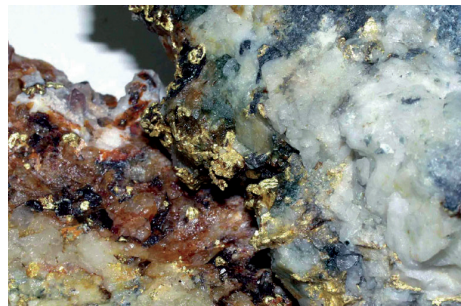


DERA Rohstoffinformationen



Das mineralische
Rohstoffpotenzial der
russischen Arktis



DERA Rohstoffinformationen

Das mineralische Rohstoffpotenzial der russischen 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

Autoren: Kulbaram Urazova, Peter Buchholz

unter Mitarbeit von: Elke Westphale
Redaktion und Layout: Elke Westphale
Titelbilder: Silver Bear Resources Inc., <http://tfi.chukotnet.ru>, Pacific Rim Geological Consulting Inc.

Stand: August 2011
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	11
5	GEOLOGIE UND METALLOGENIE	13
6	DAS MINERALISCHE ROHSTOFFPOTENZIAL	16
6.1	Stahlveredler	17
6.1.1	Nickel	17
6.1.2	Kobalt	19
6.1.3	Wolfram	19
6.1.4	Niob und Tantal	20
6.2	NE-Metalle	22
6.2.1	Aluminium und Bauxit	22
6.2.2	Blei und Zink	22
6.2.3	Kupfer	23
6.2.4	Zinn	24
6.3	Edelmetalle	26
6.3.1	Platingruppenmetalle	26
6.3.2	Gold	30
6.3.3	Silber	34
6.4	Sonstige Metalle	37
6.4.1	Antimon	37
6.4.2	Seltene Erden	37
6.5	Industrieminerale	39
6.5.1	Baryt	39
6.5.2	Diamanten	39
6.5.3	Fluorit	41
6.5.4	Phosphat	41
6.5.5	Steinsalz	41
6.5.6	Graphit	42
6.5.7	Glimmer	42
7	LITERATUR	43
	ANHANG	47

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.

Aktuell erscheinen Teilstudien zum mineralischen Rohstoffpotenzial von Nordamerika, Grönland, Nordskandinavien sowie zum mineralischen Rohstoffpotenzial der russischen Arktis. Alaska und die kanadischen Nordstaaten blicken auf eine lange Bergbautradition zurück. Auch heute trägt der Bergbausektor dort zu einem erheblichen Anteil zum Bruttoinlandsprodukt bei. Grönland als weltweit größte, weiterhin überwiegend von mächtigem Inlandeis bedeckte Insel, liegt Europa geographisch nahe und ist politisch und wirtschaftlich mit dem EU-Mitglied Dänemark eng verbunden. Das Rohstoffpotenzial ist insgesamt als hoch einzuschätzen. Nordskandinavien trägt bereits seit vielen Jahrzehnten zur Rohstoffversorgung Europas und damit auch Deutschlands bei. Norwegen, Schweden und Finnland sind bedeutende Förderländer von Metallerzen in der EU. Aufgrund der mit Nordskandinavien vergleichbaren geologischen Situation sowie der Nähe zur Europäischen Union wurde das Rohstoffpotenzial der Kola-Halbinsel bereits in der Teilstudie Nordskandinavien behandelt. Die russische Arktis östlich der Kola-Halbinsel, ist – von wenigen Ausnahmen abgesehen – noch weitgehend unbe-

rührt und unterexploriert. Aufgrund der geologischen Vielfalt der Region sind erhebliche Rohstoffpotenziale zu erwarten. Grundsätzlich ist jedoch anzumerken, dass die Informationsbasis zu Rohstoffvorkommen und Explorationsaktivitäten in der russischen Arktis – sowohl in der englisch- als auch russischsprachigen Literatur – gegenüber der übrigen Arktisregionen dürftig ist. Weitergehende Informationen müssten vor Ort recherchiert werden.

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.

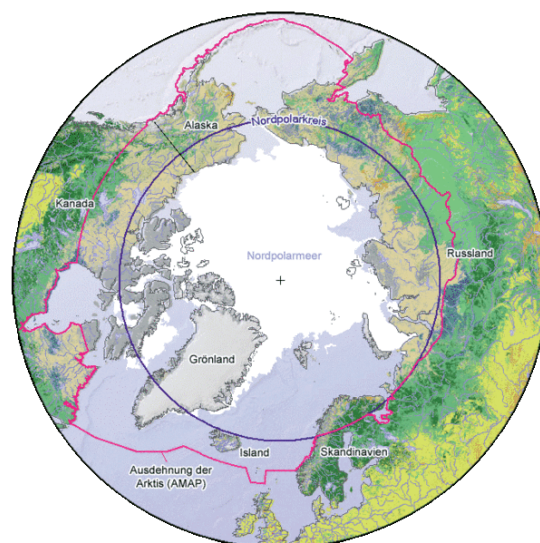


Abb. 1-1: Die Ausdehnung der Arktis. Schwarze Linie = Polarkreis, Rote Linie = Definition der Arktis nach Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Quelle: WIKIPEDIA.

2 EINLEITUNG

Die russische Arktis östlich der Kola-Halbinsel ist noch weitgehend unberührt und unterexploriert. Aufgrund der geologischen Vielfalt der Region sind erhebliche Rohstoffpotenziale bei mineralischen Rohstoffen und Energierohstoffen zu erwarten.

Neben dem begrenzten geologischen Erkundungsgrad der Region, der klimatischen Herausforderungen sowie der begrenzten Infrastruktur gibt es einige gesetzliche Hürden bei der Beteiligung ausländischer Unternehmen im Bergbausektor.

Das russische Berggesetz wurde 1992 neu verabschiedet und bildet die Grundlage für Investoren. Seit diesem Zeitpunkt wurde das Berggesetz mehrfach ergänzt und überarbeitet: Im Jahr 1995 wurde das Gesetz über „Production Sharing Agreements“ (PSA) zur stärkeren Anwerbung ausländischer Investitionen im Bergbau in Kraft gesetzt, 1999 folgte eine Überarbeitung des Berggesetzes. Im Jahr 2000 wurde das PSA-Gesetz ebenfalls überarbeitet. Insbesondere Fragen zum Erwerb und zur Nutzungsdauer von Lizenzen und die Übertragung und Verlängerung von Nutzungsrechten sowie die geologische und wirtschaftliche Bewertung von Lagerstätten standen weiterhin im Fokus der Diskussion (BAWLOW 2005).

Ein im Jahr 2008 in Kraft getretenes Gesetz (N 57-Φ3) zu den Verfahren von ausländischen Beteiligungen an Wirtschaftsunternehmen mit strategischer Bedeutung „zur nationalen Verteidigung und staatlichen Sicherheit“ schränkt beispielsweise Investitionen ausländischer Unternehmen im Bergbausektor stark ein (Russische Föderation 2008, 2009; LEVINE et al. 2010). Die Einschränkungen beziehen sich insbesondere auf Aktivitäten zu folgenden Lagerstätten und Vorkommen:

- für Uran, Diamanten, reinen Quarz, Seltene Erden, Nickel, Kobalt, Tantal, Niob, Beryllium, Lithium, Platinmetalle (PGM) mit mehr als 50 t Gold, 500.000 t Kupfer, 70 Mio. t Erdöl, 50 Mrd. m³ Erdgas, basierend auf der staatlichen Erhebung der mineralischen Rohstoffreserven vom 01.01.2006,

- die in Binnen- oder Küstengewässern oder auf dem russischen Kontinentalschelf gelegen sind,
- die auf Territorien der staatlichen Verteidigung oder Sicherheit liegen (Gesetz der Russischen Föderation „Zum Untergrund“ N 2395-1 vom 21.02.1992).

Das Gesetz betrifft alle ausländischen juristischen Personen auf dem Territorium der Russischen Föderation oder eine russische eingetragene juristische Person, die von einer ausländischen juristischen Person kontrolliert wird.

Nach diesem Gesetz kann Unternehmen mit ausländischer Kapitalbeteiligung der Zugang zu Lagerstätten und Vorkommen von staatlicher Bedeutung eingeschränkt werden. Der Staat hat beispielsweise das Recht, die Explorationslizenz zu widerrufen sowie das Erstfinderrecht (First Discovery Certificate) als auch die Abbaulizenz zu verweigern. Ferner verbietet das Gesetz eine entsprechende Lizenzübertragung von einem Unternehmen auf ein anderes mit ausländischer Kapitalbeteiligung. Darüber hinaus soll durch dieses Gesetz der staatliche Bestand von Rohstoffreserven für zukünftige Generationen gesichert werden.

Eine Liberalisierung dieses Gesetzes ist geplant (VEDOMOSTI 2011). Die Änderungen könnten dazu führen, dass ausländische Unternehmen eine Beteiligung an russischen Firmen, die strategische Rohstofflagerstätten besitzen, zu 25 % ohne staatliche Genehmigung eingehen dürfen. Diesbezügliche Entwicklungen sollten beobachtet werden.

In den nachfolgenden Kapiteln erfolgt eine auf Grundlage von Literaturrecherchen durchgeführte Beschreibung der bedeutendsten Lagerstätten und Explorationsprojekte der russischen Arktis, aufgeteilt nach Rohstoffen beziehungsweise Rohstoffgruppen. Eine Übersicht der wichtigsten Lagerstätten der Arktis, gegliedert nach Rohstoff, Vorratssituation, Produktion und historischem Bergbau findet sich im Anhang.

3 GEOGRAPHIE UND KLIMA

Politisch wird Russland in acht Föderationskreise gegliedert, die wiederum in Republiken, Regionen (Krai), Gebiete (Oblast), Autonome Gebiete, Autonome Kreise sowie Städte föderalen Ranges (Rayon) unterteilt sind. Das arktische und subarktische Gebiet Russlands umfasst geographisch folgende Föderations-Struktur (Abb. 3-1):

- Der nördlichen Teil der Republik Karelien und das Gebiet Murmansk mit dem angrenzenden Schelf des Weißen Meeres (u. a. Kola-Halbinsel, siehe Teilstudie Nordskandinavien);
- Das Gebiet Archangelsk sowie der Autonome Kreis der Nenzen, die Archipele Nowaja Semlja und Franz-Josef-Land sowie weitere Archipele mit den zugehörigen Schelfen der Barents- und Karasee;
- Der Autonome Kreis der Jamal-Nenzen mit den anliegenden Inseln und dem Schelf der Karasee;
- Der nördliche Teil der Region Krasnojarsk mit den Verwaltungsdistrikten Taimyr, Tassejewo und Rajon der Ewenken, den Städten Norilsk, Dudinka und Igarka sowie die Inseln und die entsprechenden Schelfteile der Kara- und der Laptew-See;
- Der nördliche Teil der Republik Sacha (Jakutien) mit den Verwaltungsdistrikten Anabar, Bulun, Ust-Jansk, Allaicha, Nishnekolymsk und die vorgelagerten Inseln und Schelfe der Laptewsee und Ostsibirischer See;
- Der Autonome Kreis der Tschuktschen und die zugehörigen Inseln und Schelfe der Ostsibirischen und Tschuktschensee.

Interessante Rohstoffvorkommen und -potenziale sind aus allen acht Föderationskreisen beschrieben.

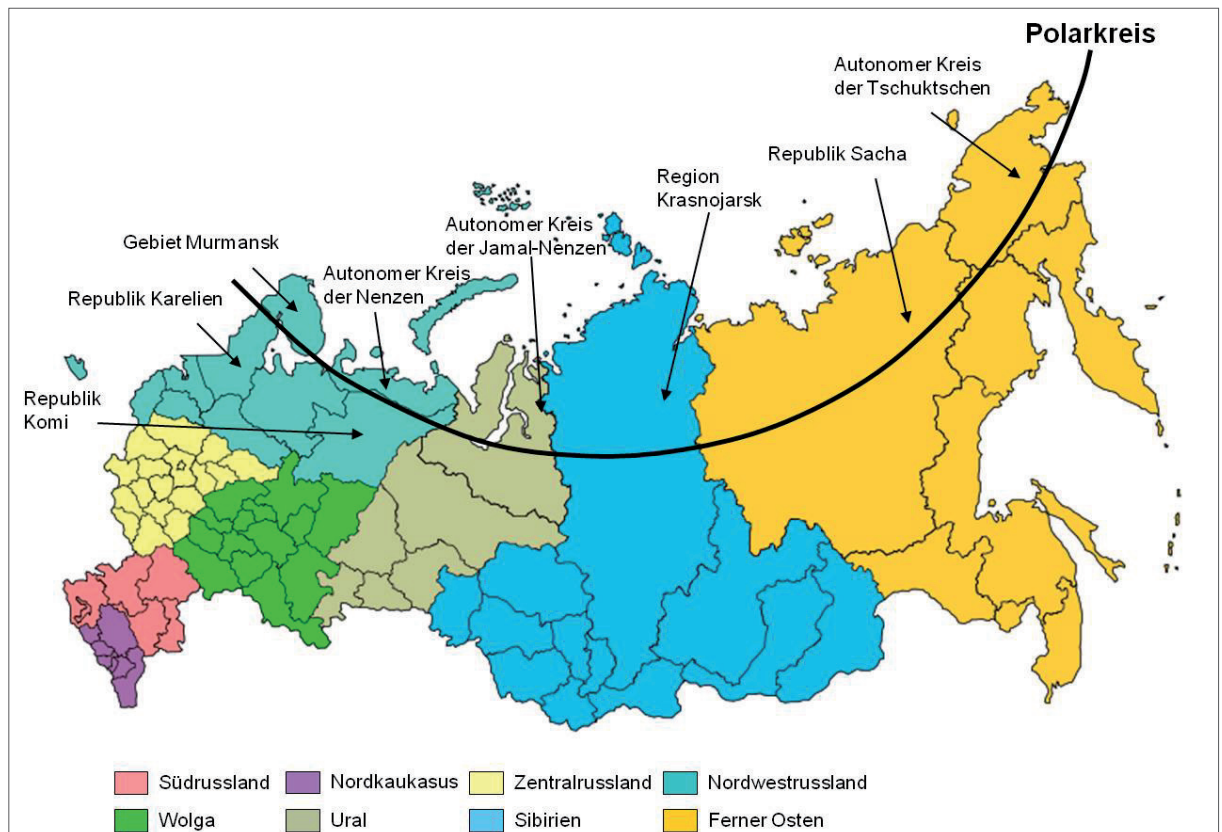


Abb. 3-1: Föderationsstruktur Russlands mit acht Föderationskreisen sowie weitere Unterteilung (verändert nach WIKIPEDIA 2011b).

