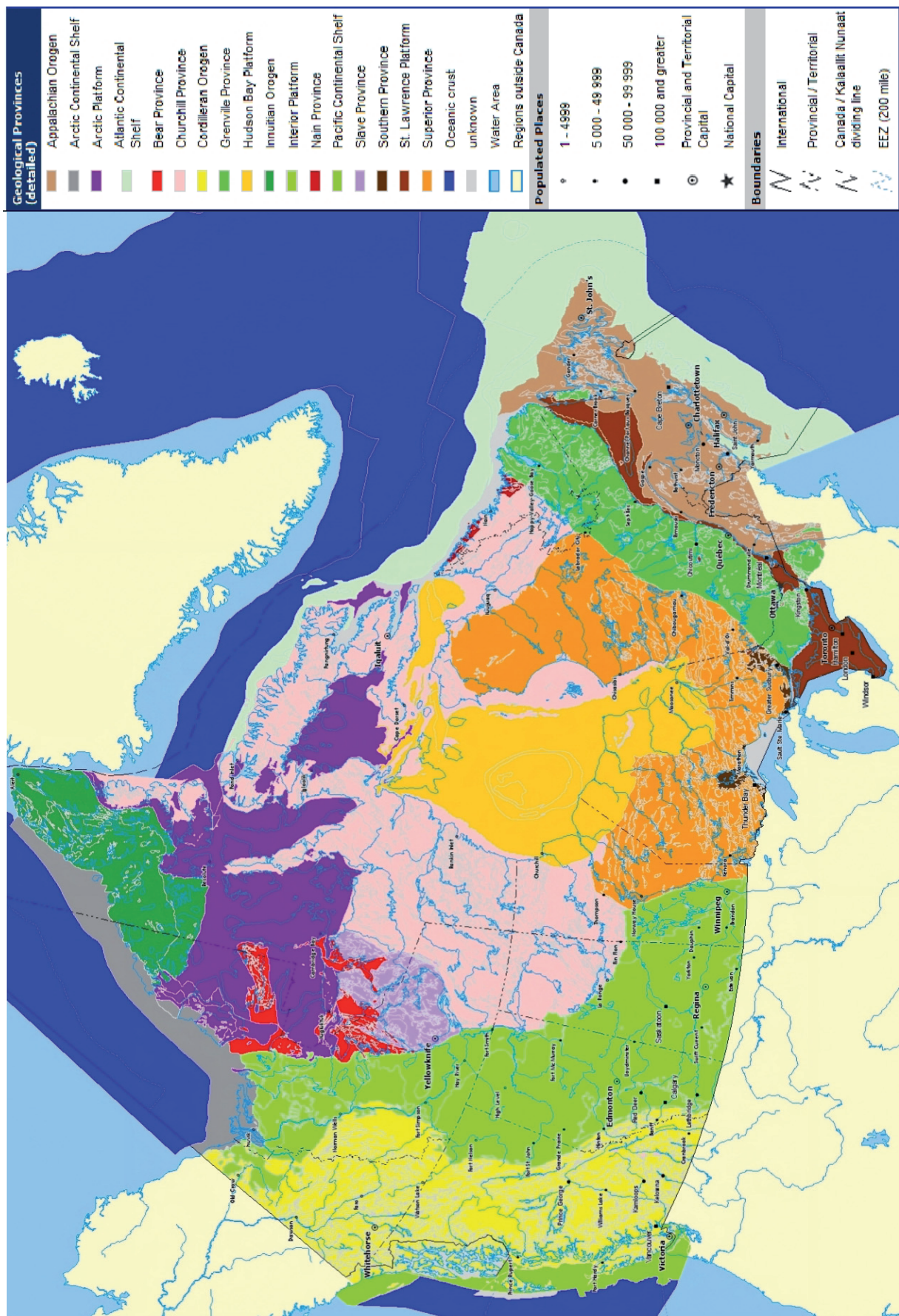


Abb. 5-4: Vereinfachte Karte Kanadas mit den 17 geologischen Provinzen (NRCAN 2009b).

an-Gebirgsgürtel erstreckt sich von Teilen Quebecs und New Brunswicks über Prince Edward Island bis nach Neufundland. Er ist eine Quelle für sowohl Industriemineralien wie Asbest und Fluorit, als auch Metalle wie Fe, Cu, Zn, Au und Ag. Der Innuitian Gebirgsgürtel reicht von Ellesmere Island nach Melville Island und ist damit Teil des Kanadischen Arktis Archipels (Canadian Arctic Archipelago) (s. u.).

Der Gebirgsgürtel der Kanadischen Kordillere an der Westküste Kanadas wird in fünf geologische Einheiten unterteilt: (1) Den Laurentischen Kraton, (2) die allochthonen Terranes in den randlichen Bereichen des Laurentischen Kratons, (3) die Arctic und (4) Insular Terranes, die sich im Mesozoikum an die randlichen Terranes Laurentias anschlossen und (5) die mesozoischen bis känozoischen Akkretionsprismen der Pacific Terranes. Die tektonische Evolution der Kanadischen Kordillere reicht von paläozoischer Extensionstektonik zu mesozoischer bis paläogener Akkretion und Kompression durch die Bewegung der Nordamerikanischen Platte in Richtung der Subduktionszone an ihrem Westrand. Diese Evolution spiegelt sich im metallogenetischen Muster der Lagerstätten wider. Während des Rifting im Paläozoikum bildeten sich vor allem syngenetische Sulfidlagerstätten, ab dem frühen Mesozoikum dominierten dann Cu-Au-Porphyrer und aufgrund des zunehmenden kontinentalen Einflusses ab der Kreide entstanden hauptsächlich Porphyrier und Edelmetalllagerstätten (NELSON & COLPRON 2007).

Der Kanadische Schild ist von vier Plattformen umgeben: Interior, St. Lawrence, Hudson und Arctic Platform. Diese Plattformen bestehen aus den gleichen präkambrischen Gesteinen wie der Kanadische Schild und werden von jüngeren Gesteinen überlagert. Die Interior-Plattform (oder Interior Plains) liegt zwischen dem Kanadischen Schild und der Kanadischen Kordillere (s. u.). Sie ist die Hauptquelle Kanadas für Erdöl und -gas und eine wichtige Quelle für Kohle, Kali, Salz, Gips, Kalkstein und andere Nicht-Metallrohstoffe. Die St. Lawrence Plattform ist eine wichtige Quelle für Salz und Baustoffe, sowie für Erdöl und -gas. Bisher sind jedoch nur wenige metallische Lagerstätten gefunden worden. Die Lagerstätten der Hudson Plattform sind bisher

kaum exploriert, obwohl bereits große Gips- und Braunkohlelagerstätten entdeckt worden sind.

Das Kanadische Arktis Archipel besteht aus dem Großteil der Arctic Platform im Süden und dem Innuitian Gebirgsgürtel im Norden und wird in fünf geologische Einheiten unterteilt: (1) Kristallines archaisches bis paläoproterozoisches Grundgebirge, (2) mesoproterozoische sedimentäre Becken und Vulkanite, (3) unterpaläozoische, passive bis konvergente Kontinentalrandsedimente, (4) oberpaläozoische bis mesozoische Grabensedimente und Vulkanite und (5) tertiäre passive Kontinentalrandsedimente. Die zwei bedeutendsten mineralischen Lagerstätten auf den Inseln der kanadischen Arktis (Canadian Arctic Islands) sind die paläozoische Mississippi-Valley-Type (MVT) Zn-Pb-Lagerstätte Polaris in den Karbonatgesteinen auf Little Cornwallis Island und die proterozoische Zn-Pb-Lagerstätte Nanisivik in den Karbonatgesteinen auf Baffin Island. Für das Umfeld dieser ehemaligen Bergwerke wird ein hohes Explorationspotenzial angenommen. Das gleiche gilt für die bekannten Mineralvorkommen auf Victoria Island (Red-bed-Kupferlagerstätte in proterozoischen Gesteinen) und Ellesmere Island (Zn-Pb-Ag-Au-Polymetallgänge in paläozoischen Gesteinen). Darüber hinaus wird ebenfalls ein hohes Explorationspotenzial für die vermuteten Lagerstätten (1) des Zn-Pb (SEDEX)-Typs in den proterozoischen Gesteinen auf Baffin Island und in den paläozoischen Gesteinen auf Melville, Bathurst und Ellesmere Island, (2) von Sandstein gebundenes Uran in den proterozoischen Gesteinen auf Baffin Island, den paläozoischen Gesteinen auf Melville Island und in den mesozoischen und tertiären Gesteinen auf Banks und Prince Patrick Island und (3) des Ni-Cu-PGM Norilsk-Typs in den proterozoischen Gesteinen auf Victoria Island und in den mesozoischen Gesteinen auf Axel Heiberg Island angenommen (DEWING et al. 2007b). Über die Gesteine der Kontinentalsockel Kanadas ist aufgrund des großen Aufwands bei Ozeanbohrungen bisher wenig bekannt (NRCAN 2009b).

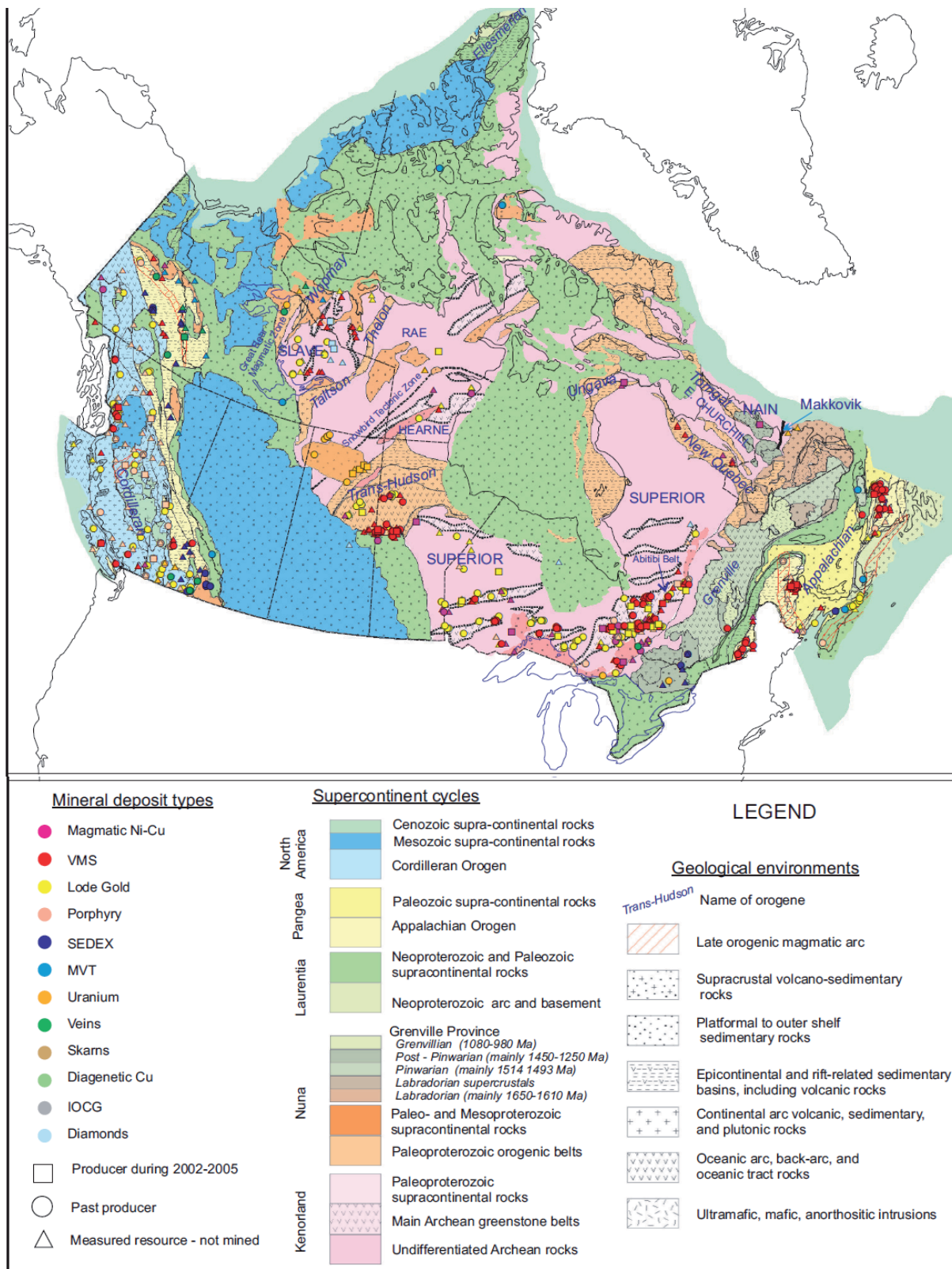


Abb. 5-5: Vereinfachte geologische Karte Kanadas mit der Verteilung der Nichteisenmetall- und kimberlitischen Diamantlagerstätten (LYDON 2007). Die Farbe der Lagerstätte gibt den Typ und die Form den Produktionsstatus an. Die geologischen Domänen sind nach den Superkontinentzyklen eingeteilt.

6 DAS MINERALISCHE ROHSTOFFPOTENZIAL

Exploration und Abbau von Rohstoffen in der Arktis sind mit vielen Unsicherheiten verbunden. Probleme bei der Entwicklung neuer Projekte in der Arktis treten vor allem in folgenden Bereichen auf:

1. Territorialpolitik
 - Wer ist für die Vergabe der Genehmigungen für Explorations- und Bergbauaktivitäten zuständig?
 - Wie reagiert die ortsansässige Bevölkerung auf Explorations- und Bergbauaktivitäten?
 - Wie wird die rohstoffwirtschaftliche Signifikanz eines Gebietes gegenüber der Errichtung von Nationalparks und Naturschutzgebieten bewertet (z. B. durch das Mineral and Energy Resource Assessment of Proposed National Parks in Northern Canada, NRCAN 2009c)?
2. Infrastruktur und Zugänglichkeit
 - Ist der Bau von Straßen und Häfen notwendig?
 - Lässt sich der Rohstoff im Flugzeug transportieren (z. B. Gold, Diamanten, Platingruppenmetalle)?
 - Bei einer Entfernung von mehr als 100 km zur Küste ist ein Projekt meist nicht mehr rentabel.
3. Klimawandel
 - Wasserstraßen öffnen sich zwar, aber Transportwege für LKW über Eis („ice roads“) werden unbefahrbar.
4. Preisentwicklung
 - Die Zeit von der Entdeckung der Lagerstätte bis zum Beginn der Förderung kann bis zu 17 Jahre betragen. Sinkt der Rohstoffpreis in dieser Zeit stark, ist das Projekt seitens der Investitionen gefährdet.