Klimatisch sind der nördliche Bereich der russischen Arktis einschließlich der Inseln im Nordpolarmeer sowie der nördliche Teil der Taimyr-Halbinsel durch Kältewüsten der polaren Zone geprägt. Neben dem kalten Klima mit Permafrost und Temperaturen unter -50 °C , vereinzelt bis unter -70 °C (Werchojansk, Sacha), sind der bis zu einem halben Jahr dauernde Polartag beziehungsweise die Polarnacht ein besonderes Kennzeichen der polaren Zone.

Südlich der polaren Zone und nördlich des Polarkreises schließt das etwa 200 km bis zu 800 km breite Subpolargebiet mit Tundrenklimaten an. Das lebensfeindliche Gebiet ist häufig durch Permafrost geprägt, die Vegetationsperiode beträgt maximal zwei bis vier Monate.

Südlich davon schließt die gemäßigte Zone mit kaltgemäßigten Klimaten wie dem kaltkontinentalen Klima der sibirischen Taiga an. Die Vegetation umfasst borealen Nadelwald (Taiga), Waldtundra und Moore. In den zwei bis drei Sommermonaten steigen die Temperaturen auf maximal $+10\text{ °C}$ an und fallen im Winter in der Regel auf -40 °C . Die Erkundung des mineralischen Rohstoffpotenzials der russischen Arktis sowie die Errichtung potenzieller Bergwerke stehen bereits aus klimatischen Gründen vor enormen Herausforderungen.

4 BERGBAU UND UMWELT

In Anbetracht der Größe des russischen Reichs wurden frühe geologische Kartierungen seit der Zeit von Zarin Katharina II. im 18. Jahrhundert bis in das 19. Jahrhundert hinein nur fragmentarisch durchgeführt (SARTISSON 1900). Für die Entwicklung des Bergbaus in der russischen Arktis war und ist die Entdeckung und Erschließung von Rohstoffvorkommen im 20. Jahrhundert maßgeblich.

Erste ausführliche Berichte zum Rohstoffpotenzial der russischen Arktis stammen von MOOR (1940; MOOR et al. 1940), MOLDOWANZEW & SERGIEWSKII (1940) sowie von OBRUTSCHEW (1940), der vor allem die nördlichen Teile Russlands untersuchte. Infolge dieser Untersuchungen wurde die kontinentale russische Arktis in drei Regionen eingeteilt: eine westliche – zwischen Pechora und dem Jenissei Fluss gelegene Region, eine zentrale – vom Jenissei bis zum Lena Fluss reichende Region und eine östliche Region (SAFNOV 2010). Eine umfassende Kartierung setzte erst spät in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts ein.

Vor dem Zweiten Weltkrieg fand nach vorliegender Recherche eine Rohstoffförderung vor allem in den Lagerstätten Norilsk (Cu, Ni, Pt/Pd), Nogoskoe (Graphit) und Norwik (Halt, B) statt (Anhang). Unter der stalinistischen Herrschaft und darüber hinaus, insbesondere in der Zeit von 1934 bis 1960, existierten sowjetische Zwangsarbeiterlager, die sogenannten GULags, in denen politische und kriminelle Gefangene arbeiteten. Diese Lager wurden in klimatisch schwierigen Gebieten mit wirtschaftlichem und strategischem Interesse angesiedelt, so auch in Bergbaugebieten wie in Norilsk oder Kolyma. Später migrierten Arbeiter aufgrund finanzieller Anreize in diese Gebiete. Der Schwerpunkt der Exploration lag in den Gebieten von Norilsk, Verkhoyansk-Kolyma (alluviales Gold), der Chukchi-Halbinsel (Au, Sn, W) sowie in Westsibirien und im Timan-Pechora-Becken (Erdöl, Erdgas), im Petschora-Becken (Steinkohle), in Norilsk (Kupfer, Nickel und Platin) sowie in der Sacha Republik (Gold, Diamanten). Der Rohstoffboom in der Arktis führte hierbei zum Wachstum der Städte Kirovsk

und Apatity auf der Kola-Halbinsel, von Norilsk, Tjumen, Urengoi, Chanty-Mansisk und Mirnyi in Sibirien.

Heute sind die aus rohstoffwirtschaftlicher Sicht wichtigsten Regionen der russischen Arktis: Karelisch-Kola (Ni-Pt-Apatit), West-Sibirien (Erdöl, Erdgas), Taimyr-Norilsk (Ni-Pt) und Sacha (Diamanten). Gebiete mit hohem Lagerstättenpotenzial sind unter anderem Barenz-Kara (Kohlenwasserstoffe) und Kanin-Timan (Bauxit, Diamanten). Aufgrund der Finanzmarktkrise im Jahr 2008/2009 wurden zahlreiche kleine und mittelgroße Bergbaubetriebe in der russischen Arktis insolvent (DODIN 2005). Um eine Verbesserung im Bergbausektor herbeizuführen, sind in einigen Republiken der Russischen Föderation Steuerbefreiungen für die Bergbauindustrie geplant, wie z. B. in der Sacha Republik für die Zinnengewinnung. Die derzeitigen wichtigsten Rohstoffproduzenten der russischen Arktis sind die Firmen Gazprom, Lukoil, Norilsk Nickel, Yukos, Rosneft und Alrosa (DODIN et al. 2008). Für die Untersuchung des Rohstoffpotenzials der russischen Arktis ist das staatliche Institut VNII Okeangeologia in St. Petersburg wesentlicher Ansprechpartner.

Aufgrund der schwierigen Zugangssituation des arktischen Nordens ist die systematische Rohstofferkundung und -Förderung nicht sehr weit fortgeschritten. Durch die relativ geringe Dichte der Bergwerke im Norden sind die akkumulierten Umweltauswirkungen dieser Industrie noch relativ gering. Ausnahmen bilden die in der arktischen Region angesiedelte metallurgische Industrie im Gebiet Norilsk sowie der sibirische Abbau von Goldseifen. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund brisant, dass die Ökosysteme des Nordens aufgrund der geringen Biodiversität eine niedrige Toleranzschwelle gegenüber äußeren Einflüssen aufweisen.

In Norilsk wurde in den 20er und 30er Jahren des 20. Jahrhunderts der größte Bergbau- und Hüttenkomplex in der sibirischen Arktis aufgebaut. Auf-

grund der ungefilterten Hüttenemissionen gehörte die Stadt Noril'sk lange Zeit zu den von Luftverschmutzung am stärksten betroffenen Städten der Welt. Neben der Luftverschmutzung mit Schwefeldioxid, die zu saurem Regen und Smog auch in beträchtlicher Entfernung zu dem Hüttenkomplex führt, wurden über lange Zeiträume auch schwermetallhaltige Feinstäube emittiert, die sich besonders in der Umgebung des Hüttenkomplexes absetzten (Abb. 4-1). Die Emissionen von Industrieabwässern aus dem Bergbau-, Aufbereitungs- sowie Hüttenbetrieb führten ebenfalls zu einer starken Verschmutzung der Oberflächengewässer.

Seit der Privatisierung des ehemaligen Staatsbetriebes Anfang der 1990er Jahre versucht das Bergbauunternehmen Noril'sk Nickel, durch Investitionen

in technologische Innovationen die Umweltbelastungen zu vermindern. Die Anpassung der Umweltsituation an die aktuell gültigen russischen Umweltstandards soll 2015 abgeschlossen sein.

Beträchtliche Umweltzerstörungen in der Polarregion Sibiriens und des Russischen Fernen Ostens fanden auch durch den Seifengoldbergbau statt; hier vor allem in den Flussregionen der Lena und der Kolyma. In diesen Regionen wird schon seit über zwei Jahrhunderten Gold aus alluvialen Seifen gewonnen. Das Goldausbringen ist hierbei meistens sehr niedrig und die Abwesenheit von staatlicher Aufsicht hat in vielen Fällen dazu geführt, dass abgebaute Flächen, zumindest in der Vergangenheit, landschaftlich nicht rekultiviert wurden.

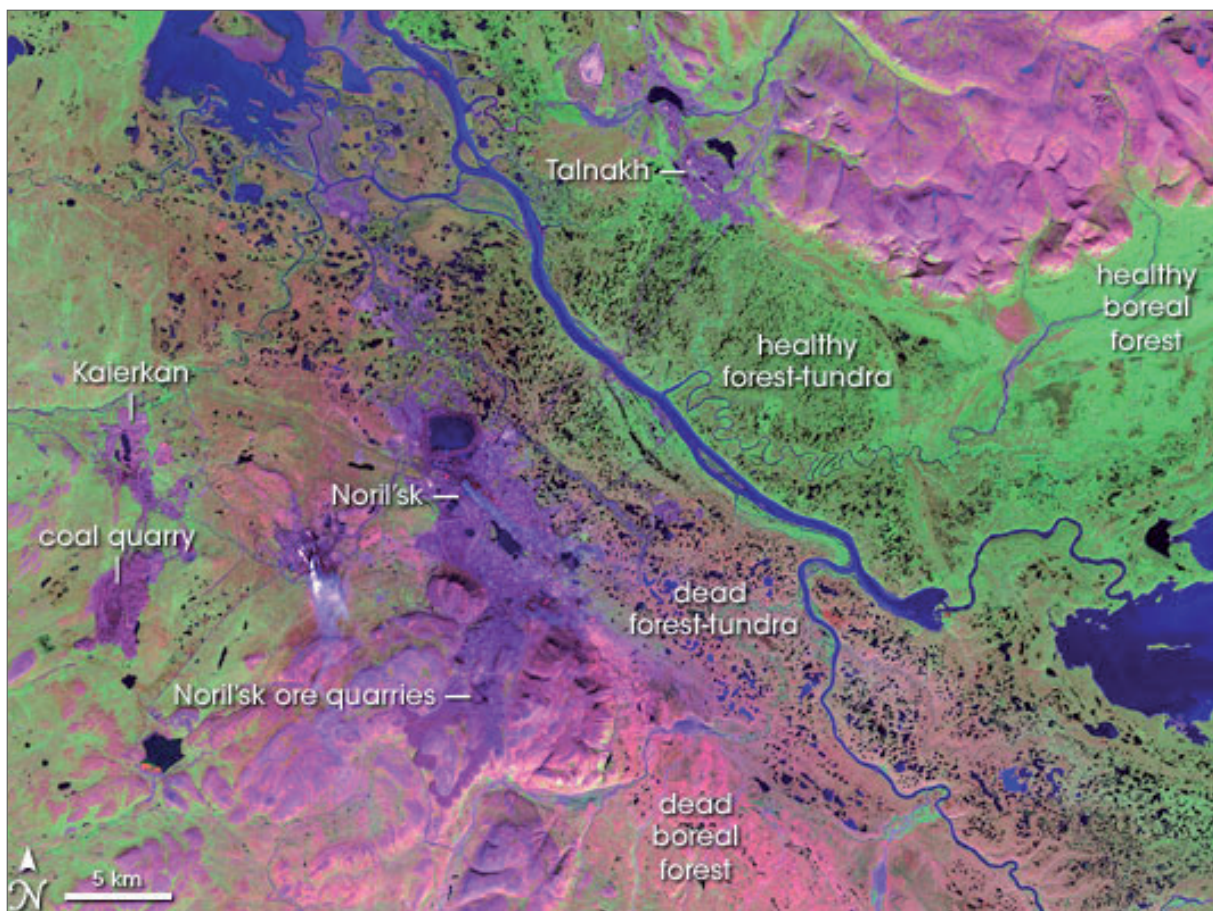


Abb. 4-1: Satellitenbild von Noril'sk mit dem südlich davon gelegenen Bergbaudistrikt und Schädigung der Umwelt durch Emissionen aus dem Hüttenkomplex Noril'sk. Quelle: WIKIPEDIA.

(Falschfarbenbild von Noril'sk und Umgebung. Rosa und lila Farbschattierungen indizieren auf vegetationslose Flächen wie Fels, städtische Bebauung oder Bergwerke und Halden und zum anderen auch Flächen mit Umweltschädigungen. Hellgrün zeigt hauptsächlich einen noch gesunden Tundra-borealen Wald. Blauweiße Rauch- und Dampffahnen aus Schornsteinen der Industrie ziehen in südöstliche Richtung. Blau gibt Wasserflächen wieder. Die blassrosa Gebiete im Süden der Stadt Noril'sk deuten auf moderat bis stark geschädigte Ökosysteme hin. Datum der Aufnahme: 9. August 2001 (NASA 2010)).