Aus diesen Gründen konzentrieren sich die Unternehmen auf große, gut zugängliche Lagerstätten mit hohem Erzgehalt oder hohen Wertinhalten. Diese befinden sich z. z. meist in der Subarktis, d. h. in der subpolaren Zone südlich des Nordpolarkreises (66° 34'), wie z. B. Wolverine (Zn-Cu-Pb-Ag-Au, YUKON ZINC CORPORATION 2010) und Meadowbank (Au, AGNICO-EAGLE MINES LIMITED 2010).

6.1 Kanadische Arktis

Große Gebiete in der kanadischen Arktis sind nur unzureichend kartiert und das Rohstoffpotenzial ist daher noch unbekannt. Um die geowissenschaftlichen Informationen bereitzustellen, die notwendig sind, um über Investitionen zu entscheiden, die zur Entdeckung und Entwicklung neuer energetischer und mineralischer Rohstoffquellen führen, wurde von der kanadischen Regierung das GEM Program („Geo-mapping for Energy and Minerals“) initiiert. Dabei werden für den Zeitraum von 2008 bis 2013 100 Mio. CAD (entsprechen ca. 72,5 Mio. €) zur Kartierung der arktischen Gebiete (insbesondere Nunavut und Northwest Territories) und der Ermittlung ihres Rohstoffpotenzials zur Verfügung gestellt (NRCAN 2010b). Als Arktis gelten dabei alle Gebiete vom 60. Breitengrad nordwärts.

Einen Überblick darüber, wie viele Vorkommen mineralischer Rohstoffe in Kanada nördlich des Polarkreises zum Zeitpunkt dieser Studie bei den Geologischen Diensten gemeldet sind (NORTHWEST TERRITORIES GEOSCIENCE OFFICE 2008; NUNAVUT GEOSCIENCE 2008a; YUKON GEOLOGICAL SURVEY 2008), gibt Tab. 6-1. In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die wichtigsten fortgeschrittenen Explorationsprojekte beschrieben. Die Auswahlkriterien hierbei waren die Größe des Vorkommens, seine Abbauwürdigkeit und der aktuelle Entwicklungsstand des Projektes.

Hauptrohstoff	Gesamtanzahl	Anzahl		
		Northwest Territories	Nunavut	Yukon
Metalle				
Blei	16	1	13	2
Chrom	1	0	1	0
Eisen	44	1	40	3
Gold	82	3	78	1
Kobalt	1	0	1	0
Kupfer	465	145	318	2
Mangan	6	6	0	0
Molybdän	6	0	5	1
Nickel	9	0	9	0
Niob	1	0	1	0
PGM	5	0	5	0
Silber	26	0	25	1
Tantal	1	0	1	0
Wolfram	3	0	1	2
Zink	120	0	119	1
Industrieminerale & Naturwerksteine				
Baryt	5	0	3	2
Diamant	66	11	55 (+ 29 Kimberlite)	0
Fluorit	1	0	0	1
Naturwerksteine	2	2	0	0
Phosphat	1	0	0	1

Tab. 6-1: Anzahl der gemeldeten Rohstoffvorkommen nördlich des Polarkreises in Kanada (NORTHWEST TERRITORIES GEOSCIENCE OFFICE 2008; NUNAVUT GEOSCIENCE 2008a; YUKON GEOLOGICAL SURVEY 2008).



Abb. 6-1: Explorationsarbeiten für das Mary River Projekt in der kanadischen Arktis (BAFFINLAND IRON MINES COOPERATION 2007).

6.1.1 Metalle

6.1.1.1 Eisen

Im Mary-River-Gebiet sind vier Fe-Lagerstätten bekannt (Deposit 1 bis 4). Die Abbaurechte dafür hält die Baffinland Iron Mines Corporation. Die Sedimentgesteine und Vulkanite der Mary River Group, die die Mineralisation beherbergt, bildeten sich im späten Archaikum (2,76 bis 2,72 Ga). Es wird vermutet, dass sie sich in der Nähe einer extrusiven vulkanischen Sutur eines Riftzonen-Störungssystems entstanden sind (JACKSON 2000; JACKSON & BERMAN 2000). Anschließend wurden die Gesteine deformiert und die Eisenoxide alteriert und angereichert. Die Lagerstätte ist eine gebänderte Eisen-Formation (BIF) des Algoma-Typs, die sich durch Zonen von massivem, geschichtetem oder brekziiertem Hämatit und Magnetit (Abb. 6-2) mit unterschiedlichen Anteilen von gebänderter Eisen-Formation der Oxid- oder Silikat-Fazies auszeichnet. Deposit 1 ist die größte und am besten verstandene der vier Lagerstätten. Sie ist im Gelände als ca. 3,8 km langer Bergrücken des Nuluujaak Mountain erkennbar und weist Aufschlüsse von hochgradigem Magnetit- und Hämatiterz (bzw. Speculariterz) auf (AKER KVAERNER 2006). Die Exploration konzentriert sich hierbei auf einen Abschnitt von ca. 2,5 km streichender Länge (Abb. 6-3).

Das Erz ist „direct-shipping ore (DSO)“, d. h. dass keine Weiterverarbeitung außer Zerkleinern und Sortieren nötig ist. Gesamtproben von Stück- und Feinerz wurden 2008 nach Deutschland an Thyssen-Krupp Steel and ArcelorMittal in Bremen verschifft. Die Analyse des Stückerzes ergab dabei mehr als 68 % Fe mit niedrigem Feuchtegrad (1,26 – 1,28 %) und kaum schädlichen Bestandteilen (NUNAVUT GEOSCIENCE 2008b).

In der Machbarkeitsstudie vom Februar 2008 werden von Baffinland die Reserven der Lagerstätten mit 365 Mio. t Eisenerz (64,7 % Fe) angegeben. Im März 2008 reichte Baffinland den Antrag für Mary River ein, der die Eröffnung eines Tagebaus für Deposit 1 (Nuluujaak Mountain) mit 18 Mio. t jährlicher Produktionsrate über 21 Jahre mit Förderbeginn 2014 vorsieht (NUNAVUT GEOSCIENCE 2008b). Darüber hinaus vermutet Baffinland großes Poten-

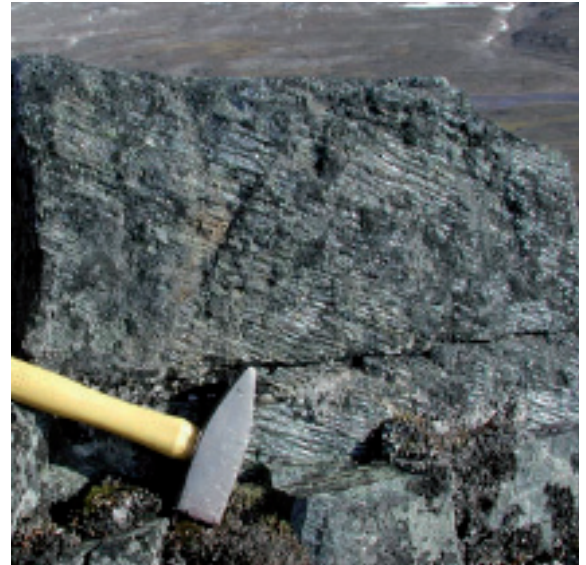


Abb. 6-2: Massiver Hämatit-Aufschluß im Mary-River-Gebiet (BAFFINLAND IRON MINES COOPERATION 2007).

zial für eine Erweiterung der Reserven und Ressourcen der Lagerstätte. Für Deposit 1, 2 und 3 gibt Baffinland 52 Mio. t gemessene und angedeutete Erzressourcen und 448 Mio. t vermutete Erzressourcen an (BAFFINLAND IRON MINES COOPERATION 2009).

Die Roche-Bay-Eisenlagerstätten auf der Melville Peninsula werden als verfaltete BIF interpretiert, die von paläozoischen kalksilikatischen Metasedimenten umgeben sind und die präkambrischen Gesteine der Churchill Province überlagern. Die Abbaurechte für das Roche-Bay-Magnetite-Projekt hält Advanced Explorations Inc. (AEI). Das Projekt besteht aus fünf BIF-Lagerstätten des Algoma-Typs (Zone A – E), die sich durch alternierende Bänder von Magnetit und rekristallisiertem Quarz mit einer Dicke

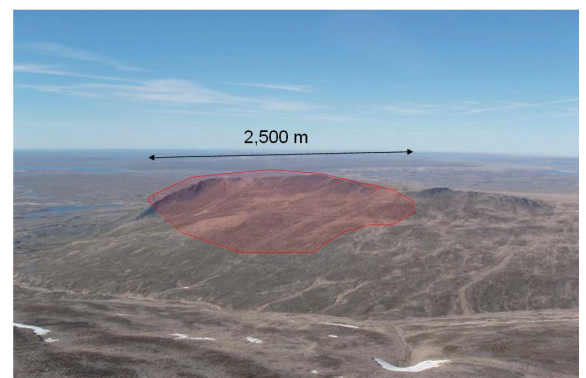


Abb. 6-3: Deposit 1 (rot), Blick nach Westen (modifiziert von BAFFINLAND IRON MINES COOPERATION 2009).

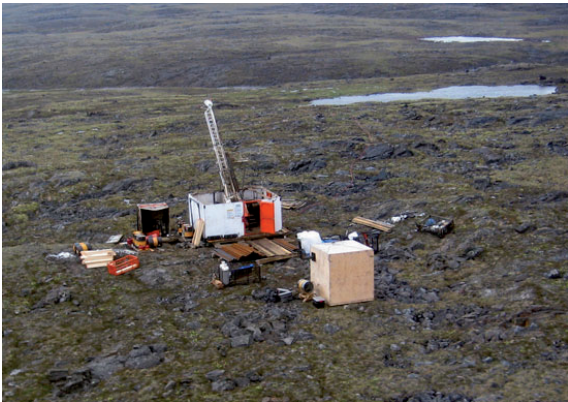
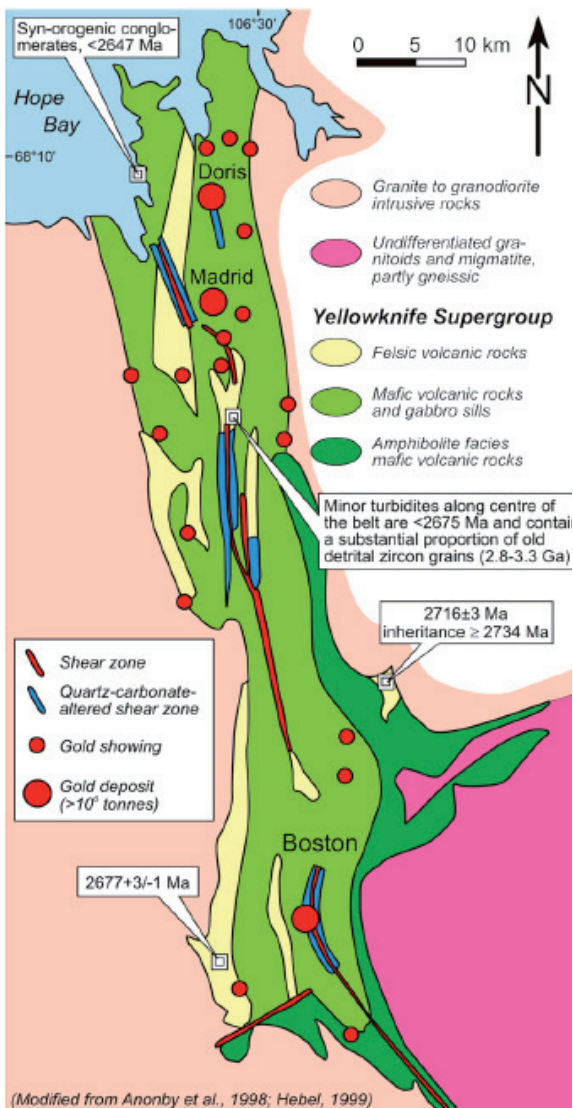


Abb. 6-4: Bohrung an der Roche-Bay-C-Zone
(ADVANCED EXPLORATIONS INC. 2009).



(Modified from Anonby et al., 1998; Hebel, 1999)

Abb. 6-5: Vereinfachte geologische Karte des Hope-Bay-Grünsteingürtels mit Lage der bekannten Goldlagerstätten (BLEEKER & HALL 2007).

zwischen 1 mm und 1 m auszeichnen. Die Größe der Lagerstätten variiert in der streichenden Länge von 820 – 4.200 m und in der Breite von 120 – 160 m (GOLDER ASSOCIATES LTD. 2007). Erste Bohrungen in der C-Zone (Abb. 6-4) zeigten durchschnittlich ca. 30 % Fe-Gehalt (NUNAVUT GEOSCIENCE 2008b). Eine Ressourcenabschätzung für die C-Zone bis zu einer Teufe von 250 m und bei einem cut-off grade von 25 % Fe ergab im Jahr 2009 vermutete Ressourcen von 350 Mio. t mit Durchschnittsgehalten von 28,07 % Fe (MET-CHEM CANADA INC. 2010). Der Bau eines Bergwerks ist für 2011 – 2013 geplant. Die wirtschaftliche und technische Bewertung des Projekts erfolgt durch MAN Ferrostaal Germany. AEI beabsichtigt 1 Mio. Pig Iron-Nuggets mit ca. 98 % Fe-Gehalt pro Jahr zu produzieren (ADVANCED EXPLORATIONS INC. 2009).

6.1.1.2 Gold

Das Hope-Bay-Gold-Projekt der Newmont Mining Corporation umfasst den Großteil des gleichnamigen Grünsteingürtels, einen der Grünsteingürtel Kanadas mit dem höchsten Explorationspotenzial. Die dortigen Gold führenden Gänge aus dem Archaikum sind lithologisch und strukturell kontrolliert. Bedeutende Lagerstätten auf dem Lizenzgebiet sind Doris North, Madrid und Boston (Abb. 6-5), die alle in oder nahe einer Hauptscherzone auftreten. Die angedeuteten und vermuteten Gesamtressourcen für das Hope-Bay-Gold-Projekt werden auf 10 Mio. oz Au geschätzt. Das Doris-Projekt soll bis zur Bergwerksgenehmigung weitergeführt werden (NUNAVUT GEOSCIENCE 2009).

Bravo Lake und Qimmiq sind Teil des Baffin-Insel-Gold-Projekts von Commander Resources Ltd. Nach der Entdeckung des ersten Prospektionsgebiets im Jahr 2007 ist das 3,5 km lange Hebert-System heute als Teil eines 10 km langen, Au-angereicherten strukturellen Korridors anerkannt, der parallel zu einer Serie von Aufschiebungen liegt (COMMANDER RESOURCES LTD. 2007). Die dortige disseminierte Goldmineralisation (Abb. 6-6) ist an Quarzgänge und Arsenopyrit-Gossans gebunden. Im Herbst 2009 unterzeichnete Commander eine Vereinbarung mit der AngloGold Ashanti Holdings plc, bei

der AngloGold unter bestimmten Voraussetzungen einen Anteil von 51 % erwerben kann (NUNAVUT GEOSCIENCE 2009).

Der 300 km lange und 5 – 50 km breite Committee-Bay-Grünsteingürtel ist einer der größten und kaum explorierten Grünsteingürtel in Kanada und geologisch mit den Gold führenden Grünsteingürteln von Red Lake, Timmins, Kirkland Lake und Hope Bay vergleichbar. CBR Gold Corp. (früher Committee Bay Resources Ltd.) hält mit dem Committee-Bay-Projekt (Abb. 6-7) über 85 % der Lizenzgebiete dieses Grünsteingürtels, aus dem über 40 hochgradige Goldvorkommen bekannt sind. Bedeutende Vererzungen sind die Vorkommen bzw. Lagerstätten Antler, Anuri, Inuk, Raven, Three Bluffs und West Plains.

Die Lagerstätte Three Bluffs wird momentan als die aussichtsreichste angesehen. Sie liegt in einer gefalteten Eisenformation in der Mitte des Grünsteingürtels. Die angedeuteten Ressourcen des Committee-Bay-Projekts werden auf 2,7 Mio. t Erz mit durchschnittlich 5,85 ppm Au entsprechend einem Inhalt von 508.000 oz Au und die vermuteten Ressourcen auf 272.000 t Erz mit einem Durchschnittsgehalt von 5,98 ppm Au, entsprechend 244.000 oz Au geschätzt (CBR GOLD CORP. 2009b). Rund 85 % dieser Ressourcen liegen maximal 120 m unter der Oberfläche (NUNAVUT GEOSCIENCE 2009). CBR Gold will nun die Abbauwürdigkeit im Tagebauverfahren von Three Bluffs in einer vorläufigen Risikostudie („Scoping Study“) prüfen lassen (CBR GOLD CORP. 2009a).

Die Lupin-Goldmine produzierte von ihrer Eröffnung im Jahr 1982 (NRCAN 2009a) bis zu ihrer Schließung im Jahr 2005 3,37 Mio. oz Au bei einem durchschnittlichen Gehalt von 9,3 g Au/t im Erz. Die verbleibenden Ressourcen werden auf 1,1 Mio. t Erz mit durchschnittlich 11,3 ppm Au geschätzt. Laut dem früheren Eigentümer OZ Minerals könnten diese verbliebenen Ressourcen ggf. mit Erz aus den Cu-Zn-Ag-Au-Lagerstätten High Lake (siehe Kapitel 6.1.1.3) und Izok Lake gemeinsam aufbereitet werden. Auch die Lagerstätte Ulu, die ca. 160 km nördlich von Lupin liegt, besteht aus Gold führenden Quarzgängen und könnte Lupins Aufbereitungsanlage mit zusätzlichem Material ver-



Abb. 6-6: Gesteinsprobe vom Baffin-Insel-Lizenzgebiet (COMMANDER RESOURCES LTD. 2009).



Abb. 6-7: Camp an der Committee Bay (CBR GOLD CORP. 2009c).

sorgen. 2009 erwarb die Minerals and Metals Group (die kanadische Tochtergesellschaft von China Minerals, siehe Kapitel 6.1.1.3) die Abbaurechte an Lupin und Ulu (NUNAVUT GEOSCIENCE 2009).

6.1.1.3 Kupfer

Das Storm-Projekt liegt im Nordwesten von Somerset Island und besteht aus einer Kupferlagerstätte in silurischen Karbonatgesteinen (Storm Copper Deposit) und einer schichtgebundene-Zone mit Zn-Ag-Mineralisation in ordovizischen Sandsteinen (Seal Zinc Deposit) ca. 20 km weiter westlich (Abb. 6-8). Storm wird den sedimentären Kupferlagerstätten zugeordnet und hat vier Kupfermineralisationszonen (4100N, 3500N, 2750N und 2200N). Diese

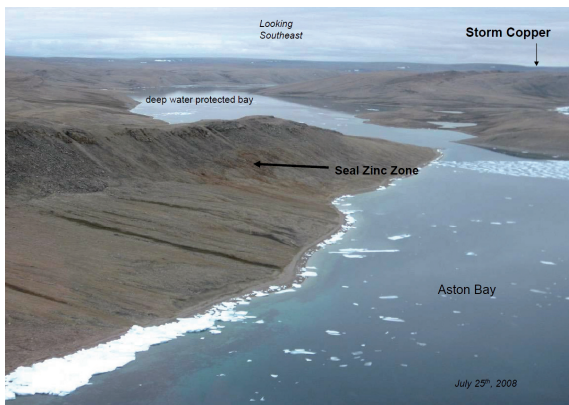


Abb. 6-8: Luftbild des Storm-Projekts mit der Storm-Copper-Lagerstätte am rechten Bildrand und der Seal-Zone in der Bildmitte (Stand 2008; COMMANDER RESOURCES LTD. 2009b).

Zonen enthalten metallreiche Intervalle mit Chalkosin, Bornit und Chalcopyrit und lokalen Anreicherungen von Covellin, gediegen Kupfer, Cuprit, Malachit und Azurit (Abb. 6-9). Die Zone 4100N wird als am aussichtsreichsten angesehen, da sich ihre Mineralisation über 1.000 x 400 m erstreckt und möglicherweise weiter in der Tiefe fortsetzt (SCOTT WILSON ROSCOE POSTLE ASSOCIATES INC. 2009b).

Seal ist eine Irish-Typ- oder Mississippi-Valley-Typ-Lagerstätte und ihre Haupterzminerale sind Zinkblende, Markasit und, in geringerem Umfang, Pyrit, welche massiv, disseminiert oder als Gangfüllung vorliegen können. Die Lagerstätte ist ca. 400 m lang und 12 – 20 m mächtig. Die durchschnittlichen Gehalte betragen 7 – 8 % Zn

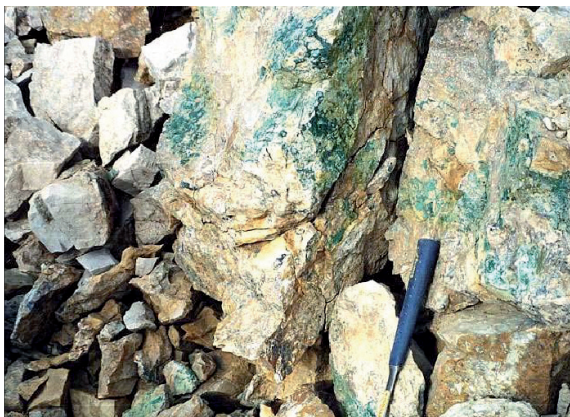


Abb. 6-9: Hochgradige Kupfervererzung der Storm-Copper-Lagerstätte (COMMANDER RESOURCES LTD. 2009).

(23 – 27 ppm Ag). Cominco (heute Teck Resources Ltd.) gab 1997 für die Lagerstätte Vorräte von 2 Mio. t mit 8 % Zn und 30 ppm Ag an (COMMANDER RESOURCES LTD. 2006).

Nach der Entdeckung von Storm (1996) und Seal (1999) durch Cominco, sowie Untersuchungen durch Noranda (heute Xstrata) in den Jahren 2000 – 2001, wurden keine weiteren Arbeiten an den Lagerstätten vorgenommen und der Bergwerksanspruch erlosch. Im Jahr 2008 hat Commander Resources Ltd. für die Dauer von fünf Jahren drei Prospektionsgenehmigungen erhalten (NUNAVUT GEOSCIENCE 2008b).

Die High-Lake-Cu-Zn-Ag-Au-Lagerstätte ist eine vulkanogene Massivsulfid-Lagerstätte des Zyperntyps (BLEEKER & HALL 2007), die wahrscheinlich mit 2,7 Ga alten Vulkaniten in Zusammenhang steht (HENDERSON et al. 2000). Eine erste Schätzung vom Juni 2006 ergab Ressourcen von 17,2 Mio. t Erz mit Durchschnittsgehalten von 2,25 % Cu, 3,35 % Zn, 69,75 ppm Ag und 0,95 ppm Au (NUNAVUT GEOSCIENCE 2008b). Die Mineralisationszonen heißen AB, D, West, WW und Cairo Zone sowie Sand Lake. Die Bergwerksansprüche gehören der Nunavut Tunngavik Incorporated (NTI), die dafür Sorge trägt, dass die Zusagen, die im Rahmen des Nunavut Land Claims Agreement (NLCA) gemacht wurden, auch eingehalten werden.

Mitte 2009 wurde das High-Lake-Zinkprojekt an die China Minmetals Corporation verkauft (CHINA MINMETALS CORPORATION 2009), deren Minerals and Metals Group (MMG) nun die Abbaurechte hält. Nach einer vorläufigen Machbarkeitsstudie geht MMG jedoch davon aus, dass bei den derzeitigen Rohstoffpreisen die Ressourcen der Lagerstätten nicht groß genug sind, dass sich der Abbau lohnen würde (MINERALS AND METALS GROUP 2009).

6.1.1.4 Nickel und Platingruppen-metalle

Das MIE-Projekt geht auf das proterozoische Mackenzie Igneous Event (MIE) zurück, durch das sich einer der größten kontinentalen Flutbasalte der Welt bildete. Ähnliche Gesteine sind als Wirtgestein für große Platingruppenmetall- (PGM) und Cu-Ni-Lagerstätten bekannt, wie z. B. Norilsk-Talnakh in Russland. Die Exploration konzentriert sich auf die Muskox-Intrusion (Abb. 6-10), eine mafische Schichtintrusion („layered intrusion“), die als Hauptmagmenzufuhrkanal für das MIE angesehen wird. Hochgradige Cu-, Ni- und PGM-Sulfiderze wurden an beiden Rändern der Intrusion gefunden (Abb. 6-11) und es wird vermutet, dass sich die Erze am Boden der Intrusion angereichert haben. Das Projekt besteht aus zwei Gebieten: McGregor Lake und All Night Lake. Das McGregor-Lake-Gebiet liegt über einem Teil der Muskox-Intrusion, bei dem hohe Ni-Cu-PGM-Werte an der Oberfläche gefunden wurden. Daher wird in der Tiefe eine größere Mineralisationszone vermutet. Das All-Night-Lake-Gebiet deckt die gesamte Schichtfolge und das Dach der Muskox-Intrusion ab und ist bisher noch kaum untersucht. Die „Reef Style“-Mineralisation wird

mit den platinreichen Merensky und UG2 Reefs des Bushveld-Komplexes in Südafrika verglichen. Auch an höher gelegenen Stellen der Intrusion werden PGM-reiche Mineralisationszonen vermutet, wie z. B. das chromititische Muskox Reef (MIE METALS CORPORATION 2008).

Eine Bohrkampagne im Jahr 2007 bestätigte das Ni-Cu-PGM-Mineralisationspotenzial der Muskox-Intrusion. Im All-Night-Lake-Gebiet wurde eine bisher unbekannte, 14 m mächtige Zone dis-

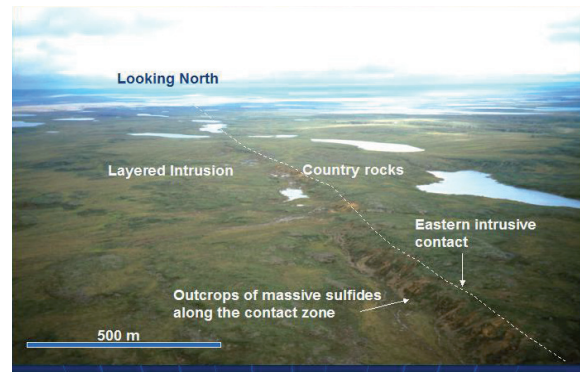


Abb. 6-11: Blick auf die mineralisierte Zone im Osten der Muskox-Intrusion (PRIZE MINING CORPORATION 2004).

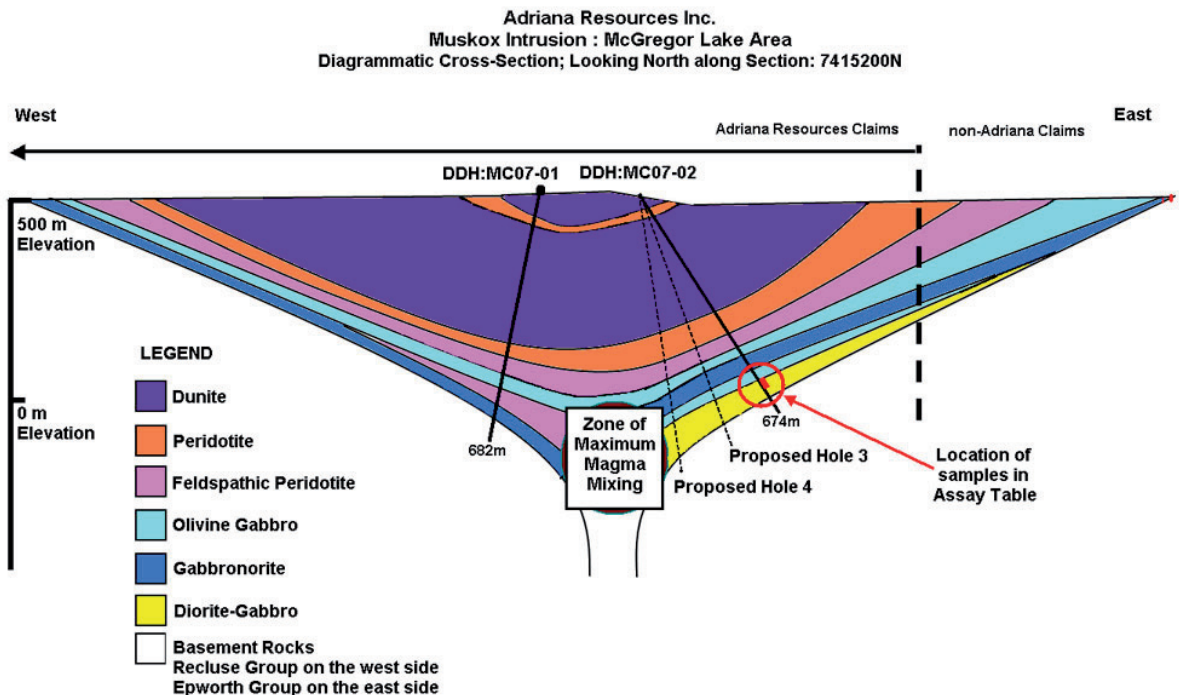


Abb. 6-10: Profilschnitt durch die Muskox-Intrusion im McGregor-Lake-Gebiet (MIE METALS CORPORATION 2008).