5 GEOLOGIE UND METALLOGENIE

Die russische Arktis ist nach Genese und Alter komplex geologisch aufgebaut und damit besonders günstig für eine Vielzahl von Rohstoffvorkommen. Sie umfasst präkambrische Kristallingebiete wie den osteuropäischen und sibirischen Kraton (Russische und Sibirische Tafel), Faltengürtel frühproterozoischen sowie phanerozoisch-känozoischen Alters und überlagernde vulkano-sedimentäre und sedimentäre Deckgesteine. Begleitet wird diese Geologie durch eine komplexe Bruch- und Falten tektonik sowie orogenen, intrakontinentalen aber auch subduktionsgebundenen Magmatismus (DODIN et al. 2007).

Der präkambrische Baltische Schild (Kola-Halbinsel und Karelien) umfasst den östlichen Teil der europäischen Arktis und ist aufgrund umfassender geologischer Untersuchungen und gut entwickelter Infrastruktur gut erkundet. Er besteht aus archaischen Granitoiden mit Ni/Co- und Mo-Mineralisationen sowie aus proterozoischen basisch-ultrabasischen Intrusionen (Kola- und Kareliengürtel) mit Ni-Cu- und Titanomagnetitlagerstätten. Während variszischer Zeit intrudierten bevorzugt entlang tektonischer Lineamente Alkaligesteine mit Apatit-Nephelin-Lagerstätten (Typ Chibine), Seltene-Metall-Magmatite und Karbonatite (DODIN et al. 2007, BAUMANN & TISCHENDORF 1976). Wesentliche Lagerstätten in überlagernden Deckgesteinen sind: Phosphorit in jurassischen und kretazischen Sedimentgesteinen, Diamantenseifen im Gebiet des Weißen Sees ca. 500 km nördlich von Moskau sowie titanhaltige Seifen und Bauxit in Timan im Nordwesten der Republik Komi.

Der sibirische Kraton mit einer Fläche von 650.000 km² setzt sich im arktischen Teil aus dem präriphäischen Anabarschild, der riphäisch-mesozoischen Tungus-Syncline im Westen und der Olenek-Antikline im Osten zusammen. Archaische Gesteine führen gebänderte Eisenerzformationen und enthalten metamorphe Korund-, Graphit- und Sillimanitvorkommen. Proterozoischen Gabbro-Norit-Intrusionen und jüngere Granitoide führen Au-, Cu-Mo- sowie Pb-Zn-Lagerstätten. Weiterhin sind jüngere Intrusiva von hoher metallogeneti-

scher Bedeutung. Letztere sind zum Beispiel die differenzierten ultrabasisch-basischen permotriassischen Intrusionen (Trapp-Magmatismus) Westsibiriens mit einzigartigen triassischen Cu/Ni- und Pt/Pd-Lagerstätten in der Norilsk-Region. Entlang großer Bruchzonen der sibirischen Plattform treten Kimberlite und alkalisch-ultrabasische Gesteine in der Sacha Republik (Diamanten) sowie Karbonatite (Seltene Erden, seltene Metalle) auf. In den paläozoischen und mesozoischen Deckgebirgssedimentgesteinen liegen Salz-, Phosphorit-, Kohle- und Erdöl-Erdgas-Lagerstätten.

Die Faltengebirge unterscheiden sich durch ihr Alter mit überwiegend baikalischen (Wendium-Kambrium), herzynischen (Karbon-Perm) und früh- und spätkimmerischen (alpidischen, Jura-Kreide) Strukturen. Die ältesten baikalischen Strukturen sind durch hohen Metamorphosegrad gekennzeichnet. Hierzu gehören die Timanzone, die Rybatschii- und Kanin-Halbinsel, Taimyr und die Sewernaja-Semlja-Insel in der Region Krasnojarsk und die Wrangel Insel im Autonomen Kreis der Tschuktschen. Über das Rohstoffpotenzial ist wenig bekannt.

Die arktischen Herzyniden befinden sich im Polar- und Subpolar-Ural, der Taimyr-Sewernaja-Semlja-Zone und im Nordosten Asiens in der Ljachowsko-Jushnoanjui-Zone. Im Faltengebirge des Ost-Urals liegen Vorkommen von Buntmetallen und Bauxit, im Zentral-Ural Vorkommen von Buntmetallen mit Gold sowie von sedimentgebundenen Kupfervorkommen und Baryt, im West-Ural Vorkommen von Blei-Zink und sedimentgebundene Kupferlagerstätten sowie die Lagerstätten von Braun- und Steinkohle (Petschora Kohlebecken, nördlicher Teil der Republik Komi). Einige Intrusiva, zum Teil als Skarnlagerstätten ausgeprägt, führen Titan-, Kupfer- und Eisenerze. Die Sewernaja-Semlja-Taimyr-Herzyniden sind aus terrigenen Karbonatgesteinen und ordovizisch magmatischen, basischen Syeniten sowie spätpaläozoischen Granitoiden aufgebaut. Dort befinden sich Lagerstätten mit Buntmetallen, Silber und Gold.

Die frühkimmerischen Falteingürtel sind in der russischen Arktis wenig verbreitet. Sie liegen in den Gebieten von Pai-Choi, Waigatsch, der Insel Nowaja Semlja und im Südtaimyr. In diesen Gebieten sind sie jedoch für Vorkommen von Buntmetallen, Kupfer, Mangan, Eisen, Kupfer-Nickel, Gold, Molybdän, Bauxit(?), Fluorit und Gips sehr wichtig. Die Spätkimmeriden erstrecken sich vom Lena Fluss im Westen bis zur Tschukotka-Halbinsel im Osten. Die Faltungsphase dauerte vom Jura bis in die frühe Kreidezeit und war von komplexen tektonischen und magmatischen Aktivitäten begleitet. Die größte Verbreitung haben kontinentale Sandstein-Schiefer-Schichten mit einer Mächtigkeit von 5 bis 8 km. Intrusivgesteine sind sehr verschiedenartig zusam-

mengesetzt, wobei Granitoide überwiegen. An die Spätkimmeriden sind Vorkommen von Gold, Silber, Mangan, Buntmetall, Kupfer, Zinn, Wolfram und Molybdän gebunden.

Bedeutende jüngere tektono-magmatische Aktivitäten befinden sich meist im Nordosten Russlands (der Ochoto-Tschukotka vulkanogene Gürtel). Verbreitet sind ferner spätpaläozoische und postpaläozoische Riftsysteme sowie riftähnliche Strukturen.

Tabelle 5-1 enthält eine Zusammenstellung des Rohstoffpotenzials und Vererzungen in den geologischen Strukturen der russischen Arktis.

Präriphäisches kristallines Fundament (AR2 – PR1)	Faltenregionen (PR2 – K1)	Deckgesteine der älteren Plattformen (PR2 – K1)	Zonen mit tektono-magmatischen Aktivitäten in alten Plattformen (D3 – C1) und Faltenregionen (P2 – T1)	Mittel- (PZ1 – P1) bis spätpaläozoische bis känozoische (P2 – KZ, K2 – KZ) Gesteine	Verwitterung und Akkumulation, Lockersedimente (vorwiegend KZ)
Fe-Quarzite, Keramik- und Alumosilikatrohstoffe, Cu, Ti, PGM, Gold u. a.	Cu, Ni, Cr, Ti, PGM u. a. (in den älteren Formationen)	Phosphorit, Kohle (Mn/Fe) u. a.	Diamanten, Apatit, Cu-Ni-Erze, TR, PGM	Fossile Energierohstoffe, Phosphorit	Seifen von Au, Sn, Diamanten, Ti u. a. (fossiles Elfenbein)
	Pb, Zn, Au, (Ag), Sn, (W), Cu, Mo (in den jüngeren Formationen)		Au (Ag), Hg, (Sb)		

Tab. 5-1: Rohstoffpotenzial der russischen Arktis und geologische Struktur (DODIN et al. 2007).

6 DAS MINERALISCHE ROHSTOFFPOTENZIAL

Die russische Arktis ist neben Energierohstoffen reich an Eisen-, Bunt-, Edelmetallen, seltenen Metallen und Düngemittelrohstoffen sowie an Edel- und Halbedelsteinen. In den Gebieten der

Kola-Halbinsel, von Taimyr, Tschukotka, Sacha und Norilsk liegt ein Großteil der russischen Reserven: Platinoiden (98 – 99 %), Diamanten (98 %) Apatit (90 %), Nickel (85 – 90 %), seltene Metalle und

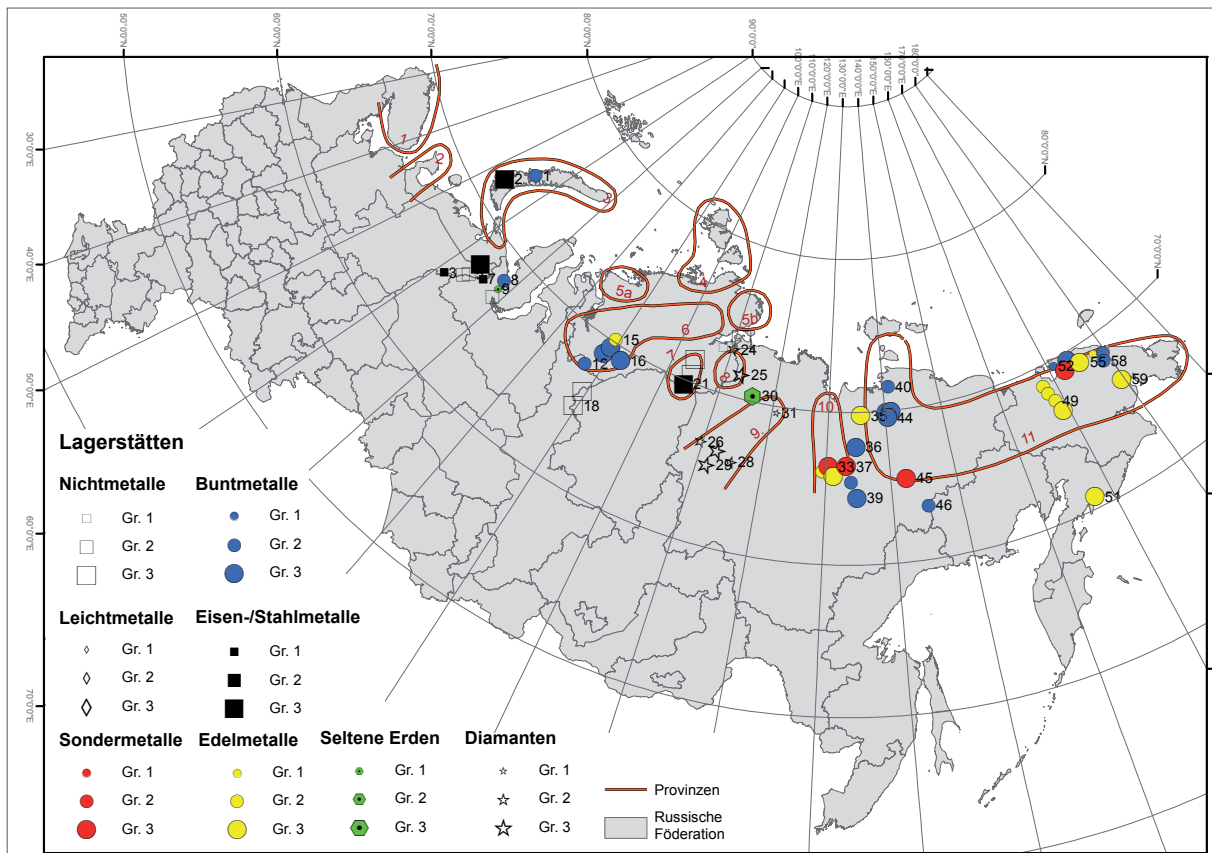


Abb. 6-1: Verteilung bedeutender Lagerstätten von mineralischen Rohstoffen und metallogenetische Provinzen in der russischen Arktis (nach DOBREZOV & POLIKHILENKO 2009, ILLYN et al. 1992 und eigene Recherchen, siehe auch Anhang 1).

Metallogenetische Provinzen:

1 – Kola (Apatit-Titan-seltene Metalle-Platin-Nickel); 2 – Kanin-Timan (Bauxit-Diamanten); 3 – Pai-Choi-Nowaja Semlja (Fluorit-Mangan-Buntmetalle); 4 – Taimyr-Nowaja Semlja ((Platin)-Gold); 5 Taimyr (5a – West Taimyr 5b – Ost Taimyr) (Nickel-Platin-Buntmetalle); 6 – Taimyr-Norilsk (Kupfer-Kobalt-Platin-Nickel); 7 – Maimetscha-Kotui (Phlogopit-Platin-Apatit-Eisen); 8 – Anabar ((Uran)-(Platin)-Diamanten-seltene Metalle-Eisen) und Udshin (Eisen-Apatit-seltene Metalle); 9 – Jakutien (Diamanten); 10 – Werchojansk (Silber-Buntmetalle); 11 – Jana-Tschukotka (Antimon-Quecksilber-Silber-Zinn-Gold).