Abb. 6-12: Bohrkern aus dem Pyrrhotite-Lake-Gebiet (PRIZE MINING CORPORATION 2004).

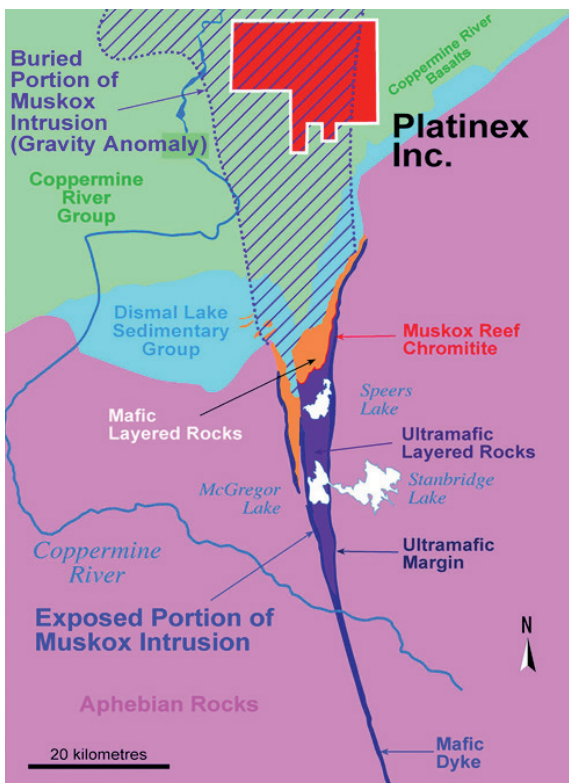


Abb. 6-13: Platinox-Lizenzgebiet nördlich der Muskox-Intrusion (PLATINEX INC. 2008).

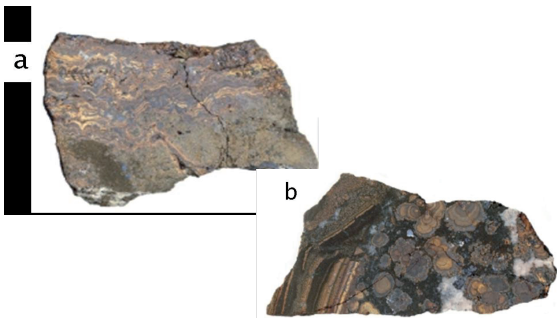


Abb. 6-14: Erzproben aus der Polaris Mine, modifiziert von DEWING et al. (2007a).
(a) Markasit und gebänderte Zinkblende. Probe ca. 7 cm breit. (b) Markasit-reiches Erz mit Fragmenten von gebänderter Zinkblende. Probe ca. 11 cm breit.

seminierter Sulfidmineralisation angetroffen, aus der jedoch erst wenige Einzelanalysenwerte vorliegen (NRCAN 2007b). 2008 begann der bisherige Besitzer der Abbaurechte, Adriana Resources Inc., einen strategischen Partner für das MIE-Projekt zu suchen und verkaufte 2009 das Projekt an die MIE Metals Corporation und 5050 Nunavut Ltd. (NUNAVUT GEOSCIENCE 2009).

Die Exploration von Silvermet Inc. konzentriert sich auf zwei Gebiete im südlichen Teil der Intrusion: Pyrrhotite Lake und Valley Lake (NUNAVUT GEOSCIENCE 2008b). Bohrungen im Pyrrhotite-Lake-Gebiet (Abb. 6-12) trafen eine 5,5 m mächtige Schicht mit stark erhöhten Gehalten von Pd, Cu und Ni an (PRIZE MINING CORPORATION 2004). Allerdings wird Valley Lake heute als das aussichtsreichere von beiden Gebieten angesehen (NUNAVUT GEOSCIENCE 2008b). Platinox Inc. hält seit Ende 2007 die Abbaurechte für ein Gebiet nördlich der Muskox-Intrusion (Abb. 6-13), wo der Fortsatz der Intrusion vermutet wird. Platinox vermutet, dass sich dort ein weiteres PGM-Reef befindet (PLATINEX INC. 2008).

6.1.1.5 Zink und Blei

Nördlich des Polarkreises gibt es in Nordamerika zwei große Zink-Blei-Lagerstätten, deren Erze in der Vergangenheit abgebaut wurden: Polaris und Nanisivik. Beide wurden 2002 stillgelegt, aber ihre Umgebung birgt Explorationspotenzial für weitere Lagerstätten (DEWING et al. 2007b).

Polaris ist eine Mississippi-Valley-Type-Lagerstätte (MVT) in dolomitisiertem Kalkstein aus dem Mittleren Ordovizium. Die Gesamtproduktion des Bergwerks von 1981 bis 2002 betrug 20,1 Mio. t Erz mit Durchschnittsgehalten von 13,4 % Zn und 3,6 % Pb. Der Betreiber war Teck Cominco Ltd. Das Gebiet um Polaris erstreckt sich von Somerset Island zur Grinnell-Peninsula (Abb. 6-15). Es enthält ca. 80 Erzvorkommen und zwei Lagerstättentypen: (1) Zn-Pb-Fe-Lagerstätten des MVT und (2) Cu-Lagerstätten, die durch supergene Abfuhr von Fe und S angereichert wurden. Haupterzminerale sind Zinkblende und Bleiglanz (Abb. 6-14), Gangminerale sind meist Dolomit und Markasit. Die Mineralisation ist wahrscheinlich nach der spätdevonischen

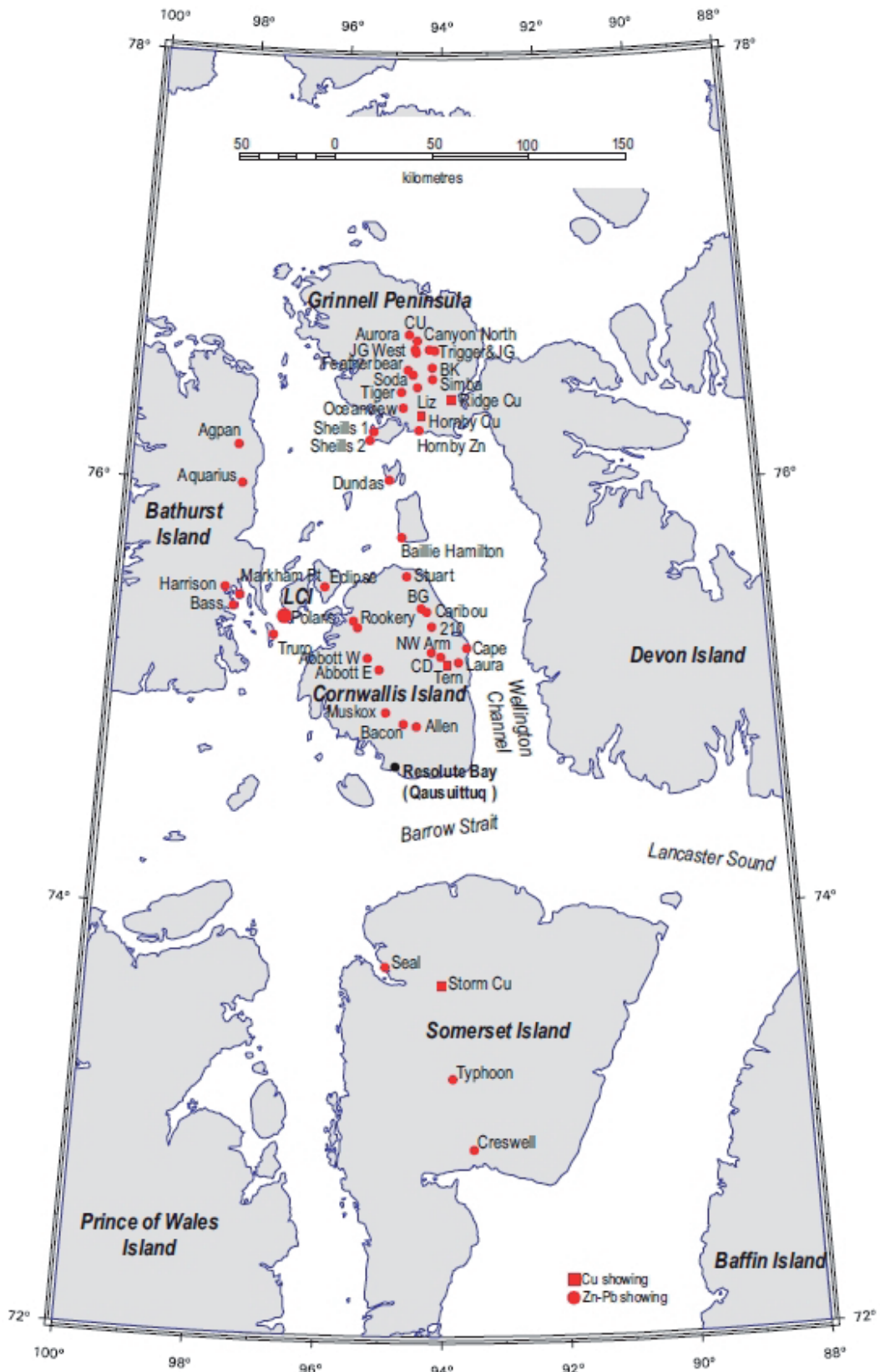


FIGURE 1. Lead-zinc-copper showings in the Polaris District, central Arctic Islands, Nunavut. LCI is Little Cornwallis Island. Some dots represent clusters of showings. Locations and sources are listed in Appendix 1.

Abb. 6-15: Zn-Pb-Cu-Vorkommen im Polaris-Gebiet aus DEWING et al. (2007a). Einige Punkte repräsentieren Gruppen von Vorkommen. LCI = Little Cornwallis Island.

Faltung der Umgebung entstanden und steht möglicherweise mit der Ellesmerischen Orogenese in Zusammenhang. Die Cu-reiche Mineralisation ist wahrscheinlich silurischen Alters (DEWING et al. 2007a).

Das Bergwerk von Nanisivik auf der Borden-Peninsula im Norden von Baffin Island förderte von 1976 bis 2002 ca. 17,9 Mio. t Erz mit Durchschnittsgehalten von ca. 9,0 % Zn, 0,7 % Pb und 35 ppm Ag. Der Haupterzkörper besteht überwiegend aus massivem Pyrit mit Dolomit als Gangart, aber es kommen auch Zinkblendereiche Zonen mit Bleiglanz, Pyrit und Dolomit vor. Der Betreiber war Breakwater Resources Ltd. Die mesoproterozoische Lagerstätte wird oft als MVT-Lagerstätte bezeichnet, obwohl anomal hohe Erzfüllungstemperaturen, das sehr hohe Zn:Pb-Verhältnis und der hohe Gehalt an Pyrit auf eine andere Bildungsart hindeuten (ST. MARIE et al.

2001; SUTHERLAND & DUMKA 1995). Obwohl der regionale Prozess zur Bildung der Nanisivik-Lagerstätte noch diskutiert wird, wird eine topographisch gesteuerte Migration von Fluiden mit anschließender Ausfällung von Sulfiden angenommen, ähnlich dem SEDEX-Lagerstättentyp (DEWING et al. 2007b; SHERLOCK et al. 2004). Alle bekannten Sulfidkörper in der Umgebung Nanisiviks sind an Abschiebungen gebunden, insbesondere, wo diese Abschiebungen die Faltenachsen von Antiformen schneiden.

6.1.1.6 Sonstige Metalle

Eine Auswahl bekannter, jedoch kaum explorierter Vorkommen (Entwicklungsstufen nach NRCan: „Advanced exploration stage“, „reconnaissance“ und „past producer“) sonstiger Metalle nördlich des Polarkreises in Kanada (Stand 2008) gibt Tab. 6-2.

Hauptrohstoff	Name	Art der Mineralisation	Bundesstaat
Chrom	Mox 88-1216	Chromit in peridotitischer Intrusion. Analyse einer Einzelprobe ergab > 2 % Cr.	Nunavut
Molybdän	Tay 3, Tay 4	Molybdän-Mineralisation in Siltstein. Analysen von Einzelproben ergaben < 500 ppm Mo.	Nunavut
	E 1-6	Molybdänit-Kupfer-Mineralisation. Analysen von Einzelproben ergaben 3,45 % Mo und 0,351 % Cu.	Nunavut
Niob, Tantal	Barnes Ice Sheet	Radioaktives Columbit-Tantalit-Erz in Pegmatit.	Nunavut
PGM	Mox 88-1008	Pd-reicher Chromit in peridotitischer Intrusion. Analyse einer Einzelprobe ergab 650 ppb Pd und > 2 % Cr.	Nunavut
	Strathcona PGM	Dolerit-Dike mit Pt-Mineralisation.	Nunavut
	Boots	Analysen von Einzelproben ergaben 3,17 ppm Pt, 2,65 ppm Pd, 1,19 % Cu, 0,36 ppm Au und 9,35 ppm Ag.	Nunavut
Silber	Roberts Lake Silver	Brekziierte Störungzone in Metavulkaniten. Analyse einer Einzelprobe ergab 3,89 ppm Au und 19,60 ppm Ag. Bergwerksförderung in den 1970er von über 10.000 oz Ag.	Nunavut
	Arctic Mineral - Pex Claims	Epigenetische Pb-Ag-Mineralisation in hydrothermal alteriertem Quarzarenit.	Nunavut
	Gong	Analyse einer Einzelprobe ergab 386 ppm Ag, 239 ppm Cu und 1,24 ppm Au.	Nunavut
	Deb Claims – DH 86-19	Zn-Ag-Pb-Gänge in Karbonatgesteinen. Analyse einer Einzelprobe ergab 0,40 % Zn und 7 ppm Ag.	Nunavut
Tantal, Niob	Plex Claim	Ta-Nb-Mineralisation in felsischer Intrusion.	Nunavut
Wolfram	Sample 4580	Mineralisierte Eisenformationen und sulfidische Schiefer.	Nunavut

Tab. 6-2: Auswahl bekannter jedoch kaum untersuchter Vorkommen sonstiger Metalle nördlich des Polarkreises in Kanada (NORTHWEST TERRITORIES GEOSCIENCE Office 2008; NUNAVUT GEOSCIENCE 2008a; YUKON GEOLOGICAL SURVEY 2008).

6.1.2 Edelsteine und Industriemineralien

6.1.2.1 Diamant

Die Amaruk-Lagerstätte im Pelly-Bay-Diamond-Distrikt besteht aus 29 Kimberlitkörpern (Abb. 6-16), u. a. Beluga-1 bis 3 (Abb. 6-17), Qavvik-1 bis 10, Tuktu-1 bis 10, C-27, Ptarmigan und Umingmak. Die Abbaurechte liegen bei Diamonds North Resources Ltd. Von 22 analysierten Kimberlitkörpern enthielten 90 % Diamanten und aus einer 412,15 kg schweren Probe von Tuktu-1B wurden im Frühling 2008 2.850 Diamanten gewonnen (NUNAVUT GEOSCIENCE 2008b). Über 300 weitere Zielobjekte sollen noch untersucht werden (DIAMONDS NORTH RESOURCES LTD. 2008).