Lagerstätten:

1 – Pawlowskoe; 2 – Rogatschewskoe; 3 – Parnokskoe; 4 – Cholinskoe; 5 – Woischorskoe; 6 – Rai-Iz; 7 – Jun-Jagin; 8 – Saurei; 9 – Longot-Jugan, Taikeu, u. a.; 10 – Laborowskoe; 11 – Sofronowskoe; 12 – Grawiiskoe; 13 – Norilsk I; 14 – Oktjabrskoe; 15 – Imangda; 16 – Talnach; 17 – Kureiskoe; 18 – Noginskoe; 19 – Gulinskoe; 20 – Yraas; 21 – Magan, Essei; 22 – Belogorskoe; 23 – Norwik; 24 – Popigai-Udarnyi; 25 – Ebeljach; 26 – Aichal; 27 – Udatschnyi; 28 – Sarniza; 29 – Jubileinaja; 30 – Tomtor; 31 – Molodo; 32 – Mangaseisky; 33 – Swesdotschka; 34 – Prognos; 35 – Küchus; 36 – Ulachan-Egeljach; 37 – Sentatschan; 38 – Ilintas; 39 – Agytki; 40 – Tschurpun'ja; 41 – Deputatskoe; 42 – Odinoekoe; 43 – Gal-Chaja; 44 – Tirintjach; 45 – Sarylach; 46 – Kester; 47 – Karalweem; 48 – Dwoinoe; 49 – Wodorasdelnoe; 50 – Kupol; 51 – Lewtyrinywajam; 52 – Walkumei; 53 – Pyrkakai; 54 – Sapadno-Paljam; 55 – Maiskoe; 56 – Sowinoe; 57 – Swetloe; 58 – Iultin; 59 – Walunistoe.

Seltene Erden (95 %), Silber (80 %), Aluminium (80 %), Quecksilber (68 %), Antimon (67 %), Kupfer (60 %), Zinn (55 %), Wolfram (mehr als 50 %) sowie Gold und Kobalt (ARKTIS – ANTARKTIS 2010, DODIN 2009). Aufgrund der vielfältigen Geologie und zum Teil hoher Gehalte im Erz in bekannten Ressourcen sind große Rohstoffpotenziale vorhanden, die zur Erschließung neuer Rohstoffreserven führen können.

Nach Auffassung russischer Geologen existiert eine absteigende Reihenfolge mineralischer Rohstoffe in der Arktis hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Bedeutung: Nickel → Diamanten → PGM → Phosphor → die Seltene Erden und seltene Metalle → Gold → Kupfer → Kobalt → Antimon → Zinn → Quecksilber, Wolfram u. a. (DODIN et al. 2007). Eine Verteilung der größten Lagerstätten in der russischen Arktis zeigt Abb. 6-1.

6.1 Stahlveredler

6.1.1 Nickel

Die Russische Föderation verfügt weltweit über die größten Nickelvorräte. Drei wirtschaftlich bedeutende Typen sind zu unterscheiden:

- magmatische, sulfidische Lagerstätten mit Kobalt, Platingruppemetallen, Gold, Selen, Tellur u. a. (89 – 90 % der russischen Reserven),
- lateritische Lagerstätten mit Kobalt (10 – 11 % der russischen Reserven),
- hydrothermale Antimon-Nickel-Kobalt führende Lagerstätten (unbedeutend).

In der russischen Arktis ist außerhalb der Kola-Halbinsel das Norilsk Gebiet als wichtigstes Vor-

Lagerstätte Abbaubeginn	Kupfer A – C ₂ in 1.000 t	Nickel A – C ₂ in 1.000 t	Kobalt	Platin und PGM (t)
Norilsk I 1936	groß 1.718	groß	sehr groß	sehr groß 2.368
Norilsk II 1965	klein	klein	sehr groß	sehr groß
Talnach 1965	gigantisch groß 10.996	gigantisch groß	sehr groß	sehr groß 4.652
Oktjabrskoe 1974	gigantisch groß 22.563	gigantisch groß	gigantisch groß	groß 6.154
Maslowskoe	groß 1.122	groß 728	groß 34	groß Pt: 388, Pd: 1.003
Tschernogorskoe	mittelgroß	groß	mittelgroß	groß
Sub-Markscheider	klein	klein	klein	groß
Imangda	klein	klein	klein	groß
gigantisch groß	> 10.000	> 10.000	> 200	> 10.000
sehr groß	5.000 – 10.000	5.000 – 10.000	50 – 200	1.000 – 10.000
groß	700 – 5.000	300 – 5.000	15 – 50	10 – 1.000
mittelgroß	200 – 700	100 – 300	2 – 15	1 – 10
klein	bis 200	100	2	1

Tab. 6-1: Reserven und Reservenklassifikation der Lagerstätten im Gebiet von Norilsk (verändert nach STAATLICHE GEOLOGISCHE KARTE 2000 – 2001, LISTE R-(45)-47-Norilsk und MICHAÏLOV et al. (2008))

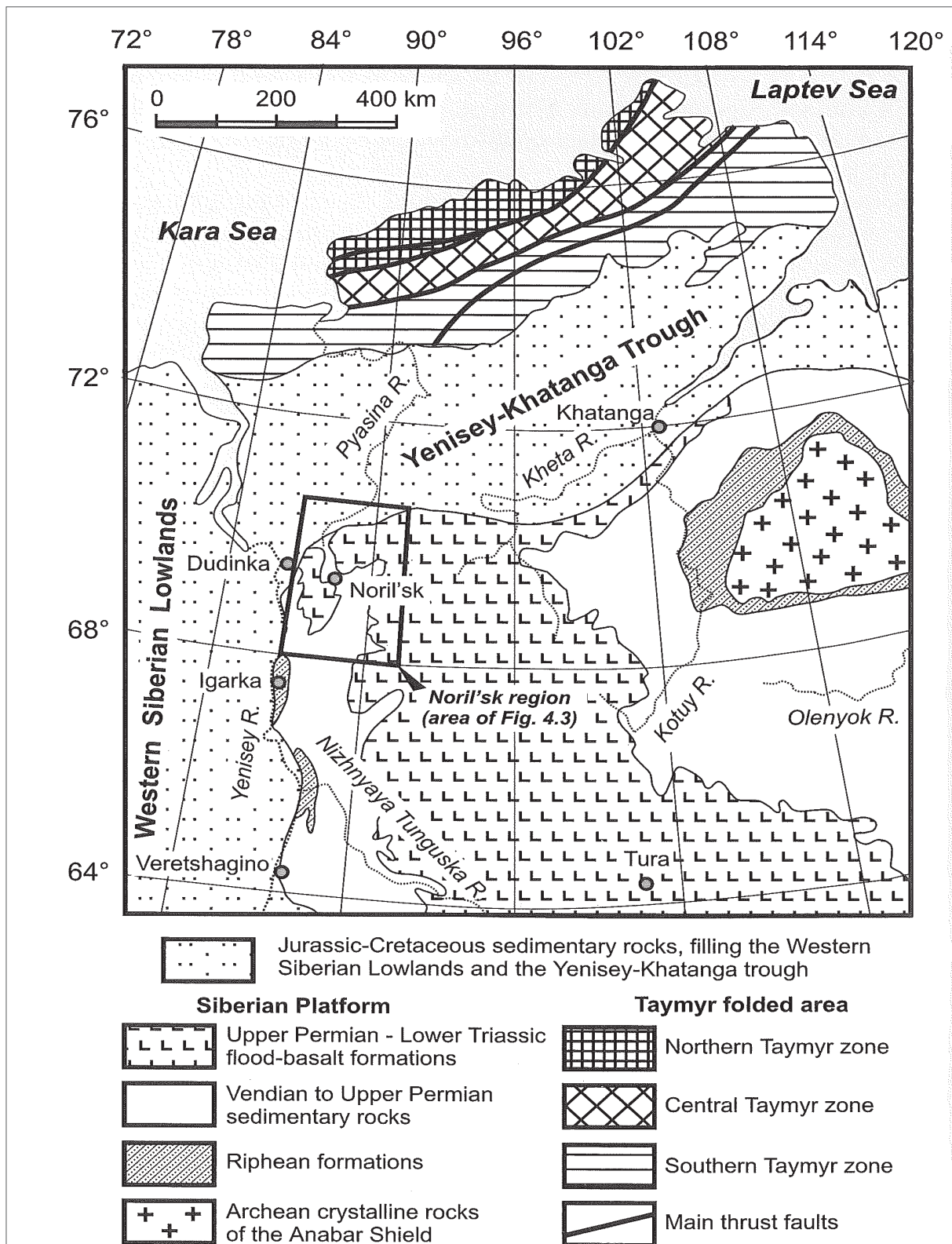


Abb. 6-2: Regionale geologische Karte von Nordsibirien mit der Region Noril'sk (NALDRETT 2004).

kommen sulfidischer Nickellagerstätten zu nennen. Der Bergbaubezirk Norilsk liegt im Norden der Region Krasnojarsk, der heute zur Region Krasnojarsk zählt. Die bedeutendsten dortigen Lagerstätten sind: Norilsk I, Talnach, Oktjabrskoe, Norilsk II, Maslowskoe (Tab. 6-1), Tschernogorskoe und Gorosubowskoe.

Die Lagerstätten sind an einen permo-triassischen Trappvulkanismus gebunden, der während des kontinentalen Riftings in der Tunguska Syneklise herrschte. Erzführende Strukturen sind geschichtete Flöze-, Chonolite und Gänge. Ihre Erzmächtigkeit schwankt von einigen 10er m bis zu 360 m, durchschnittlich liegt sie zwischen 100 – 200 m. Ihre Länge erreicht bis zu 20 km bei einer durchschnittlichen Breite von 500 – 2.000 m. Es treten sowohl Imprägnations-, Ader- als auch Massenerze auf, die nach den vorherrschenden Erzmineralen als Pyrrhotin-, Chalkopyrit- und Cubanit-Erze eingeteilt werden. Im Massenerz betragen die Metallgehalte 3 – 5 % Ni, 3 – 25 % Cu und 0,10 – 0,16 % Co. Im Imprägnationserz liegen die Gehalte bei 0,45 – 0,54 % Ni, 0,92 – 1,43 % Cu und 0,026 – 0,040 % Co. Eine Klassifikation der Norilsk-Vorkommen nach ihrer Bedeutung ist in Tab. 6-1 aufgeführt.

Die Hauptproduktion stammt derzeit aus den Talnach- und Oktjabrskoe-Lagerstätten, deren Reserven bei abnehmender Erzqualität noch für 10 – 15, maximal 20 Jahre reichen (SAFONOV 2010). Dazu gibt es aber noch andere bekannte Vorkommen (Tschernogorskoe, Gorosubovskoe, Norilsk II und Imangda), die für die Zukunft als potenzielle mögliche Lagerstätten zur Verfügung stehen. Sie enthalten jedoch nur rund 6 % der Reserven der gegenwärtig in Abbau stehenden Lagerstätten. 2009 gewann „Norilsk Nickel“ („Polar Division“) 15,298 Mio. t Erz, aus denen bei Durchschnittsgehalten von 1,52 % Ni, 2,55 % Cu und 8,06 ppm PGM 124.250 t Ni sowie 323.705 t Cu erzeugt wurden.

6.1.2 Kobalt

Kobalt tritt in der russischen Arktis nur in den riesigen magmatisch-sulfidischen Kupfer-Nickel Lagerstätten der Norilsk-Region auf. Nach NALDRETT (2004) beträgt die Kobaltressource in dieser Region

etwa 801 Mio. t Metall. 70 % des russischen Kobalts werden hier als Nebenprodukt bei der Anreicherung des Pentlandit-Chalkopyrit-Pyrrhotin-Erzes gewonnen. Der Kobaltgehalt in den Erzen beträgt maximal 0,2 % und ist an Pentlandit, untergeordnet auch an Pyrit und Kobaltin gebunden (vgl. Kapitel 6.1.1).

6.1.3 Wolfram

Die Wolframvorkommen der russischen Arktis liegen im Polarural, im Gebiet Taimyr und der Inselgruppe Sewernaja Semlja, in der Sacha Republik (Sacha: rd. 7,8 % der russischen Wolframreserven) und im Autonomen Kreis der Tschuktschen (rd. ,8 % der russischen Wolframreserven, DODIN et al. 2007).

Etwa 100 km südlich des Polarkreises in der Republik Sacha liegt die größte beschriebene Cu-W-Lagerstätte Agylki. Diese mittelgroße bis große Lagerstätte gehört zum Scheelit-Skarntyp und beinhaltet Reserven von 90.860 t WO_3 (A – C1) bei mittleren Erzgehalten von 1,274 % WO_3 , 2,7 % Cu sowie niedrigen Gehalten an Au, Ag, Ce, Te und Bi. Der schichtförmige Erzkörper besitzt Mächtigkeiten von 2 – 88 m und erstreckt sich über 1.200 m Länge bei vermuteten Teufen von bis zu 400 m. Die Haupterzminerale sind Scheelit und Chalkopyrit (IAZ MINERAL 2010a).

Bei den im Autonomen Kreis der Tschuktschen entdeckten Vorkommen (siehe Kapitel 6.2.4) handelt es sich überwiegend um Zinn und Wolfram führende Lagerstätten. Sie sind mit Ausnahme der mittelgroßen Lagerstätte Swetloe und der Stockwerkslagerstätte Krutoi meist klein. Zudem existieren noch einige kleine W-Vorkommen (Elweneiweem, Nadeshdinskoe, Kekur und Tenkerginskoe). Die beiden Lagerstätten Swetloe und Iultin standen zwischen 1958 und 1992 in Abbau, wobei Iultin als weitgehend ausgebeutet gilt (IAZ MINERAL 2010b). Auch alle anderen ehemals in Produktion stehenden Wolfram- und Zinn-Bergwerke im Autonomen Kreis der Tschuktschen wurden mittlerweile wegen Preisverfalls in den 1990er Jahren und der schwierigen klimatischen Verhältnisse stillgelegt. Im Jahr 2012 soll jedoch die Sn-W-Lagerstätte Pyrkakai die Produktion aufnehmen und dann neben Zinn auch Wolfram als Nebenprodukt fördern.