Das Barrow-Projekt von Indicator Minerals Inc. liegt neben der Amaruk-Lagerstätte im Pelly-Bay-Diamond-Distrikt. Obwohl Lesesteine und Indikatorminerale auf Kimberlite in der Umgebung hindeuten, wurde bisher kein primärer Kimberlit angetroffen. Eine 25,5 kg schwere Probe eines 2005 gefundenen Kimberlitbrockens enthält 176 Diamanten (NUNAVUT GEOSCIENCE 2008b).

Das Aviat-Projekt ist ein Joint Venture der Stornoway Diamond Corporation (90 %) und der Hunter Exploration Group (10 %). Es besteht aus zwölf Kimberlitkörpern, die entweder als kleine schlotartige Intrusionen, geschichtete Decken oder Gänge von bis zu 16 m Mächtigkeit vorliegen. Jüngere Untersuchungen zeigen, dass einige der Intrusionen zu einem großen Kimberlitkörper verbunden sind und zusammen mit anderen Intrusionen den Eastern Sheet Complex (ESC, Abb. 6-18) bilden. Für den gesamten Komplex wird ein Potenzial von 24,1 bis 40,3 Mio. ct Diamanten in 12,4 bis 16,0 Mio. t Kimberlit bei 235 ± 30 cpht (Karat pro 100 t) angenommen (STORNOWAY DIAMOND CORPORATION 2009).

Das Darby-Projekt wird von Teck Resources Limited betrieben und besteht aus neun Kimberlitkörpern (inklusive dem Iceberg-Kimberlit), von denen fünf diamantführend sind. Neben Indikatormineralen wurde während des Explorationsprogramms 2008 eine Kimberlitgeröllbahn von 160 m Breite entdeckt, die über 1,5 km verfolgt werden kann. Diese



Abb. 6-16: Kimberlit-Bohrkern aus dem Amaruk-Gebiet (DIAMONDS NORTH RESOURCES LTD. 2009).



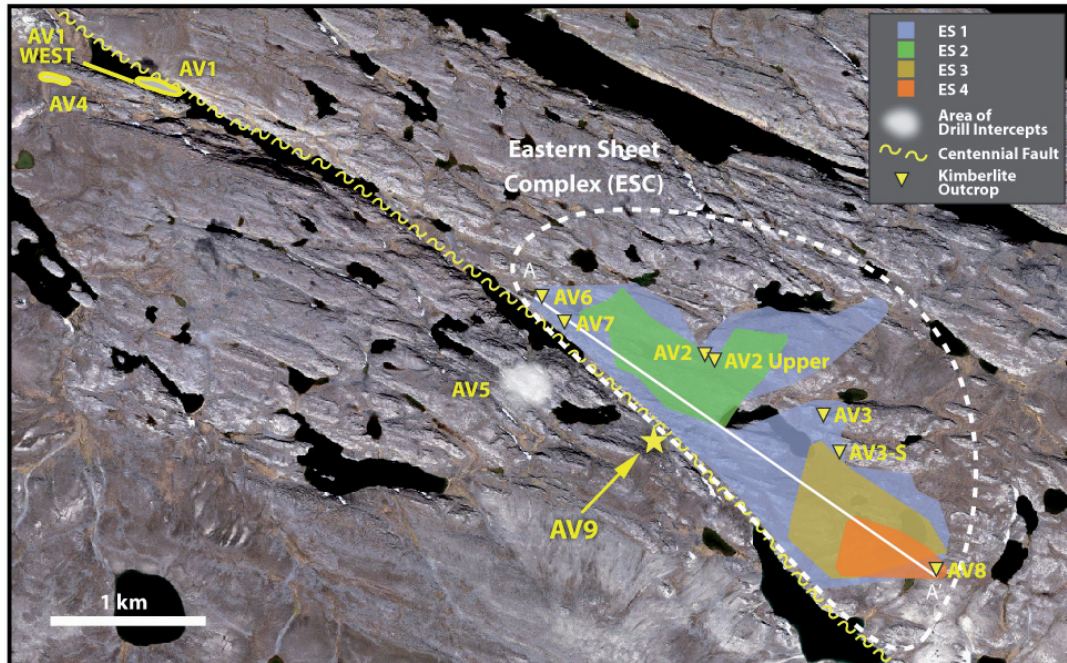
Abb. 6-17: Diamanten aus dem Beluga-Kimberlit im Amaruk-Gebiet (DIAMONDS NORTH RESOURCES LTD. 2009).

Bahn könnte auf einen dritten Kimberlitschwarm im Darby-Gebiet hinweisen.

6.1.2.2 Industriemineralien und Naturwerksteine

Eine Auswahl bekannter, jedoch kaum explorierter Vorkommen von Industriemineralen und Naturwerksteinen (Entwicklungsstufen nach NRCan: „Advanced exploration stage“, „reconnaissance“ und „past producer“) nördlich des Polarkreises in Kanada (Stand 2008) gibt Tab. 6-3.

Satellite Image with Aviat Kimberlites - October 7, 2008



Eastern Sheet Complex Cross-Section - October 7, 2008

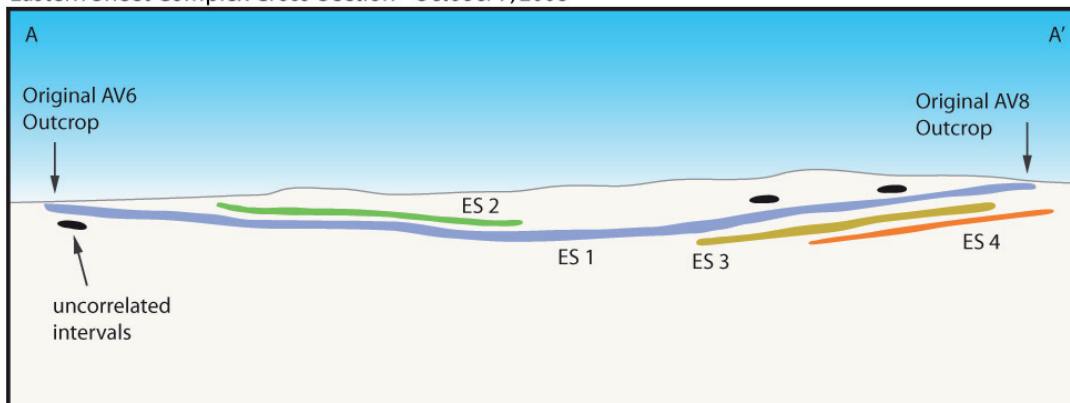


Abb. 6-18: Satellitenbild des Aviat-Gebiets und Profilschnitt durch den Eastern Sheet Complex (ESC). Die Ausdehnungen der Kimberlitkörper ES1 bis 4 sind farbig dargestellt (STORNOWAY DIAMOND CORPORATION 2009).

	Name	Art der Mineralisation	Bundesstaat
Baryt	Arctic Mineral, Pex Claims, Sample 004	Barytgang in Quarzarenit.	Nunavut
Naturwerksteine	Hornaday River	Gelbbrauner dolomitischer Kalkstein, grüngrauer dolomitischer Kalkstein und dunkelgrüner dolomitischer Kalkstein mit Pyrit.	Northwest Territories
	Minto Inlet	Speckstein in Sedimentgestein.	Northwest Territories

Tab. 6-3: Auswahl bekannter, jedoch kaum explorierter Vorkommen von Industriemineralen und Naturwerksteinen nördlich des Polarkreises in Kanada (NORTHWEST TERRITORIES GEOSCIENCE Office 2008; NUNAVUT GEOSCIENCE 2008a; YUKON GEOLOGICAL SURVEY 2008).

6.2 US-amerikanische Arktis

Zurzeit gibt es fünf große in Betrieb befindliche Bergwerke in Alaska: Fort Knox, Greens Creek, Pogo, Red Dog und Usibelli, wobei nur Red Dog nördlich des Polarkreises liegt. Die Ausgaben in der Exploration werden für 2008 auf 347,3 Mio. US\$ geschätzt, was einen Zuwachs von 5 % im Vergleich zu 2007 darstellt. 65 % der Explorationsbudgets wurden jedoch auf den Südwesten Alaskas ver-

wendet; im Norden Alaskas nahmen sie hingegen stark ab (SZUMIGALA et al. 2009b).

Ähnlich wie in Kanada ist auch in Alaska die geologische Datengrundlage für die Arktis unzureichend. Tab. 6-4 gibt einen Überblick darüber, wie viele Vorkommen mineralischer Rohstoffe in Alaska nördlich des Polarkreises beim U.S. Geological Survey gemeldet sind (USGS 2009c). In den nachfolgenden Unterkapiteln werden fortgeschrittene Explorationsprojekte der wichtigsten Rohstoffe

Hauptrohstoff	Gesamtanzahl	Anzahl		
		North Slope	Northwest Arctic	Yukon-Koyukuk
Metalle				
Antimon	8	0	0	8
Arsen	7	0	2	5
Beryllium	1	0	0	1
Blei	83	41	22	20
Chrom	21	8	7	6
Eisen	4	0	3	0
Gold	457	11	86	360
Kadmium	1	0	0	1
Kobalt	6	3	0	3
Kupfer	242	35	95	112
Mangan	7	3	0	4
Molybdän	9	3	2	6
Nickel	6	0	4	2
Niob	1	0	1	0
SEO	3	3	0	0
Silber	83	10	24	49
Thorium	1	1	0	0
Titan	1	0	1	0
Vanadium	1	0	0	1
Wolfram	8	0	0	8
Zink	20	9	2	9
Zinn	14	2	0	12
Industrieminerale & Naturwerksteine				
Asbest	10	1	9	0
Baryt	33	22	6	5
Bentonit	7	7	0	0
Fluorit	15	13	1	1
Halbedelsteine	3	0	3	0
Jade	2	0	2	0
Phosphat	54	54	0	0

Tab. 6-4: Anzahl der gemeldeten Rohstoffvorkommen nördlich des Polarkreises in den USA (USGS 2009a; USGS 2009c).

beschrieben. Die Auswahlkriterien waren die Größe des Vorkommens, seine Abbauwürdigkeit und der aktuelle Entwicklungsstand des Projekts.

6.2.1 Metalle

6.2.1.1 Gold

Der Chandalar-Bergbaudistrikt liegt im östlichsten mineralisierten Teil des devonischen Schiefergürtels nahe der Brooks Range, im dem Lagerstätten wie Red Dog und Ambler liegen. Seit der Entdeckung des Distrikts vor ca. 100 Jahren wurden aus Seifen- und Ganglagerstätten ca. 84.000 oz Gold gefördert, davon ca. 90 % aus Goldseifen, und das meiste der verbleibenden 10 % aus der Mikado-Ganglagerstätte. Mikado ist neben Little Squaw, Summit und Chandalar-Eneveloe (Abb. 6-19) einer von über 30 Gold führenden, mesothermalen Quarz-Sulfid-Gängen. Laut dem Betreiber, Goldrich Mining Company, sind diese Gänge bislang nur unzureichend untersucht worden.

Die Pacific Rim Geological Consulting Inc. gibt in ihrer Studie aus dem Jahr 2004 an, dass das Chandalar-Projekt einer der größten Seifengoldlagerstätten in Alaska werden könnte (GOLDRICH MINING COMPANY 2009b). Für die Little-Squaw-Seifengoldlagerstätte werden als gemessene und angedeutete Feingold-Ressourcen 242.774 oz angegeben (BARKER et al. 2009). Die Abbaurechte der Goldrich Mining Company decken einen Großteil des Chandalar-Bergbaudistrikts ab (GOLDRICH MINING COMPANY 2009a). Im September 2009 gab



Abb. 6-19: Die Chandalar Eneveloe-Ganglagerstätte (GOLDRICH MINING COMPANY 2009).

Goldrich den Produktionsbeginn des Seifengoldabbaus am Little Squaw Creek bekannt. Im Jahr 2009 wurden 480 – 670 m³ Material pro Tag gefördert und 4 – 6 oz Gold pro Stunde gewonnen (THE MINING RECORD 2009).

Die quartären Nolan-Creek-Goldseifenlagerstätten kommen in den Kiesbetten des gleichnamigen Flusses und einer tieferliegenden Rinne vor. Die Seifen aus der Rinne waren bisher am ergiebigsten. Das Gold kommt als kleine Nuggets vor, deren Feinheit zwischen 885 und 962 schwankt (USGS 2002). Die Anordnung der Goldseifen deutet darauf hin, dass sie mindestens teilweise aus den Zuflüssen des Nolan Creek stammen. Die Hauptquelle der Goldseifen soll laut dem Betreiber Silverado Gold Mines Ltd. die ca. 8 km lange Solomon-Shear-Zone nördlich von Smith Creek sein.

Obwohl REED (1938) bereits im Jahr 1937 vermerkte, dass die Rinne als ausgebeutet angesehen wird, plant Silverado den Abbau im Nolan-Creek-Tal und die Explorationsarbeiten auf der Rinne weiter fortzusetzen. Seit der Entdeckung der Seifenlagerstätten 1897 im Nolan-Creek/Hammond-River-Gebiet wurden fast 200.000 oz Gold gefördert (SILVERADO GOLD MINES LTD. 2009). Die nachgewiesenen, wahrscheinlichen und aufgrund von Bohrungen abgeleiteten Reserven für das Nolan-Lizenzgebiet, das Nolan Placer, Nolan Lode, Thompson's Pup, Dionne (Mary's Bench) und Smith Creek beinhaltet, werden von Silverado mit 145.000 oz angegeben (USGS 2002). Die wahrscheinlichen Reserven für Workman's Bench auf dem Nolan-Lizenzgebiet werden mit 11,9 Mio. t Sb und 17.300 oz Au angegeben (SILVERADO GOLD MINES LTD. 2009).

6.2.1.2 Kupfer-Polymetalle

Der Ambler-Bergbaudistrikt liegt in einem der größten, noch unerschlossenen Massivsulfid-Gebiete Nordamerikas. Das Ambler-Projekt von NovaGold Resources Inc. umfasst mehrere VMS-Lagerstätten im Edelmetallreichen Ambler-Schiefergürtel (Abb. 6-20) im südlichen Teil der Brooks Range. Von den dortigen Lagerstätten wird die Cu-Zn-Au-Ag-Lagerstätte Arctic als am

Ambler Project, VMS District Regional Geology

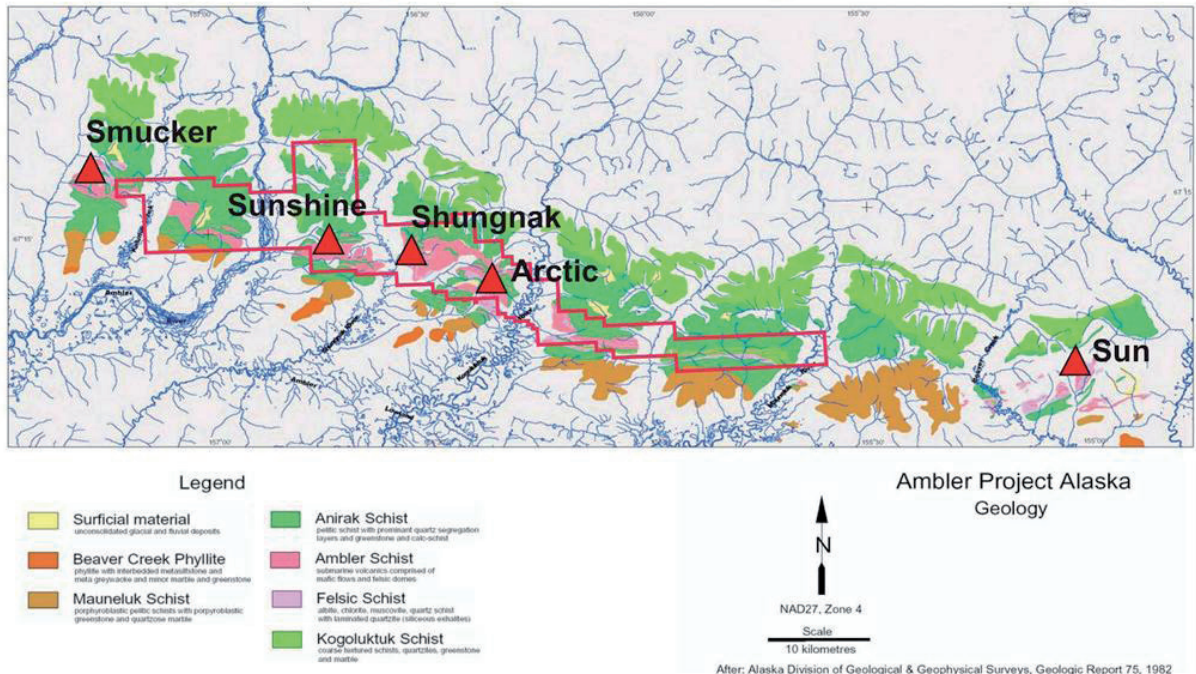


Abb. 6-20: Vereinfachte geologische Karte des Ambler-Bergbaudistrikts mit Umriss der Lizenzgebiete von NovaGold (NOVAGOLD RESOURCES INC. 2010).

aussichtsreichsten angesehen. Arctic ist eine polymetallische Massivsulfid-Lagerstätte des Kuroko-Typs und besteht aus bis zu 17 m mächtigen, gebänderten, massiven und disseminierten Sulfiden (USGS 2007). Die syngentische devonische oder karbonische Mineralisation (HITZMAN et al. 1986) liegt in einer Abfolge aus niedrig- bis mittelgradig metamorphisierten Vulkaniten und Plutoniten sowie pelitischen und karbonatischen Sedimenten. Die Massivsulfide werden von einer Oxidationszone (Gossan) bedeckt. Die Haupterzminerale sind Pyrit, Chalcopyrit und Zinkblende (SCHMIDT 1988). Die Ressourcen werden auf 36,3 Mio. t mit durchschnittlich 4,0 % Cu, 5,5 % Zn, 0,8 % Pb, 0,7 ppm Au und 54,9 ppm Ag geschätzt (EAKINS et al. 1985). In der Umgebung von Arctic werden außerdem noch weitere Lagerstätten vermutet (NOVAGOLD RESOURCES INC. 2010).

Auch die weiter östlich liegende SUN-Lagerstätte stellt eine polymetallische Massivsulfid-Lagerstätte des Kuroko-Typs dar. Sie wurde Mitte der 1970er Jahre von der Sunshine Mining Company

entdeckt. SUN besteht aus stratiformen, gebänderten, massiven bis semi-massiven Sulfiden, die als linsenförmige Körper entlang von drei Mineralhorizonten auftreten. Haupterzminerale sind, laut Betreiber Andover Ventures Inc., Arsenopyrit, Bornit, Chalcopyrit, Enargit, Bleiglanz und Zinkblende. Der obere Mineralhorizont ist Ag-, Pb- und Zn-reich, der mittlere Cu-reich und der untere Cu- und Zn-reich (USGS 2008). Die Ressourcen wurden 1976 von Anaconda Minerals auf 12,5 Mio. t Erz mit Durchschnittsgehalten von 1,8 % Cu, 5,3 % Zn, 1,8 % Pb und 73,7 ppm Ag berechnet (ANDOVER VENTURES INC. 2007).

6.2.1.3 Zink und Blei

Red Dog ist eine sedimentär-exhalative Zn-Pb-Ag-Lagerstätte. Das Red-Dog-Gebiet umfasst vier Lagerstätten: Red Dog Main Deposit, Hilltop, Aqqaluk und Paalaaq. Der Lagerstättenkomplex besteht aus mehreren Aufschiebungen mit schichtgebundenen Massivsulfiden und erzfreiem Tonst-

ein. Die Mineralisation tritt in den silikatischen Tonschiefern und Kieselgesteinen der karbonischen Kuna-Formation auf und wurde wahrscheinlich syngenetisch mit den Sedimenten abgelagert. Haupterzminerale sind Zinkblende, Pyrit, Markasit und Bleiglanz (USGS 2010).

Das Red-Dog-Bergwerk ist seit 1989 in Betrieb und der weltgrößte Produzent von Zinkkonzentraten (TECK RESOURCES LTD. 2009b). Das Bergwerk konnte aufgrund eines Abkommens zwischen Teck Resources Ltd. und der NANA Regional Corporation (NANA), die den Iñupiat als Ureinwohnern Nordwestalaskas gehört, erschlossen werden. Bis Ende 2008 wurden 3,5 Mio. t Erz gefördert und 1,4 Mio. t Konzentrat verschifft. Die Erzgehalte betragen durchschnittlich 20,1 % Zn, 6,0 % Pb und 99,5 ppm Ag. Das Abraum-Erz-Verhältnis beträgt weniger als 1:1. Die nachgewiesenen und wahrscheinlichen Erzreserven betragen 67,6 Mio. t. (TECK RESOURCES LTD. 2009a). Die vermuteten Reserven von Aqqaluk werden auf 72,9 Mio. t Erz mit durchschnittlich 13,7 % Zn, 3,6 % Pb und 62,2 ppm Ag und die wahrscheinlichen Reserven von Hilltop auf 9,6 Mio. t Erz mit durchschnittlich 17,8 % Zn, 5,5 % Pb und 112,0 ppm Ag geschätzt. Bei Paalaaq werden 13 Mio. t mögliche Erzressourcen mit Durchschnittsgehalten von 15 % Zn, 4,3 % Pb und 87,1 ppm Ag vermutet (USGS 2010). Über den Indiumgehalt der Lagerstätte liegen keine Informationen vor. Jedoch gilt Teck als einer der größten Indium-Produzenten weltweit. Das Indium wird als Beiprodukt bei der Zinkverhüttung im Hütten-

werk Trail (British Columbia, Kanada) ausgebracht (NRCAN 2007a).

Die Red-Dog-Hauptlagerstätte wird voraussichtlich 2012 erschöpft sein, so dass bereits 2010 die nahegelegene Aqqaluk-Lagerstätte in Betrieb genommen wurde (Abb. 6-21 a, b). Diese wird die Bergwerkslaufzeit um 20 Jahre verlängern (TECK RESOURCES LTD. 2009a). Alle Lagerstätten außer Paalaaq können im Tagebau abgebaut werden (USGS 2010).

Das 10 km nördlich des Red-Dog-Bergwerks gelegene Anarraaq-Vorkommen wurde 1999 entdeckt. Seine Ressourcen werden auf 17,2 Mio. t Erz mit durchschnittlich 15,8 % Zn, 4,8 % Pb und 17 ppm Ag geschätzt. Bei einer Bohrkampagne im Jahr 2001 wurde im nördlichen Teil der Lagerstätte eine 5 m mächtige Zone mit Gehalten von 45,8 % Zn und 3,5 % Pb angetroffen. Dies ist der höchste Erzgehalt, der je im Red-Dog-Gebiet angetroffen wurde (TECK COMINCO LTD. 2001).

Das Lik-Projekt umfasst den geplanten Abbau einer sedimentären Zn-Pb-Ag-Lagerstätte nahe der Red-Dog-Lagerstätte. Die Lik-Lagerstätte besteht hauptsächlich aus stratiformen Linsen mit Pyrit, Markasit, Zinkblende und Bleiglanz. Die Main Break Fault unterteilt sie in Lik South and Lik North. Die Ressourcenabschätzung des Lik-Projekts ist in Tab. 6-6 zusammengefasst. Es wird von einem Potenzial für weitere Lagerstätten im Umkreis der Lik-Lagerstätte ausgegangen (ZAZU METALS CORPORATION 2009).



Abb. 6-21 a und b: Die Ausmaße der zukünftigen Mine Aqqaluk und der Tagebau des Red Dog Main Deposits (TECK RESOURCES LTD. 2009a).

Lik ist ein 50:50 Joint Venture von Zazu Metals Corporation und Teck Resources Ltd. Da sich die Lik-Lagerstätte von Zazu im Süden auf das Su-Gelände von Teck weiter erstreckt, wird auch von der Su-Lik-Lagerstätte gesprochen (SCOTT WILSON ROSCOE POSTLE ASSOCIATES INC. 2009a).

6.2.1.4 Sonstige Metalle

Eine Auswahl bekannter, jedoch kaum explorierten Vorkommen (USGS Statustyp „propects“) anderer Metalle nördlich des Polarkreises in Alaska (Stand 2008) gibt Tab. 6-7.

6.2.2 Industrieminerale und Natursteine

Eine Auswahl bekannter, jedoch kaum explorierten Vorkommen (USGS Statustyp „propects“) von Industriemineralen und Natursteinen nördlich des Polarkreises in Alaska (Stand 2008) gibt Tab. 6-5.

	Name	Art der Mineralisation	Gebiet
Asbest	Dahl Creek Head	Asbestlinsen in Serpentin. Während des 2. Weltkriegs Abbau von 33 t Tremolit und 0,9 t Serpentin.	Northwest Arctic
Baryt	Nimiuktuk	Barytmineralisation mit geschätzten 1,36 Mio. t Baryt.	North Slope
	Frost	Kipushi-Typ Cu-Pb-Zn-Lagerstätte mit Barytlinsen (Einzelprobe: 96 % BaSO ₄ , 0,5 % Zn) in Karbonatgestein (Einzelprobe: 110 ppm As, > 100 ppm Cd, 230 ppm Sb, > 2.000 ppm Zn, 1 ppm Ag, 1.000 ppm Ba, 500 ppm Cu, 3.000 ppm Pb).	Northwest Arctic
Fluorit	Unnamed (east of Lupine River)	Viele Fluoritvorkommen von Mikrokristallen bis Fluoritgänge im Norden des Philip-Smith-Mountains-Planquadrats und Osten des Arctic-Planquadrats.	North Slope
Schmucksteine	Jade Mountain	Serpentinisierter Ultramafit mit Nephrit-Jade und Nephrit.	Northwest Arctic
	Kobuk River	Jadeseifen im Kobuk Valley National Park.	Northwest Arctic

Tab. 6-5: Bekannte, jedoch kaum explorierte Vorkommen von Industriemineralen und Natursteinen nördlich des Polarkreises in Alaska (USGS 2009a; USGS 2009c).

Location	Cut-off	Indicated Resources					Inferred Resources				
		Pb+Zn %	Short Tons x 106	Mio. t	Zn %	Pb %	Ag oz/t	Short Tons x 106	Mio. t	Zn %	Pb %
Lik South	5%	20,66	18,7	8,08	2,62	1,54	1,36	1,1	6,80	2,12	1,02
Lik North	7%						5,71	5,2	9,65	3,25	1,48
Total		20,66	18,7	8,08	2,62	1,54	7,07	6,3	9,10	3,03	1,39

Tab. 6-6: Ressourcenabschätzung der Lik-Lagerstätte (modifiziert von SCOTT WILSON ROSCOE POSTLE ASSOCIATES INC. 2009a).

Hauptrohstoff	Name	Art der Mineralisation	Region
Chrom	Christian River Chromium	Chromit in peridotitischen Gesteinen.	Yukon-Koyukuk
Antimon (+ Gold)	Smith Creek 1-4	Goldseifen mit Stibnit im Zufluss zum Nolan Creek.	Yukon-Koyukuk
	Kelty (Chandalar)	Au-Quarzgang nahe Little Squaw.	Yukon-Koyukuk
Molybdän, Wolfram	Bonanza	Skarnlagerstätte mit Scheelit und Molybdänit im Granitpluton.	Yukon-Koyukuk
Silber (+ Gold)	Summit (Chandalar)	Au-Quarzgänge nahe Little Squaw. Analysen von Einzelproben ergaben 0,5 – 6,6 ppm Au.	Yukon-Koyukuk
	Star Group (Chandalar)	Au-Quarzgänge nahe Mikado. Analyse einer Einzelprobe ergab 11 ppm Au.	Yukon-Koyukuk
Silber (+ Kupfer, Gold)	Venus (Chandalar)	Cu-Porphyr (0,1 – 0,2 % Cu, 0,31 ppm Au) mit Cu-Ag-Au-Skarn (1,5 – 6 % Cu, ~ 31,1 ppm Ag, 0,31 ppm Au).	Yukon-Koyukuk
	Evelyn Lee (Chandalar)	Cu-Skarn mit bis zu 10 % Cu und 254,1 ppm Ag.	Yukon-Koyukuk
	Silver King	Massivsulfid-Lagerstätte in Metamorphiten. Analysen von Einzelproben ergaben 8,2 % As, 8,3 ppm Au, 3,9 ppm Ag, 0,14 % Cu, 0,03 % Zn und 0,014 % Pb.	Yukon-Koyukuk
Silber (+ Zink, Kupfer)	Jerry Creek	Massivsulfid-Lagerstätte in Metamorphiten. Analysen von Einzelproben ergaben 0,72 % Cu, 2,15 % Zn und 12,4 ppm Ag.	Northwest Arctic
Silber (+ Zink, Blei)	Ann	Massive und disseminierte Sulfide in Schiefen. Analyse einer Einzelprobe aus den Massivsulfiden ergab 3,34 % Pb, 4,31 % Zn, 82,1 ppm Ag und 2,5 ppm Au.	Yukon-Koyukuk
	Io (Chandalar)	Zn-Pb-Skarn-Lagerstätte. Analyse einer Einzelprobe ergab 12,6 % Pb, 8,5 % Zn, 0,04 % Cu und 83 ppm Ag.	Yukon-Koyukuk
	Frog	Stratiforme Pb-Zn-Lagerstätte. Analysen von Einzelproben ergaben bis zu 30 % Zn, 7 % Pb und 31,1 ppm Ag.	Yukon-Koyukuk
	Buzz	Massive Zn-Pb-Sulfidmineralisation in Kalkstein. Analysen von Einzelproben ergaben 3,9 – 7,23 % Pb, 4,7 – 22,7 % Zn, 68 – 177 ppm Ag, 2,3 – 2,4 ppm Au, 6.480 – 10.000 ppm As, 531 – 2.000 ppm Sb und 1.451 – 1.509 ppm Cu.	Yukon-Koyukuk
Silber, Antimon (+ Gold)	Sukakpak Mountain	Quarz-Stibnit-Goldgänge in Kalkstein. Analysen von Einzelproben ergaben max. 27,2 ppm Au, 4,5 ppm Ag, 1,7 % Mo, 0,35 – 62 % Sb und 0,5 % Hg.	Yukon-Koyukuk
Wolfram	Lake Creek	Goldseifen mit Scheelit.	Yukon-Koyukuk
Wolfram, REE	Rye Creek	Goldseifen mit Scheelit und Monazit.	Yukon-Koyukuk

Tab. 6-7: Auswahl bekannter, jedoch kaum explorierter Vorkommen sonstiger Metalle nördlich des Polarkreises in Alaska (USGS 2009a; USGS 2009c).