Im Nord-Jana Gebiet Sacha liegen die Sn-W-Lagerstätten Odinkoe und Tschupurn'ja und im Süd-Jana Gebiet die Sn-W-Lagerstätte Ilintas. Hierbei handelt es sich um Cassiterit (s. Zinn) und Wolframit führende Lagerstätten mit niedrigen WO_3 -Gehalten zwischen 0,045 – 0,639 %. In der Umgebung treten zudem kleinere W-Sn-Seifen auf, die reich an Sn, aber arm an W sind (9 bis 378 g WO_3/m^3). Von den o. g. Lagerstätten standen die Primärlagerstätte Tschupurn'ja und die Tirintjach-Seife in Abbau, wobei jedoch nur der Cassiterit extrahiert, aber der Wolframit nicht ausgebracht wurde (IAZ MINERAL 2010a).

Die mittelgroße Sn-W-Lagerstätte Ilintas bildete sich im Exokontakt einer Granitoid-Intrusion zu Sedimentgesteinen. Die Erzkörper treten als steil einfallende Gänge mit Mächtigkeiten von 0,15 – 6 m und Längen bis zu 700 m auf. Nur zwei Gänge (Wesna und Nagornaja) beinhalten den Hauptanteil der erkundeten Reserven. Als Hauptwertminerale treten Wolframit und Cassiterit auf. Die wichtigsten Nebenminerale sind Chalkopyrit, Pyrit, Turmalin, Pyrrhotin, Zinkblende und Bleiglanz. Die durchschnittlichen Erzgehalte betragen 1,25 % Sn und 0,64 % WO_3 , die Reserven (A – C) wurden auf 22.700 t Sn- und 10.000 t W-Inhalt berechnet (DODIN et al. 2007, IAZ MINERAL 2010c).

Im Polarural findet sich Wolfram in den Saurei- und Torgowskii-Erzdistrikten als Beiprodukt in Sulfid-(Antimon-Molybdän)-Vorkommen. Schwierige klimatische und geographische Bedingungen, infrastrukturelle Probleme und schließlich das große Naturschutzgebiet „Jugyd-Wa“ haben bisher jedoch keine detaillierten geologischen Forschungen zugelassen (IAZ MINERAL 2010c).

Im Taimyr-Sewernaja-Semlja-Gebiet gibt es auf den Bolschewik- und Oktoberrevolution-Inseln Hinweise auf Sn-W-Mo-Bi-Vererzungen in Leukograniten. Darüber hinaus ist ein W-Vorkommen im Kular-Gebirgszug im Torfjanoi Tal bekannt. Die dortigen Erzkörper sind 20 – 600 m lang und 0,4 – 20 m mächtig. In Brekzienzonen beträgt der Wolframgehalt 0,11 – 0,26 % WO_3 und in Quarzgängen 0,12 – 1,56 % WO_3 .

6.1.4 Niob und Tantal

Vorkommen von Niob und Tantal sind aus dem Polarural (1,3 % der russischen Nb-Ressourcen) sowie aus den metallogenetischen Provinzen Udshin (45,6 %), Maimetscha-Kotui (< 1 %) und Anabar (Republik Sacha) bekannt. Außerdem wurden erhöhte Tantal-Konzentrationen in einigen Zinn führenden Pegmatiten, Cassiterit-Seltene-Erden-Quarz Lagerstätten (Vorkommen Poljarnoe) und in einigen Zinn führenden Seifen im Gebiet Jano-Tschukotka identifiziert.

Das jakutische Gebiet Udshin wird durch die Polymetall-Lagerstätte Tomtor, eine der größten Rohstofflagerstätten der Erde dominiert. Die Lagerstätte ist Teil eines Ijolith-Karbonatit-Massivs mit einem Durchmesser von über 18 km. Die vererzte, im Karbon entwickelte Verwitterungskruste von Tomtor ist 50 – 400 m mächtig. Diese Verwitterungskruste bildet die eigentliche Lagerstätte mit ihrem außergewöhnlichen Reichtum an Niob (73,6 Mio. t Nb_2O_5 -Inhalt), Seltenen Erden (154 Mio. t SEO-Inhalt), Eisen, Phosphor u. a. (EPSTEIN et al. 1994).

Der bisher als einziger ausreichend explorierte und daher am besten bekannte Teil ist der Bereich Burannyi im östlichen Teil der Lagerstätte (vgl. Tab. 6-2 und 6-3). Die Reserven (B – C2) in diesem Bereich werden auf 1,296 Mio. t Nb_2O_5 bei einem Durchschnittsgehalt von 6,71 % Nb_2O_5 im Erz geschätzt (DODIN et al. 2007).

Trotz ihrer großen Ressourcen und ihrer hohen Gehalte wird die Lagerstätte Tomtor als kaum bauwürdig erachtet, da dort sehr schwierige klimatische Verhältnisse herrschen (Wintertemperaturen bis $-71,2$ °C), keinerlei Infrastruktur vorhanden und das Erz durch kryptokristalline Strukturen nur sehr schwer anzureichern ist. In Kombination mit der Gewinnung der riesigen Vorräte an Seltenen Erden und massiven Preisanstiegen für diese Rohstoffgruppe könnte sich die wirtschaftliche Situation rasch ändern.

Die Vorkommen in den Gebieten Paichoi-Nowaja-Semlja des Polarurals sind an Granite und Pegmatite gebunden, die mit der Longot-Jugan-Störung assoziiert sind. Die Erze bestehen aus Fergusonit,

Lagerstätte Abbaubeginn	Gehalt (%)		
	von	bis	Durchschnitt
SiO ₂	0,71	10,08	3,9
TiO ₂	2,41	8,40	5,1
Al ₂ O ₃	2,49	27,76	17,3
Fe ₂ O ₃	0,27	42,38	7,0
FeO	2,29	8,18	5,2
MnO	0,07	0,27	0,15
CaO	2,08	3,88	2,6
MgO	0,05	0,27	0,12
SrO	1,60	4,79	3,9
BaO	2,24	5,58	3,3
K ₂ O	0,03	0,37	0,07
Na ₂ O	0,02	0,32	0,15
V ₂ O ₅	0,66	2,18	1,2
Nb ₂ O ₅	2,18	12,42	4,9
Ta ₂ O ₅	0,003	0,008	0,005
ZrO ₂	0,15	0,41	0,29
ThO ₂	0,042	0,225	0,15
UO ₃	0,003	0,023	0,01
LSEO	6,93	22,67	12,8
Y ₂ O ₃	0,18	1,04	0,87
Sc ₂ O ₃	0,015	0,098	0,065
PbO	0,08	0,96	0,25
ZnO	0,06	0,32	0,16
CuO	0,015	0,040	0,02
SO ₃	0,02	0,90	0,51
P ₂ O ₅	5,77	20,12	16,4
CO ₂	0,57	4,99	1,54
Corg.	0,04	1,77	0,86
F	0,11	0,76	0,50
H ₂ O ⁺	6,89	14,49	10,5
H ₂ O ⁻	0,07	0,50	0,32
Summe:			100,14

Tab. 6-2: Chemische Zusammensetzung der Verwitterungsschicht im Bereich Buranyi der Lagerstätte Tomtor (20 Proben) (EPSTEIN et al. 1994).

Plumbopyrochlor, Columbit und Pyrochlor sowie seltener Samarskit, Yttrotantalit und Cassiterit. Die Tantalressourcen des Gebietes sind vermutlich nicht bauwürdig, sie sind allerdings leicht anzureichern. Folgende Vorkommen sind erwähnenswert:

- Die Erzzone des Vorkommens Longot-Jugan besitzt eine Mächtigkeit von 35 – 38 m und reicht bis in eine Teufe von 420 m. Die Ressourcen wurden auf rund 30.000 t Nb₂O₅ bei einem Durchschnittsgehalt im Erz von 0,126 % Nb₂O₅ bestimmt.
- Das Vorkommen Taikei besteht aus dem liegenden und dem hangenden Teil eines Granitkörpers. Die Mächtigkeit der Erzzone reicht von 20 bis zu 110 m bei einer Länge bis zu 500 m. Der Nb₂O₅-Gehalt beträgt 0,046 %, die Ressourcen (C2+P) betragen 26.200 t Nb₂O₅.
- Das Vorkommen Ust-Mramornoe liegt in einem Störungssystem. Der konkordant liegende Erzkörper ist 120 m mächtig und bis zu 650 m breit. Die Ressourcen betragen 7.920 t Nb₂O₅ bei Erzgehalten von 0,032 – 0,28 % Nb₂O₅ (DODIN et al. 2007).
- Der Glimmer-Quarz-Albitit-Erzkörper des Vorkommens Nemur-Jugan erstreckt sich bis zu 640 m Länge und bis zu 100 m Teufe. Der Gehalt variiert von 0,08 bis 0,25 % Nb₂O₅.

6.2 NE-Metalle

6.2.1 Aluminium und Bauxit

In der russischen Arktis wurden Bauxitvorkommen bisher nur im Polarural, im Uralbauxit-Gebiet, nachgewiesen. Dort sind sie aus den Shchutschki-, Woikar- und Kara-Regionen bekannt, stehen aber nicht in Abbau.

Im Shchutschki-Gebiet befindet sich die Lagerstätte Laborowskoe, die sich in die Teilvorkommen Chochoreiskoe, Sibileiskoe und Talbeiskoe gliedert. Wie auch alle anderen Bauxitvorkommen im Polarural ist die Lagerstätte devonischen Alters. Die Bauxit haltige Schicht ist geringmächtig und besteht aus drei Faziestypen: Der Karst-Typ mit rotem steinigem Bauxit, der Lagunen-Typ mit dunkelgrauem,

braunem und grün-braunem Bauxit sowie der Küsten-Typ mit kiesigem Bauxit (IAZ MINERAL 2010c).

Im Kara-Gebiet ist ebenfalls eine Bauxit führende Formation bekannt. Sie liegt in der Kara Synklinalstruktur, die silurische, devonische und karbonische Karbonatgesteine enthält. Die Bauxitlager sind sehr klein, linsenförmig und besitzen Längen von 2 – 15 m und Mächtigkeiten von 10 – 20 cm bis 3 – 5 m (IAZ MINERAL 2010c).

6.2.2 Blei und Zink

In der russischen Arktis sind zwei Buntmetall-Lagerstätten bekannt, die jedoch nicht in Abbau stehen: Das Vorkommen Saurei im Polarural und die Lagerstätte Pawlowskoe auf der Insel Nowaja Semlja. Zusätzlich gibt es Hinweise auf und kleine Vorkommen von Blei und Zink in Taimyr (Region Krasnojarsk: Vorkommen Partisan und Surowoserskoe), auf der Doppelinsel Nowaja Semlja (Oblast Archangelsk), nahe der Stadt Werchojansk (Republik Sacha; Lagerstätten Prognos und Mangazeisky, s. Silber) und Jana-Tschukotka (Autonomer Kreis der Tschuktschen, Beresow Zone).

uf Nowaja Semlja liegt die mittelgroße Lagerstätte Pawlowskoe in einem der strategisch wichtigen Gebiete Russlands. Die Erzkörper sind linsen- und schichtförmig ausgebildet und an frühdevonische Karbonatsteine gebunden. Pyrit, Zinkblende und Bleiglanz sind als massige, gangartige und imprägnierte Erzmineralisationen ausgebildet. Die Erzgehalte liegen bei 1,0 – 2,9 % Pb und 1,6 – 20,8 % Zn bzw. bei durchschnittlich 1,1 – 1,5 % Pb und 5,8 – 13,9 % Zn. Insgesamt werden für die Kategorien A – C1 Metallreserven von 12.500 t Pb und 57.500 t Zn, bzw. C2-Ressourcen von 440.900 t Pb und 190.700 t Zn angegeben (MICHAILOV et al. 2008). Zusätzlich werden die prognostischen Silbervorräte auf 672 t geschätzt (ROSNEDRA 2009). Die Lagerstätte wäre gegebenenfalls im Tagebau abbaubar.

Das kleine und wegen mangelnder Infrastruktur nicht bauwürdig einzustufende Buntmetallvorkommen Saurei liegt im nördlichen Polarural. Das Erzlager hat eine Länge von 900 m, reicht bis in

eine Teufe von 650 m, und besitzt eine Mächtigkeit von 0,2 – 5,0 m. Die durchschnittlichen Gehalte betragen 6,28 % Pb, 0,15 % Zn, 0,06 % Cu sowie maximal 200 ppm Ag. Darüber hinaus enthält das vorherrschende Imprägnationserz Baryt. Die Vorräte wurden mit 182.100 t Pb in den Kategorien A – C1 und 144.600 t Pb sowie 21.500 t Zn in der Kategorie C2 berechnet (IAZ MINERAL 2010c).

6.2.3 Kupfer

Die wirtschaftlich wichtigsten Kupfererze in der russischen Arktis finden sich in (DODIN et al. 2007):

- sulfidischen Kupfer-Nickel-Lagerstätten in den bereits beschriebenen basischen Intrusivkomplexen des Norilsk-Talnach-Gebietes,
- porphyrischen Kupferlagerstätten in der Region Tschukotka,
- stratiformen Lagerstätten in Kupferschiefern und -sandsteinen,
- Lagerstätten mit gediegen Kupfer,
- Kupferkieslagerstätten.

Die großen sulfidischen Kupfer-Nickel-Lagerstätten des Norilsk-Talnach-Gebietes beinhalten 41 % aller russischen Reserven und stellen 65 % der russischen Kupferproduktion. Die Lage der erzführenden Intrusiva im Norilsk-Talnach-Distrikt ist in Abb. 6-3 abgebildet. In den dortigen Erzen reicht der Cu-Gehalt von einigen Zehntel Prozent im Imprägnationserz bis zu 3 – 5 % im Massenerz, sehr selten bis zu 25 %. Die Hauptkupferminerale sind Chalkopyrit, Cubanit und Talnachit. Für weitere Informationen zu diesem Lagerstättentyp und den einzelnen Lagerstätten s. Kapitel Nickel und Platin.

Porphyrische Kupferlagerstätten sind in der russischen Arktis sehr selten. Die wichtigste Lagerstätte dieses Typs ist Pestschanka (Abb. 6-4). Sie liegt im SE von Tschukotka in der Oloi Zone. Der Stockwerkskörper dieser Lagerstätte dehnt sich über eine Fläche von 6 x 0,8 km aus und ist bis zu 500 m tief. Der durchschnittliche vermutete Erzgehalt beträgt 0,56 % Cu, 0,013 % Mo und 0,39 ppm Au (Vorratsprognose: Cu: 5,4 Mio. t Inhalt (P1), Au: 84 t (P1); GLOBUS 2010).

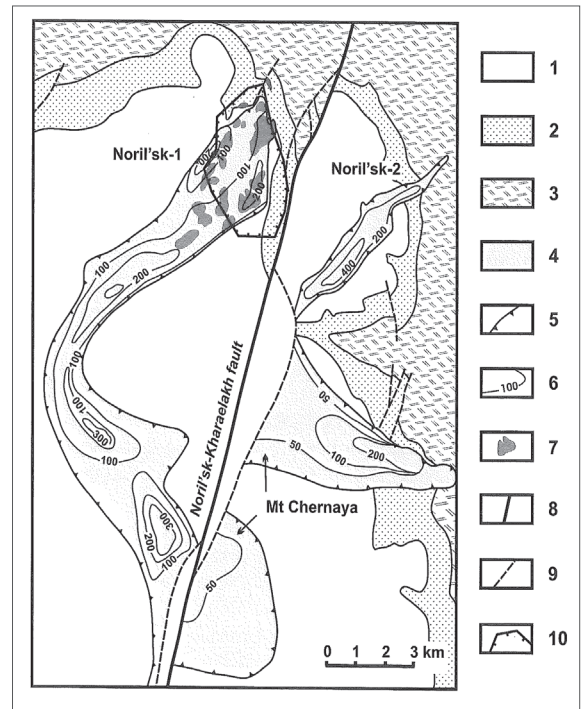


Abb. 6-3: Übersichtskarte der wichtigsten erzführenden Intrusiva mit Isopachen im Norilsk-Talnach-Distrikt (NALDRETT 2004). Auszug der Legende: 7-Massivsulfide, 10-Grenze des Medvezhyi-Tagebaus.

Stratiforme Lagerstätten in Kupferschiefern und -sandsteinen sind im Polarural und in den Gebieten Kanin-Timan, Taimyr-Norilsk, Taimyr-Sewernaja Semlja und Werchojansk zu finden.

Im Polarural erstreckt sich die Kupfersandsteinzone bis über 600 km Länge und auf 30 – 40 km Breite. Einige Vorkommen (Saurinai, Molüdwo und Kos'ju) enthalten Kupfer bis zu einigen Prozentanteilen. Die Erze sind in grauen ordovizischen Karbonat-Sand-Schiefer-Gesteinen zu finden. Im mittelgroßen Vorkommen Kos'ju betragen die Vorräte (C2) rund 2 Mio. t Kupfer.

Im Gebiet Kanin-Timan und an der Westseite der Timan-Gebirgskette liegt das Vorkommen Rutschei, das bis zu 250 m Teufe reicht. Es enthält bis zu 3 % Cu bei vermuteten Vorräten (P2) von 800.000 t Cu und 700.000 t Zn.

Im Gebiet Igarka (Taimyr-Norilsk) wurden die Grawiiskoe- und Sucharichinskoe-Lagerstätten erkundet, die mit einigen weiteren Kupfersandsteinvorkommen das Grawiiskoe-Erzfeld bilden. Die

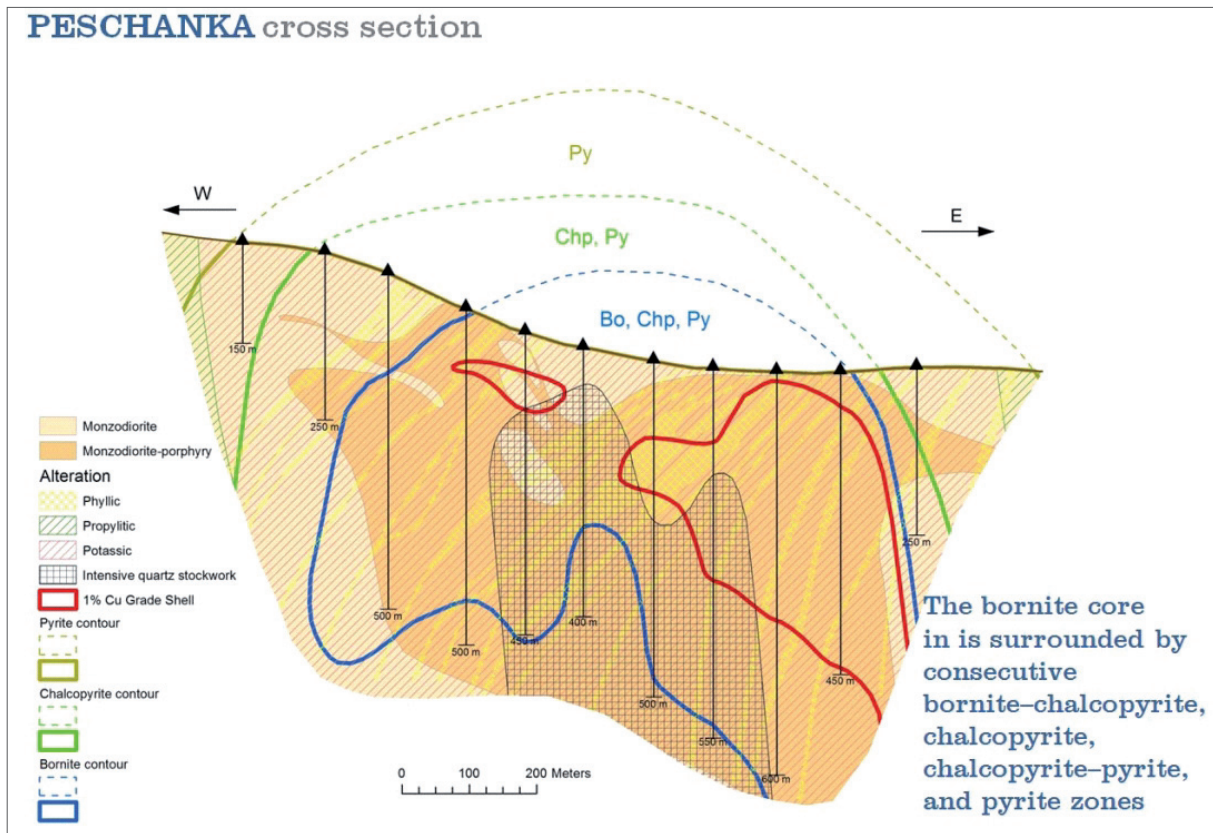


Abb. 6-4: Pestschanka-Lagestätte. (SHETANGELOV et al.)

Erzkörper sind an spätkambrische bis frühpaläozoische terrestrische Karbonatgesteine gebunden. Erzkörper sind schicht- und linsenförmig ausgebildet und besitzen Längen von über 1 km und Mächtigkeiten von durchschnittlich 100 m. Die Erze sind massig, feinadrig, meist jedoch imprägniert.

Die Lagerstätte Sucharichinskoe umfasst zwei Lager. Das untere Lager besitzt 1.500 m Länge, 800 – 1.000 m Breite und eine Mächtigkeit von 4 – 16 m. Der Kupfergehalt variiert von 0,42 – 4,78 %. Das obere Lager besitzt eine Mächtigkeit von 1 – 30 m und einen Kupfergehalt von 0,4 – 1 %, maximal bis zu 6 %. Lokal begrenzt treten Gehalte bis zu 330 ppm Ag auf.

Die Lagerstätte Grawiiskoe besteht aus fünf Lagern mit 1 – 5 m Mächtigkeit. In der Zone der Igarsko-Sucharichnskii Störung bilden die Erzkörper ein Lager, das sich über 3,5 km Länge erstreckt, eine Breite von 700 – 1.500 m und eine Mächtigkeit von 15 – 34 m, selten bis zu 200 m besitzt. Der Kupfergehalt beträgt 0,7 – 2,6 %, selten 3,6 – 5,8 %. Die Maximalgehalte der Erze betragen 5,87 % Cu,

1 % Zn, 0,73 % Pb, 0,5 % W, 0,127 % Ni, 0,035 % Cd, 0,013 % Co, 0,008 % Ge, sowie 81 ppm Ag und 1 ppm PGM.

Die Vorkommen an gediegen Kupfer in der russischen Arktis sind klein. Sie wurden in den Gebieten Taimyr-Norilsk, Paichoi-Nowaja Semlja und Werchojansk entdeckt. Das Vorkommen Arylachs-koe liegt im Nordwesten Sibiriens in den oberen Schichten triassischer Sedimentite. Es erstreckt sich bis über 12 km Länge und ist bis zu 5 m mächtig; der Kupfergehalt liegt bei 0,2 – 2 %.

Kupfer führende Kieslagerstätten sind nur im Kupferkiesgürtel des Urals vorhanden. Im Polarural wurde das Lekyn-Talbei-Cu-Mo-Gebiet ausgewiesen, mit Hinweisen auf größere Vorräte (P3) bis zu 3 Mio. t Cu (IAZ MINERAL 2010c).

6.2.4 Zinn

Die Zinnvorkommen der russischen Arktis liegen vorwiegend in der Republik Sacha (Jakutien) und

im Gebiet Tschukotka. Wirtschaftlich relevant sind folgende Lagerstättentypen (DODIN et al. 2007):

- Quarzgänge in und über Graniten (Pyrkakai, Iultin),
- Greisenzonen in Granitkuppeln (Odinokoe, Ekug u. a.),
- silikatische Vererzungen (Deputatskoe, Ilintas, Tschurpun'ja),
- Sn-Mineralisationen in einigen Sulfiderzen (Kurban, Ulahan-Egeljach),
- alluviale Seifen (Tirentjach, Tschokurdach, Omschekandja u. a.).

In den Gebieten Nord-Jana und Süd-Jana (bzw. Werchojan-Kolyma) Sachas wurden Primärlagerstätten verschiedener genetischer Typen (Deputatskoe, Odinokoe, Tschurpun'ja, Kester, Ulahan-Egeljach u. a.) sowie auch Sn-Seifen (Tirentjach) entdeckt. In der Republik Sacha lagern rund 40 % der russischen Zinnreserven aus Primärlagerstätten und 80 % aus Seifen (IAZ MINERAL 2010a).

Die Großlagerstätte Deputatskoe enthält 255.800 t Sn (A – C) oder 12,5 % der Zinnvorräte Russlands (MICHAILOV et al. 2008). Sie liegt in jurassischen Sandsteinen, die von mehreren, von einer liegenden Granitintrusion, ausgehenden Gängen durchschlagen wurden. Die erzführenden Gänge und gangähnlichen Mineralisationszonen erreichen 250 – 2.100 m Länge und besitzen durchschnittlich 1,2 – 4,4 m Mächtigkeit. Die Erstreckung der Vererzung in die Teufe ist unbekannt. Die Quarzgänge führen Cassiterit, Turmalin und Sulfide. Der mittlere Sn-Gehalt in den Primärerzen beträgt 1,15 %. Wegen des schlechten Ausbringens wird die Lagerstätte als nicht bauwürdig eingestuft. Die Verwitterungs-erze führen dagegen höhere Sn-Gehalte und bilden die Muttergesteine sekundärer Seifen, die bereits abgebaut sind (IAZ MINERAL 2010a).

Ressourcen der Greisenlagerstätte Odinokoe werden auf rund 127.600 t Sn (A – C) entsprechend 3,2 % der russischen Vorräte geschätzt. Die Lagerstätte besteht aus einem Quarz-Cassiterit-Gangstockwerk in einer Granitkuppel mit Anteilen von Wolframit und etwas Molybdänit. Die Erzlager treten nestartig verteilt auf. Die Vererzung reicht nur 30 – 100 m tief. Der durchschnittliche Sn-Gehalt ist relativ gering

und beträgt 0,31 %. Zudem wurden Gehalte bis zu 0,12 % Li, 0,92 % Bi, 0,01 % Be, 0,01 % W und 0,005 % Ta gemessen. Auch im Umkreis von Odionokoe existieren einige kleine Seifenvorkommen (IAZ MINERAL 2010a).