Rohstoff	Projekt	Betreiber	Größe	Erzgehalt	Status	Größe der Lagerstätte (nach PETROW et al. 2008)
Dia- mant	Amaruk	Diamonds North Resources Ltd.	n. b.	2.850 Diamanten in 412,15 kg Probenmaterial	Exploration an 300 weiteren Zielobjekten geplant	n. b.
	Aviat	Stornoway Diamond Corp.	Potenzial (geschätzt): 24,1 – 40,3 Mio. ct in 12,4 – 16,0 Mio. t Kimberlit	235 ± 30 cpht (geschätzt)	Explorationsarbeiten sollen 2012 in Massenbeprobung übergehen	klein
	Darby	Teck Resources Ltd.	9 Kimberlitkörper, davon 5 diamantführend	n. b.	Exploration 2009 ausgesetzt	n. b.
Eisen	Mary River	Baffinland Iron Mines Corp.	Reserven: 365 Mio. t	64,7 % Fe	Förderbeginn (geplant): 2014	mittelgroß
	Roche Bay	Advanced Explorations Inc.	Ressourcen (vermutet): 357 Mio. t	28,1 % Fe	Bergwerksbau (geplant): 2011 – 2013	mittelgroß
Gold	Baffin Island	Commander Resources Ltd.	n. b.	n. b.	fortgeschrittene Exploration, Joint Venture mit AngloGold Ashanti	n. b.
	Committee Bay	CBR Gold Corp.	Ressourcen (angedeutet): 508.000 oz Au in 2,7 Mio. t Ressourcen (vermutet): 244.000 oz Au in 272.000 t	5,85 ppm Au bzw. 5,98 ppm Au	Prüfung der Abbauwürdigkeit	klein
	Hope Bay	Newmont Mining Corp.	Ressourcen (angedeutet & vermutet): 10 Mio. oz Au	n. b.	Bergwerksbau geplant	groß
Kupfer	High Lake	Minerals and Metals Group	Ressourcen: 17,2 Mio. t	2,25 % Cu, 3,35 % Zn, 69,75 ppm Ag, 0,95 ppm Au	Abbau momentan nicht wirtschaftlich	klein
Nickel- PGE	Muskox-Intrusion	Platinex Inc.	n. b.	n. b.	Weitere Explorationsarbeiten geplant	n. b.
Zink- Blei	Nanisivik	Breakwater Resources Ltd.	ehemalige Ressourcen: 17,9 Mio. t	9,0 % Zn, 0,7 % Pb, 35 ppm Ag	Mine 2002 geschlossen, Umgebung birgt Explorationspotenzial für weitere Lagerstätten	groß
	Polaris	Teck Cominco Ltd.	ehemalige Ressourcen: 20,1 Mio. t	13,4 % Zn, 3,6 % Pb	Mine 2002 geschlossen, Umgebung birgt Explorationspotenzial für weitere Lagerstätten	groß

Tab. 6-8: Zusammenfassung des Rohstoffpotenzials der kanadischen Arktis (soweit derzeit bekannt).

Rohstoff	Projekt	Betreiber	Größe	Erzgehalt	Status	Größe der Lagerstätte (nach PETROW et al. 2008)
Gold	Little Squaw (Chandler)	Goldrich Mining Company	Feingold-Ressourcen (gemessen & angedeutet): 242.774 oz	n. b.	Bergwerksbau geplant	klein
Kupfer-Poly-metalle	Arctic (Ambler)	NovaGold Resources Inc.	Ressourcen: 36,3 Mio. t	4,0 % Cu, 5,5 % Zn, 0,8 % Pb, 0,7 ppm Au, 54,9 ppm Ag	Metallurgische und Umweltverträglichkeitsvoruntersuchung für 2010 geplant	mittelgroß
	SUN (Ambler)	Andover Ventures Inc.	Ressourcen (historisch): 12,5 Mio. t	1,8 % Cu, 5,3 % Zn, 1,8 % Pb, 73,7 ppm Ag	weitere Explorationsarbeiten geplant	mittelgroß
Zink-Blei	Red Dog	Teck Resources Ltd.	Reserven (nachgewiesen & wahrscheinlich): 67,6 Mio. t	20,1 % Zn, 6,0 % Pb, 3,2 ppm Ag	voraussichtlich 2012 erschöpft	sehr groß
	Aqqaluk	Teck Resources Ltd.	Reserven (vermutet): 72,9 Mio. t	13,7 % Zn, 3,6 % Pb, 2 ppm Ag	Abbau 2010 in Betrieb genommen	sehr groß
	Hilltop	Teck Resources Ltd.	Reserven (wahrscheinlich): 9,6 Mio. t	17,8 % Zn, 5,5 % Pb, 3,6 ppm Ag	Tagebau möglich	groß
	Paalaaq	Teck Resources Ltd.	Ressourcen (möglich): 13 Mio. t	15 % Zn, 4,3 % Pb, 2,8 ppm Ag	Untertagebau möglich	groß
	Anarraaq	n. b.	Ressourcen: 17,2 Mio. t	15,8 % Zn, 4,8 % Pb, 17 ppm Ag	n. b.	groß
	Lik	Zazu Metals Corp.	Ressourcen (angedeutet): 18,7 Mio. t	8,08 % Zn, 2,62 % Pb, 1,54 ppm Ag	2010 positive vorläufige Bewertungsstudie, Mitte 2011 Start eines offensiven Explorationsprogramms	groß

Tab. 6-9: Zusammenfassung des Rohstoffpotenzials der US-amerikanischen Arktis (soweit derzeit bekannt).

6.3 Zusammenfassung des Rohstoffpotenzials der nordamerikanischen Arktis

Zurzeit gibt es fünf große in Betrieb befindliche Bergwerke in Alaska: Fort Knox, Greens Creek, Pogo, Red Dog und Usibelli, wobei nur Red Dog (Pb-Zn) nördlich des Polarkreises liegt. Im arktischen Nordkanada besteht gegenwärtig kein größerer Rohstoffabbau – für 2014 ist jedoch die Inbetriebnahme des Mary-River-Eisenerzprojekts geplant.

Sowohl Alaska wie auch Nordkanada sind reich an mineralischen Rohstoffen, wobei das Potenzial Nordkanadas das von Alaska noch übertrifft.

Während zahlreiche sehr große Metall- und Diamantlagerstätten südlich des Polarkreises liegen, wurden in der nordamerikanischen Arktis nördlich des Polarkreises bislang nur wenige große bis sehr große Lagerstätten entdeckt. Die Region ist eher durch eine Vielzahl an kleinen bis mittelgroßen Lagerstätten gekennzeichnet, was deren Erschließung wegen den schwierigen infrastrukturellen und klimatischen Gegebenheiten erschwert. Bei fortschreitender Exploration ist jedoch mit Entdeckung weiterer großer Rohstoffvorkommen zu rechnen. Einen Überblick über das spezifische Rohstoffpotenzial der kanadischen sowie der US-amerikanischen Arktis geben Tab. 6-8 und Tab. 6-9. eine zusammenfassende Bewertung der Rohstoffpotenzials der gesamten nordamerikanischen Arktis nach heutigem Stand gibt Tab. 6-10.

	kleinere Vorkommen	bauwürdige Vorkommen	bedeutende Vorkommen	Vorkommen von Weltrang
Eisen			NK	
Gold		NK, A		
Kupfer	NK	A		
Blei/Zink			NK, A	A
Indium				A*
Nickel	NK, A			
Mangan	NK, A			
Platingruppenmetalle	NK			
Chrom	NK, A			
Molybdän	NK, A			
Silber		NK, A		
Wolfram	NK, A			
Antimon	A			
Arsen	A			
Asbest	A			
Baryt	NK, A			
Phosphat	A			
Naturwerksteine	NK			
Jade	A			
Diamant		NK		

Tab. 6-10: Zusammenfassende Bewertung des Rohstoffpotenzials von Nordkanada und Alaska (soweit derzeit bekannt).
NK = Nordkanada, A = Alaska * = beibrechend

7 LITERATUR

- ADVANCED EXPLORATIONS INC. (2009): Operational summary. - URL: <<http://www.advanced-exploration.com/projects/rocheBay/operational/>> [06.01.2010].
- AGNICO-EAGLE MINES LIMITED (2010): Meadowbank. - URL: <<http://www.agnico-eagle.com/Our-Business/Operating-Mines/Meadowbank/default.aspx>> [16.04.2010].
- AKER KVAERNER (2006): Technical Report - Mary River Iron Ore Project. - URL: <http://www.baffinland.com/Theme/Baffinland/files/docs_investors/060516-ni-43-101-maryriver.pdf> [06.01.2010].
- ANDOVER VENTURES INC. (2007): SUN Property. - URL: <<http://www.andoverventures.com/projects/sun/alaska/>> [09.02.2010].
- BAFFINLAND IRON MINES COOPERATION (2007): Mary River Project - Photo Gallery. - URL: <<http://www.baffinland.com/MaryRiverProject/PhotoGallery/default.aspx>> [06.01.2010].
- BAFFINLAND IRON MINES COOPERATION (2009): Mary River Deposits Presentation. - URL: <http://www.baffinland.com/Theme/Baffinland/files/docs_presentations/Baffinland%20December%202009.pdf> [27.11.2009].
- BARKER, J. C., MURRAY, R. B., KEENER, J. O. & MARTIN, P. L. (2009): Evaluation of the Chandalar, Alaska Mining Property, April 15, 2009. - URL: <http://www.Goldrichmining.com/Files/chandalar/Chandalar_tech_rept_4_15_09.pdf>.
- BLEEKER, W. & HALL, B. (2007): The Slave craton: geological and metallogenic evolution. - In: GOODFELLOW, W. D. (Ed.): Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods. Special Publication 5: 849-879, Mineral Deposits Division, Geological Association of Canada.
- BUREAU OF STATISTICS (2010): NWT Gross Domestic Product by Industry. - URL: <<http://www.stats.gov.nt.ca/economy/gdp/index.otp>> [13.04.2011].
- CBR GOLD CORP. (2009a): CBR Gold Corp. Completes Resource Estimate, Initiates Scoping Study for Three Bluffs Deposit. - URL: <http://www.cbrgoldcorp.com/investors/news/index.php?&content_id=242> [25.02.2010].
- CBR GOLD CORP. (2009b): Committee Bay Gold Project. - URL: <http://www.cbrgoldcorp.com/project_areas/canada/committee_bay/> [24.02.2010].
- CBR GOLD CORP. (2009c): Photo Gallery - Committee Bay - Summer 2004. - URL: <http://www.cbrgoldcorp.com/photo_gallery/2005/> [24.02.2010].
- CHINA MINMETALS CORPORATION (2009): Minmetals Succeeds in OZ Minerals Deal. - URL: <http://www.Minmetals.com/english/detail.jsp?article_millseconds=1244708043688> [11.01.2010].
- COMMANDER RESOURCES LTD. (2006): Strom Project Summary. - URL: <http://www.commanderresources.com/i/pdf/Storm_Copper_Summary.pdf> [07.01.2010].
- COMMANDER RESOURCES LTD. (2007): Baffin Gold Project Technical Summary, Dec. 2007 -URL: <<http://www.commanderresources.com/i/pdf/BaffinIslandGoldProject.pdf>> [23.02.2010].
- COMMANDER RESOURCES LTD. (2009): Corporate Presentation - September 2009. - URL: <<http://www.commanderresources.com/i/pdf/CMDSept2009corporate.pdf>> [07.01.2010].
- CRANSTONE, D. A. (2002): A history of mining and mineral exploration in Canada and outlook for the future. - Natural Resources Canada, Minerals and Metals Sector; Ottawa.