Im Tschau Rayon Zentralschukotkas sind einige sehr große (> 100.000 t Sn) Sn-Lagerstätten bekannt, die als Nebenprodukt oft Wolfram und/oder Gold führen. Das größte Vorkommen dieser Art ist Pyrkakai mit sechs Erzstockwerken (Abb. 6-6). Die Erze haben geringe Gehalte (0,22 – 0,24 % Sn), Kassiterit ist aber leicht anzureichern. In unmittelbarer Nachbarschaft, bei „Artel Staratelei Tschukotki“, steht die Mlelüweem-Seife in Abbau (IAZ MINERAL 2010b).

Die mittelgroße Lagerstätte Ulahan-Egeljach besteht aus triassischen Sandsteinen und Tonschiefern, die von Diorit- und Lamprophyrgängen durchschlagen wurden (DODIN et al. 2007). Die Sn-Vorräte betragen 25.710 t in den Kategorien A – C1 und 21.292 t in Kategorie C2 (2,3 % der russischen Vorräte, MICHAILOV et al. 2008). Die Erzkörper bilden sehr unterschiedlich stark einfallende mineralisierte Zonen von maximal 1 km Länge und Mächtigkeiten bis zu 12 m. Als Erzminerale finden sich Pyrit, Chalkopyrit, Cassiterit, Arsenopyrit, Wolframit u. a.

Eine kleine Lagerstätte in der Republik Sacha, Tschurpun'ja, ist vulkanogenen Ursprungs und wurde bei einer Fläche von 1.650 x 550 m bis in eine Teufe von 220 m nachgewiesen (DODIN et al. 2007). Sie besteht aus 34 einzelnen Erzkörpern, von denen der erste Erzkörper 75 % der Gesamtvorräte beinhaltet. Dieser Erzkörper besitzt eine Länge von 1.200 m und führt in seinem Zentrum hohe Anreicherungen von Kassiterit. Seit den 1990er Jahren bis in das Jahr 2008 wurde die Lagerstätte Tschurpun'ja untertägig abgebaut. 2005 wurden 45.000 t Erz mit einem Durchschnittsgehalt von 1,74 % Sn gefördert. Zwischenzeitlich gilt die Lagerstätte als nahezu ausgebeutet (IAZ MINERAL 2010a). Kleinere Vererzungen wie die Lagerstätten Kester und Walkumei mit geringen Tonnagen und Gehalten sind bereits in gemäßigten Klimazonen kaum abbaubar (s. Anhang).

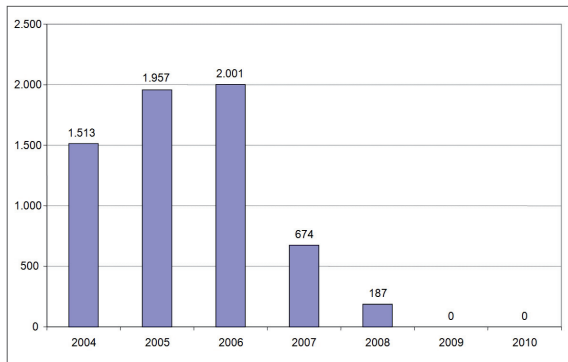


Abb. 6-5: Die Entwicklung der Zinnförderung (in t) in der Republik Sacha, Russland (nach WASIL⁴EVA 2010).



Abb. 6-6: Blick auf die Sn-Lagerstätte Pyrkakai, Tschukotka, Russland
(Quelle: [HTTP://TFI.CHUKOTNET.RU](http://TFI.CHUKOTNET.RU)).

Die Tirintjach-Seife gehört zu den großen polygenetischen Seifenlagerstätten (alluvial, eluvial und lakustrin-alluvial). Sie ist bis zu 240 m mächtig, über 4.000 m lang und führt durchschnittlich 844,5 g Sn/m³. Das Hauptwertmineral ist Cassiterit (95 %) mit erhöhten Gehalten von W, Nb, Sc und In, die isomorph im Cassiterit gebunden sind (DODIN et al. 2007). Die Seife wurde sowohl untertage (2005: 268.000 m³ Erzsand mit durchschnittlich 3.839 g Sn/m³) als auch übertage (2005: 70.000 m³ Erzsand mit durchschnittlich 3.819 g Sn/m³) abgebaut. Obwohl die Reserven der Lagerstätte für einen Abbaue Zeitraum von 60 Jahren reichen würden, wurde der Abbau im Jahr 2008 aus wirtschaftlichen Gründen gestundet, womit die Sn-Förderung in der gesamten Republik Sacha zum Erliegen kam (vgl. Abb. 6-5). Eine Steuerbefreiung soll diese ab 2011 wieder wirtschaftlich attraktiv machen (WASIL⁴EVA 2010).

6.3 Edelmetalle

6.3.1 Platingruppemetalle

Die wirtschaftlich wichtigsten Lagerstätten von Platingruppenelementen (PGE) in der russischen Arktis (primäre Lagerstätten, Seifen, Halden) stehen in Zusammenhang mit ultramafisch bis mafischen Intrusionen der Flutbasaltprovinz in der Region Norilsk (Abb. 6-7). Diese sind mit Eisenquarziten, Schwarzschiefern oder Metasomatiten assoziiert (DODIN et al., TSCHERNYSCHOW 1998). Die bedeutenden russischen PGM-Lagerstätten enthalten wesentlich mehr Pd als Pt. Die größten Lagerstätten sind in Tabelle 6-3 aufgeführt.

Folgende Arten von PGM-Vorkommen werden unterschieden:

- sulfidische Kupfer-Nickel-Erze vom Typ Norilsk-Talnach,
- sulfidarme Platinerze vom Typ Werchne-Talnach,
- Platin führende Chromiterze im Ural, bei Imangda und im Gebiet der Flüsse Maimetscha-Kotui,
- Platinseifen im Polarural, bei Maimetscha-Kotui, Taimyr-Norilsk, Korjakien-Kamtschatka und Aldan,
- alte Halden im Gebiet Norilsk-Talnach (Ni-Erze) und Ural (Platinseifengürtel).

Aus den Lagerstätten Norilsk-Talnach bezieht Russland bis zu 90 % seines Platins. Diese Lagerstätten liegen randlich der geschichteten Ni-Cu führenden Trappformation auf der Taimyr-Halbinsel in Nordostsibirien (Abb. 6-7, 6-8). Die aus Gabbro und Dolerit aufgebaute Trappformation ist permotriassischen Alters. Ebenso wie die in ihr enthaltenen Vererzungen entstand sie entlang alter Riftzonen. Die sulfidischen Nickel-Kupfer-Erze liegen als Schichten, Linsen und Gänge vor und sind bis zu 100 – 200 m mächtig. Sie bestehen meist (zu 82 %) aus imprägnierten Vererzungen. Die Gehalte in den Massenerzen betragen bis zu 30 ppm Pt, 100 ppm Pd, 2 – 4 ppm Rh, 0,2 – 0,9 ppm Ru und 0,2 – 0,4 ppm Os. Die Gehalte und prozentuale Verteilung der Metallreserven in den Lagerstätten von Norilsk-Talnach zeigt Tabelle 6-4.

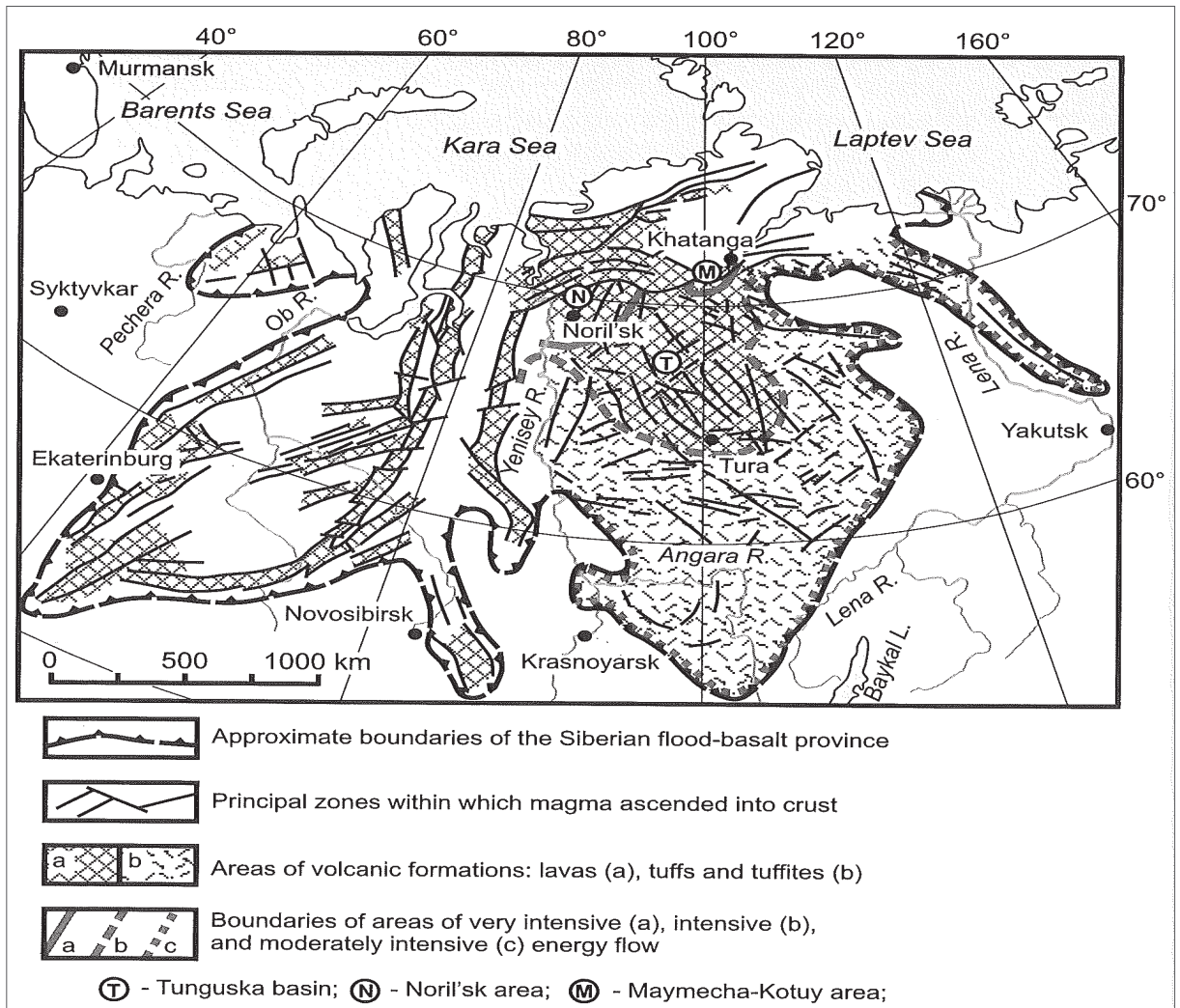


Abb. 6-7: Karte der sibirischen Flutbasaltprovinz (NALDRETT 2004).

Lagerstätte und Lizenzinhaber	Art der Erze	Reserven (t PGE, 2004)	Erzgehalt, (g/t PGE) (*2004, 2009)	Produktion ⁴⁾ (*2004, 2009)
GMK „Norilsk Nickel“^(1), 2)	sulfidische Cu-Ni-Mineralisation			
- Oktjabrskoe		6.154,2	11,2	52,0
- Talnach		4.652,0	7,4	27,0
- Norilsk-1		2.363,7	6,8*	17,8*
CJSC „Korjakgeoldobytscha“³⁾	Seifen			
- Flüsse Ledjanoi und Sentjabr		1,7	2,9*	0,9*
- Fluss Lewtyrinywajam		3,3	0,7*	2,0*

Tab. 6-3: Reserven und Produktion von PGE (nach MICHAÏLOV et al. 2008).

¹⁾Abbaubeginn 1939, ²⁾die abbauwürdigen Reserven der Oktjabrskoe-, Talnach- und Norilsk-Lagerstätten reichen für die laufende Produktion nach Angaben des Betreibers bis 2018, 2025 – 2035 sollen die Lagerstätten erschöpft sein. Außer Pt und Pd werden Ni, Cu, Co, Rh, Ru, Ir, Os, Au, Ag, Se, Te und S aus diesem „komplexen Erz“ extrahiert. ³⁾Die derzeitigen Abbaustellen liegen einige hundert Kilometer südlich des Polarkreises auf der Kamtschatka Halbinsel und in Korjakien. ⁴⁾Gesamte PGE-Primärproduktion Russlands im Jahr 2008: 3.590.000 oz; 2009: 3.530.000 oz, davon GMK „Norilsk Nickel“ Pt + Pd: 3.316.000 oz, der Rest stammte im Wesentlichen aus Seifenlagerstätten (JOHNSON MATTHEY 2010).