- DCCED (2009): Alaska Mineral Industry. - Alaska Department of Commerce, Community and Economic Development (DCCED), Division of Economic Development, Mineral Development Fairbanks.
- DEPARTMENT OF ENERGY, MINES AND RESOURCES CANADA, (1974): The National Atlas of Canada. - Department of Energy Mines and Resources Canada; Ottawa.
- DEWING, K., SHARP, R. J. & TURNER, E. (2007a): Synopsis of the Polaris Zn-Pb district, Canadian Arctic Islands, Nunavut. - In: GOODFELLOW, W. D. (Ed.): Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods. Special Publication 5: 655-672, Mineral Deposits Division, Geological Association of Canada.
- DEWING, K., TURNER, E. & HARRISON, J. C. (2007b): Geological history, mineral occurrences and mineral potential of the sedimentary rocks of the Canadian Arctic Archipelago. - In: GOODFELLOW, W. D. (Ed.): Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods. Special Publication 5: 733-753, Mineral Deposits Division, Geological Association of Canada.
- DIAMONDS NORTH RESOURCES LTD. (2008): Amaruk. - URL: <<http://www.diamondsnorthresources.com/s/Amaruk.asp>> [13.01.2010].
- DIAMONDS NORTH RESOURCES LTD. (2009): Photo Gallery. - URL: <<http://www.diamondsnorthresources.com/flickr/gallery/#>> [13.01.2010].
- EAKINS, G. R., BUNDTZEN, T. K., LUECK, L. L., GREEN, C. B., GALLAGHER, J. L. & ROBINSON, M. S. (1985): Alaska mineral industry, 1984. - Alaska Division of Geological and Geophysical Surveys Special Report 38: 57.
- ECONPOST (2010): Alaska GDP size and rank. - URL: <<http://econpost.com/alaskaeconomy/alaska-gdp-size-rank>> [13.04.2011].
- GOLDER ASSOCIATES LTD. (2007): Technical Report - Roche Bay Magnetite Project. - URL: <http://www.advanced-exploration.com/_files/file.php?fileid=fileswJxMPVmeS&filename=file_golder_43_101.pdf> [06.01.2010].
- GOLDFARB, R. J. (1997): Metallogenic Evolution of Alaska. - In: Goldfarb, R. J. & Miller, L. D. (Eds.): Mineral Deposits of Alaska. Economic Geology Monograph 09: 483, Economic Geology Publishing Company.
- GOLDRICH MINING COMPANY (2009a): Chandalar, Alaska. - URL: <http://www.Goldrichmining.com/pages/prop_chan_over.htm> [27.01.2010].
- GOLDRICH MINING COMPANY (2009b): Project Highlights: Developing a New Gold Deposit in Alaska. - URL: <http://www.Goldrichmining.com/pages/prop_chan_highlights.htm> [19.02.2010].
- GOVERNMENT OF THE NORTHWEST TERRITORIES (2010): Explore Canada's Northwest Territories. - URL: <<http://www.gov.nt.ca/research/tourism/index.html>>.
- GOVERNMENT OF YUKON (2011): Yukon at a Glance. - URL: <<http://www.gov.yk.ca/aboutyukon/index.html>> [15.03.2011].
- HENDERSON, J. R., HENDERSON, M. N., KERSWILL, J. A. & DEHLS, J. F. (2000): Geology, High Lake Greenstone Belt, Nunavut, "A" Series Map 1945A. Geological Survey of Canada.
- HITZMAN, M. W., PROFETT, J. M., SCHMIDT, J. M. & SMITH, T. E. (1986): Geology and mineralization of the Ambler district, northwestern Alaska. - Economic Geology 81: 1592-1618.
- JACKSON, G. D. (2000): Geology of the Clyde-Cockburn Land Map Area North, Central Baffin Island, Nunavut. - Geological Survey of Canada, Memoir 440: 303.
- JACKSON, G. D. & BERMAN, R. G. (2000): Precambrian metamorphic and tectonic evolution of Northern Baffin Island, Nunavut, Canada. - The Canadian Mineralogist 38: 399 - 421.

- LYDON, J. W. (2007): An overview of the economic and geological contexts of Canada's major mineral deposit types. - In: Goodfellow, W. D. (Ed.): Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods. Special Publication 5: 3-48, Mineral Deposits Division, Geological Association of Canada.
- MET-CHEM CANADA INC. (2010): NI 43-101 Preliminary Economic Assessment Report For The Roche Bay Project, Nunavut, Canada. - URL: <<http://www.sedar.com/GetFile.do?lang=EN&docClass=24&issuerNo=00001053&fileName=/csfsprod/data104/filings/01544821/00000001/s%3A%5Caxi0310tr.pdf>> [23.03.2010].
- MIE METALS CORPORATION (2008): MIE Project. - URL: <<http://www.miemetals.com/splash/mie.htm>> [12.01.2010].
- MINERALS AND METALS GROUP (2009): Exploration. - URL: <<http://www.mmgroup ltd.com/pages/exploration.aspx>> [11.01.2010].
- NELSON, J. & COLPRON, M. (2007): Tectonics and metallogeny of the British Columbia, Yukon and Alaskan Cordillera, 1.8 Ga to the present. - In: Goodfellow, W. D. (Ed.): Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods. Special Publication 5: 755-791, Mineral Deposits Division, Geological Association of Canada.
- NORTHWEST TERRITORIES GEOSCIENCE OFFICE (2008): Northern Minerals Database (NORMIN). - URL: <<http://www.nwtgeoscience.ca/normin/>> [24.11.2009].
- NOVAGOLD RESOURCES INC. (2010): Ambler. - URL: <<http://www.novagold.com/section.asp?pageid=3360>> [27.01.2010].
- NRCAN (2007a): Canadian Minerals Yearbook 2007. - Natural Resources Canada; Ottawa.
- NRCAN (2007b): Overview of Trends in Canadian Mineral Exploration 2007. - Natural Resources Canada; Ottawa.
- NRCAN (2009a): Active and Closed Mines in Nunavut. - URL: <<http://atlas.nrcan.gc.ca/auth/english/maps/peopleandsociety/nunavut/mining/activeclosedmines/1>> [16.06.2010].
- NRCAN (2009b): The Atlas of Canada - Geological Provinces. - URL: <<http://atlas.nrcan.gc.ca/site/english/maps/environment/geology/geologicalprovinces/>> [07.12.2009].
- NRCAN (2009c): Mineral and Energy Resource Assessment of Proposed National Parks in Northern Canada. - URL: <<http://www.nrcan-rncan.gc.ca/mms-smm/poli-poli/gov-gov/mera-erme-eng.htm>> [19.04.2010].
- NRCAN (2010a): Exploration Information Bulletin - March 2010. - URL: <<http://www.rncan-nrcan.gc.ca/smm-mms/busi-indu/pdf/Exploration10Eweb.pdf>> [12.04.2011].
- NRCAN (2010b): GEM: Geo-mapping for Energy and Minerals. - URL: <http://gsc.nrcan.gc.ca/gem/index_e.php> [17.03.2010].
- NRCAN (2011): Exploration and Deposit Appraisal Expenditures, by Province and Territory, 2006 - 2011. - URL: <<http://mmsd.mms.nrcan.gc.ca/stat-stat/expl-expl/1-eng.aspx>> [12.04.2011].
- NUNAVUT BUREAU OF STATISTICS (2010): Nunavut Real Gross Domestic Product by Industry. - URL: <<http://www.eia.gov.nu.ca/stats/GDP/Realind/Nunavut%20Real%20GDP%20by%20Industry,%202000%20to%202009.pdf>> [13.04.2011].
- NUNAVUT GEOSCIENCE (2008a): Nunavut Overview 2008 - Mineral Exploration, Mining and Geoscience. - URL: <http://nunavutgeoscience.ca/eo/index_e.html> [24.11.2009].
- NUNAVUT GEOSCIENCE (2008b): Nunavut Overview 2009 - Mineral Exploration, Mining and Geoscience. - URL: <http://nunavutgeoscience.ca/eo/index_e.html> [23.02.2010].
- NUNAVUT GEOSCIENCE (2009): Nunavut Minerals Database (NUMIN.DB). - URL: <http://www.nunavutgeoscience.ca/numin_e.html> [24.11.2009].

- OFFICE OF THE HISTORIAN (2010): Purchase of Alaska, 1867. - URL: <<http://history.state.gov/milestones/1866-1898/AlaskaPurchase>> [12.04.2011].
- PETROW, O. W., MICHAILOW, B. K., KIMELMAN, S. A., LEDOWSKICH, A. A., BAWLOW, N. N., NEZHENSKII, I. A., WOROB'EW, J. J., SCHATOW, W. W., KOPINA, J. S., NIKOLAEVA, L. L., BESPALOW, E. W., BOIKO, M. S., WOLKOW, A. W., SERGEEV, A. S., PARSCHIKOWA, N. W. & MIRCHALEWSKAJA, N. W. (2008): Bodenschätze Russlands (in russ.). - Ministerium der natürlichen Ressourcen in der Russischen Föderation (VSEGEI); St. Petersburg.
- PLATINEX INC. (2008): Muskox Property. - URL: <<http://www.platinex.com/properties/muskox/index.htm>> [12.01.2010].
- PRIZE MINING CORPORATION (2004): Muskox Property. - URL: <<http://www.prizemining.com/s/MuskoxProperty.asp>> [12.01.2010].
- REED, I. M. (1938): Upper Koyukuk region, Alaska (Wiseman, Chandalar, and Bettles). - Miscellaneous Report 194-7, Alaska Territorial Department of Mines; Fairbanks.
- SCHMIDT, J. M. (1988): Mineral and whole-rock compositions of seawater-dominated hydrothermal alteration at the Arctic volcanogenic massive sulfide prospect, Alaska. - *Economic Geology* 83: 822-842.
- SCOTT WILSON ROSCOE POSTLE ASSOCIATES INC. (2009a): Technical Report and Mineral Resource Estimate on the Lik Deposit, Northern Alaska, U.S.A. (NI 43-101 Report). - URL: <<http://www.sedar.com/GetFile.do?lang=EN&docClass=24&issuerNo=00026045&fileName=/csfsprod/data99/filings/01427572/00000002/v%3A%5CACADEMY%5CNI43-101-ResEst-FINALJuly9-2009.pdf>> [19.01.2010].
- SCOTT WILSON ROSCOE POSTLE ASSOCIATES INC. (2009b): Technical Report On The Storm Copper Project. - URL: <<http://www.commanderresources.com/i/pdf/43-101-Technical-Report-Storm-Copper-Project.pdf>> [07.01.2010].
- SHERLOCK, R. L., LEE, J. K. W. & COUSENS, B. L. (2004): Geologic and Geochronologic Constraints on the Timing of Mineralization at the Nanisivik Zinc-Lead Mississippi Valley-Type Deposit, Northern Baffin Island, Nunavut, Canada. - *Economic Geology* 99, Nr. 2: 279-293.
- SILVERADO GOLD MINES LTD. (2009): Nolan Creek. - URL: <<http://www.silverado.com/projects/nolan-creek/>> [16.02.2010].
- ST. MARIE, J., KESLER, S. E. & ALLEN, C. R. (2001): Origin of iron-rich Mississippi Valley-type deposits. - *Geology* 29: 59-62.
- STATISTICS CANADA (2006): Census of Population. - URL: <<http://www12.statcan.ca/census-re-censement/2006/dp-pd/prof/92-591/details/Page.cfm?Lang=E&Geo1=PR&Code1=62&Geo2=PR&Code2=01&Data=Count&SearchText=Nunavut&SearchType=Begins&SearchPR=01&B1=All&Custom=>>> [07.04.2011].
- STORNOWAY DIAMOND CORPORATION (2009): Aviat. - URL: <<http://www.stornowaydiamonds.com/advanced/aviat/>> [13.01.2010].
- SUTHERLAND, R. A. & DUMKA, D. (1995): Geology of Nanisivik mine, N.W.T., Canada. - In: Misra-Luca, C. (Ed.): Carbonate-hosted lead-zinc-fluorite-barite deposits of North America, Guidebook Series 22. 4-12, Society of Economic Geologists.
- SZUMIGALA, D. J., HARBO, L. A. & HUGHES, R. A. (2009a): Alaska's Mineral Industry 2009. - Special Report 64, Division of Geological & Geophysical Surveys; Fairbanks.
- SZUMIGALA, D. J., HUGHES, R. A. & HARBO, L. A. (2009b): Alaska's Mineral Industry 2008. - Special Report 63, Division of Geological & Geophysical Surveys; Fairbanks.
- TECK COMINCO LTD. (2001): Drilling progress in the Anarraaq deposit area near Red Dog, Alaska - Press Release, December 5. - Teck Cominco Ltd; Vancouver.

- TECK RESOURCES LTD. (2009a): Red Dog Mine: The next 20 years, Operations Newsletter Fall 2009. - URL: <<http://www.teck.com/DocumentViewer.aspx?elementId=153893&portalName=tc>> [22.10.2010].
- TECK RESOURCES LTD. (2009b): Red Dog Operations Fact Sheet. - URL: <<http://www.reddogalaska.com/Generic.aspx?PAGE=Red+Dog+Site%2fMedia+Pages%2fFact+Sheet&portalName=tc>> [20.10.2010].
- THE MINING RECORD (2009): Successful Startup Of Gold Production At Chandalar. - The Mining Record, November 2009 120, Nr. 11.
- TUCHTENHAGEN, R.: Enzyklopädie des Europäischen Ostens - Nordpolarmeer. - URL: <<http://eeo.uni-klu.ac.at/index.php/Nordpolarmeer>> [15.03.2011].
- U.S. CENSUS BUREAU (2000): State & County QuickFacts, Alaska. - URL: <<http://quickfacts.census.gov/qfd/states/02000.html>> [12.04.2011].
- USGS (2002): Nolan Creek (Alaska Resource Data File). - URL: <http://tin.er.usgs.gov/ardf/show-ardf.php?ardf_num=WI101> [15.01.2010].
- USGS (2007): Arctic (Alaska Resource Data File). - URL: <http://tin.er.usgs.gov/ardf/show-ardf.php?ardf_num=AR025> [27.01.2010].
- USGS (2008): Sun (Alaska Resource Data File). - URL: <http://tin.er.usgs.gov/ardf/show-ardf.php?ardf_num=SP039> [09.02.2010].
- USGS (2009a): The Alaska Resource Data File. - URL: <<http://tin.er.usgs.gov/ardf/>> [24.11.2009].
- USGS (2009b): Alaska State Facts. - URL: <<http://www.usgs.gov/state/state.asp?State=AK>> [15.03.2011].
- USGS (2009c): Mineral Resources Data System (MRDS). - URL: <<http://tin.er.usgs.gov/mrds/>> [24.11.2009].
- USGS (2010): Red Dog (Mineral Resource Data System). - URL: <http://tin.er.usgs.gov/mrds/show-mrds.php?dep_id=10003157> [25.01.2010].
- WESTERMANN VERLAG (2008): Diercke Weltatlas. - Westermann Verlag; Braunschweig.
- YUKON BUREAU OF STATISTICS (2009): Yukon GDP by Industry 2008. - URL: <http://www.eco.gov.yk.ca/stats/pdf/gdp_2008.pdf> [13.04.2011].
- YUKON GEOLOGICAL SURVEY (2008): MINFILE Database. - URL: <<http://servlet.gov.yk.ca/ygsmin/index.do>> [24.11.2009].
- YUKON ZINC CORPORATION (2010): Wolverine Report. - URL: <<http://www.yukonzinc.com/documents/YukonZincNewsletterFeb2-2010.pdf>> [19.04.2010].
- ZAZU METALS CORPORATION (2009): Lik Project - Proposed Work Program. - URL: <http://www.zazumetals.com/s/LIK_Project.asp?ReportID=380832> [19.01.2010].



Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Deutsche Rohstoffagentur in der
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
Federal Institute for Geosciences and Natural Resources
Wilhelmstraße 25 – 30
13593 Berlin
Germany

Tel: +49 (0)30 36993 – 226
Fax: +49 (0)30 36993 – 100
E-Mail: kontaktbuero-rohstoffe@bgr.de
Internet: www.deutsche-rohstoffagentur.de

ISSN: 2193-5319