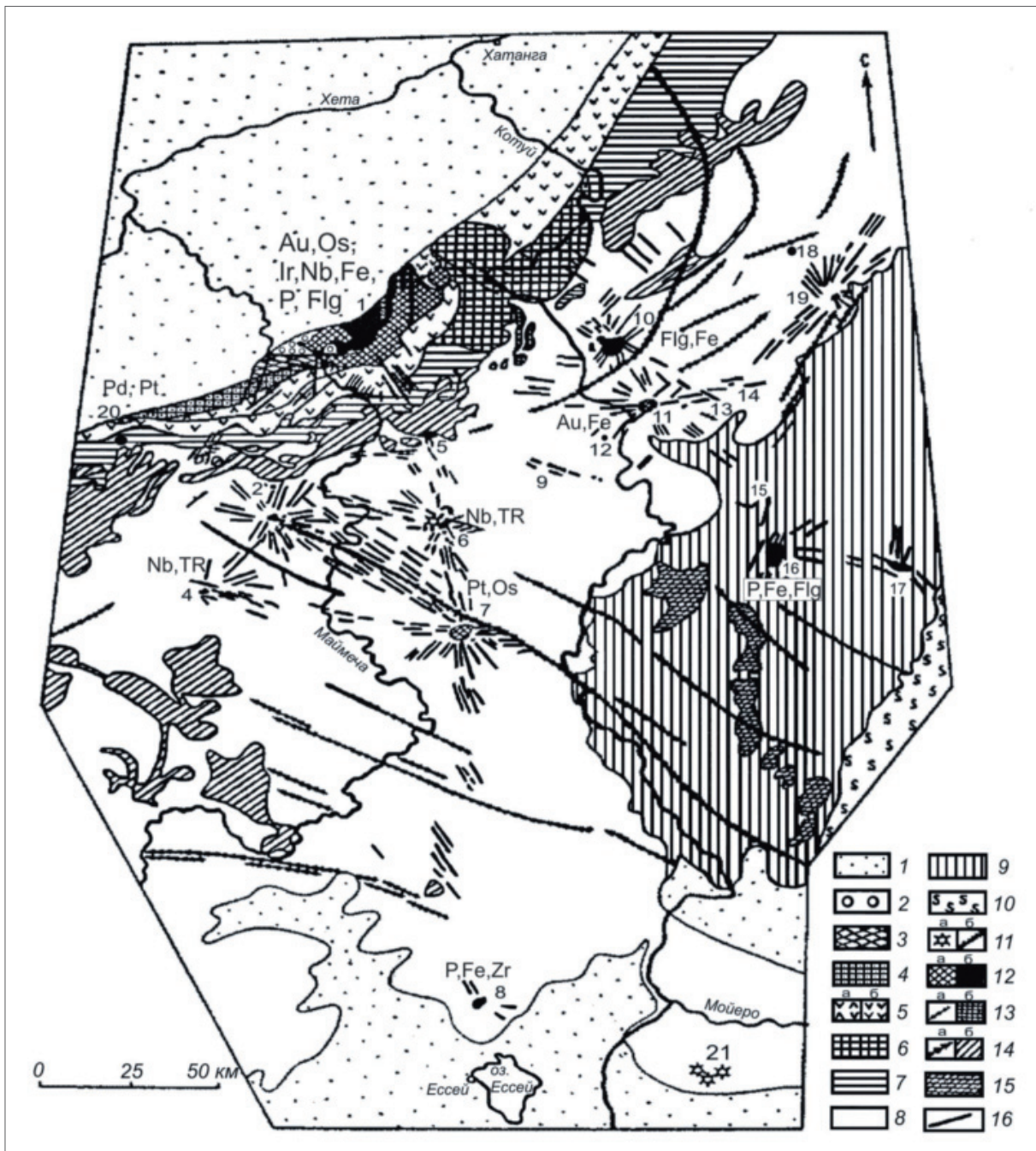


Abb. 6-8: Karte des Gebietes Maimetscha-Kotui, Russland (МАМАЕВА 2008).

Art der Erze	Gehalte			Reserven (%)			
	Ni (%)	Cu (%)	PGE (g/t)	Erze	Ni	Cu	PGE
Massivsulfide	4,23	5,83	15,90	10,6	42,0	32,3	20,8
kupferhaltig	0,71	1,94	6,12	7,3	8,0	16,3	13,3
Imprägnationen	0,48	0,93	4,08	82,2	50,0	51,4	65,9
Durchschnitt/Summe:	0,57	1,09	4,12	100,0	100,0	100,0	100,0

Tab. 6-4: Gehalte und prozentuale Verteilung der Metallreserven in den Lagerstätten von Norilsk-Talnach (WALETOV et al. 2000; NORILSK NICKEL KOMBINE 2009).



Abb. 6-9: 39 Unzen (1.213 g) schweres Platinnugget aus einer Seife auf Kamtschatka (Foto: PACIFIC RIM GEOLOGICAL CONSULTING INC. 2011).

Auch die Althalden und die Pyrrhotin- und Magnetit-Konzentrate von Norilsk-Talnach haben erhöhte Gehalte an Pt (bis zu 2,1 ppm), Pd (5,8 ppm), Rh (0,4 ppm) und auch Au (1,4 ppm). Die Platinreserven in diesen Althalden werden auf mehr als 600 t in 300 Mio. t Ausgangsmaterial geschätzt (0,5 g/t Pt). Die alten Halden werden daher inzwischen als hochrentabel eingestuft und ihre Aufbereitung ist geplant (DODIN et al. 2007).

Die sulfidarmen Platinlagerstätten befinden sich nördlich von Talnach und Norilsk, ebenfalls im Gebiet Taimyr, und besitzen einen Platingehalt von 0,2 bis zu 64 ppm, durchschnittlich 5,77 ppm (TCHERNYSCHOW 1998). Der durchschnittliche PGE-Gehalt in der Lagerstätte Werchne-Talnach liegt nur wenig höher, bei 5,94 ppm. Die Mächtigkeit des Erzhorizontes im bis zu 15 m mächtigen Gabbro beträgt dort durchschnittlich 1,96 m.

Das PGE-Chromit-Vorkommen von Imangda liegt 120 km nördlich von Norilsk und umfasst Platin

führende Ophiolite, an Komatiite gebundene Nickelsulfide und einen einzigartigen, Platin-Chromit haltigen Dunitschlot in einem Alkalisyenit-Ringpluton. Nachdem ursprünglich die Lagerstätte Norilsk erschlossen und dabei dessen Ausmaß festgestellt wurde, wurde die weitere Erkundung von Imangda und anderer Vorkommen in der Region zurück gestellt.

Erhöhte Platingehalte wurden auch in der podiformen Rai-Iz-Chromitlagerstätte (Teilbereiche Sapad und Zentral) nachgewiesen, die im Platingürtel des Polarurals liegt (s. Chrom). Die PGE-Gehalte erreichen 2 ppm in den massiven und Einsprengling reichen Chromerzen und > 5 ppm (zusammen mit gediegen Ag, Au, Cu und Bi) in sulfidierten Serpentiniten innerhalb von Brekzienzonen (TCHERNYSCHOW & DODIN 1998).

Im Gebiet der Flüsse Maimetscha-Kotui liegt das Gulin-Massiv. Die dort vorkommenden alkali-ultramafischen Gesteine führen erhöhte Gehalte an PGE:

Pt in Nephelinsyenit (1,2 – 3,1 ppm), in Serpentin (3,0 ppm) und in phlogopitisiertem Porphyrit (1,3 ppm); Ir-Ru-Os in Dunit (0,089 ppm) und Chromit (0,313 ppm); Pd in Clinopyroxenit (0,076 ppm). Diese Gesteine stellen auch die Muttergesteine von PGM-Seifen in dieser Region dar (Abb. 6-8).

Für eine Beurteilung des Platinpotenzials Nordsibiriens sind auch die Platin sowie Gold haltigen Seifen in Korjakien (Halbinsel Kamtschatka, Abb. 6-9) und dem Polarural zu berücksichtigen. Diese Seifen sind eluvial-alluvialer, alluvialer und litoraler Genese. Ihr Platingehalt variiert von einigen Hundertstel ppm bis zu 250 ppm.

Die wirtschaftlich interessantesten Seifenlagerstätten liegen im Polarural, auf dem Aldanschild, in den Gebieten Maimetscha-Kotui und Anabar-Olenek sowie an den Küsten von Sewernyi Taimyr und Sewernaja Semlja (DODIN et al. 2007). Sie lassen noch Anzeichen der primären Vorkommen erkennen, die in alkali-ultramafischen sowie mafisch-ultramafischen Gesteinen liegen. Die Gesamtressourcen werden auf 200 – 500 t PGM-Inhalt geschätzt. Die wirtschaftlich wichtigsten und näher untersuchten Platinseifen befinden sich in Korjakien. Einen Über-

blick über die Reserven und Produktion wichtiger Seifen gibt Tab. 6-3. Die Seife am Ledjanoifluss in Korjakien ist 20 – 380 m breit, 0,4 – 11 m mächtig und besitzt 2 – 3 Horizonte. Die Seife am nahe gelegenen Lewtyrinywajamfluss ist 20 – 450 m breit und ebenfalls 0,4 – 11,0 m mächtig.

6.3.2 Gold

Goldlagerstätten und -vorkommen sind über die gesamte russische Arktis verteilt, jedoch liegen 70 % der Ressourcen in Ostsibirien und in Fernost. Die regionale Goldproduktion Russlands zeigt Tabelle 6-5 (INTERFAX 2010a und b).

Die ostsibirischen und fernöstlichen Lagerstätten befinden sich in den Gebieten Jana-Tschukotka und Magadan-Kolyma. Geringere Reserven verteilen sich auf die westliche Arktis mit den metallogenetischen Provinzen Kanin-Timan und Paichoi-Nowaja Semlja sowie die Zentralarktis mit den Provinzen Taimyr-Sewernaja Semlja, Taimyr-Norilsk, Kotui-Maimetscha und Anabar.

Region	2008	2009	Veränderung kg	Veränderung %
Krasnojarsk	33.525,4	33.775,4	+250,0	+0,7
Tschukotka	20.090,4	31.206,5	+11.116,1	+55,3
Amur	18.747,2	21.930,7	+3.183,5	+17,0
Republik Sacha (Jakutien)	18.935,7	18.605,5	-330,2	-1,7
Irkutsk	14.550,4	14.952,9	+402,5	+2,8
Chabarowsk	16.231,1	14.672,6	-1.558,5	-9,6
Magadan	13.920,2	13.688,8	-231,4	-1,7
Swerdlowsk	6.740,9	7.345,5	+604,6	+9,0
Burjatien	6.224,3	6.598,1	+373,8	+6,0
Trans-Baikal (ehemalige Region Tschita)	5.736,8	5.473,9	-262,9	-4,6
Tscheljabinsk	3.746,8	3.922,8	+176,0	+4,7
Kamtschatka	1.474,8	2.269,3	+794,5	+53,9
Tuwa	1.370,0	1.191,3	-178,7	-13,0
Chakassien	658,2	730,2	+72,0	+10,9

Tab. 6-5: Regionale Goldproduktion Russlands in kg (schwarz = südlich des Polarkreises, rot = nördlich des Polarkreises, INTERFAX 2010a und b).

Die wirtschaftliche Bedeutung der Goldseifen ist in den letzten zwanzig Jahren stark zurückgegangen. Dagegen ist die Bedeutung der Primärlagerstätten auch in der Arktis gestiegen. Zu nennen sind hier z. B. die Lagerstätten Karalweem, Sowinoe, Maiskoe, Dor, Kupol und Küchus (EWDOKIMOW 2005).

Die westlichen Gebiete Kanin-Timan und Paichoi-Nowaja Semlja verfügen über geringe Reserven in Primärlagerstätten und einige kleine Goldseifen. Im Polar- und Subpolarural sind über zehn goldhöfliche Gebiete und 15 Typen von Vorkommen bekannt, die Gang-Imprägnations-Erze in Beresit ähnlichen Gesteinen (hydrothermale, Serizit führende Metasomatite) besitzen und Ressourcen von zusammen bis zu 250 t Gold enthalten (EWDOKIMOW 2005).

Die Gebiete Taimyr-Sewernaja Semlja und Taimyr-Norilsk umfassen den Norden Taimyrs sowie die Bolschewik- und Oktober-Revolution-Inseln des Sewernaja-Semlja-Archipels. In diesen Gebieten existieren zahlreiche Goldvorkommen unterschiedlicher Genese. Die Cu-Ni-Lagerstätten von Norilsk enthalten 400 t Gold als gewinnbares Nebenprodukt.

Bedeutende Erztypen der Primärvorkommen sind Gold-Quarz-Vererzungen (u. a. die Walter-, Shilnyi- und Serebrjanka-Zonen im nördlichen Taimyr), Gold-Quecksilber-Vererzungen (Iswilistoe: Stockwerksgröße 600 x 250 m, Gangmächtigkeit von 3,8 bis zu 10 m, Goldgehalt 1 – 9,1 ppm, bis zu 0,6 % Hg und 0,1 – 0,4 % Sb) und goldhaltige Metasomatite vom Listvenit-Beresit-Typ (im zentralen Taimyr und auf der Halbinsel Chelüskin mit durchschnittlich 4 – 6 ppm Au, DODIN et al. 2007).

Neben fossilen Seifen (metamorph überprägte, goldhaltige Konglomerate auf der Halbinsel Chelüskin mit lokalen Goldgehalten bis zu 10,4 ppm) dominieren in diesen Gebieten subrezente und rezente alluviale, proluviale, eluvial-deluviale und alluvial-litorale Seifen, die meisten davon auf der Insel Bolschewik und der Halbinsel Chelüskin.

Auf den Bolschewik- und Oktober-Revolution-Inseln bilden die alluvialen Seifen einen großen Distrikt, der u. a. aus den schmalen Studenaja- und Kamenka-Flussebenen besteht und Sedimentmächtigkeiten bis maximal 2 m und hohe Gehalte von

1,5 – 2,5 ppm Au hat. Auf der Halbinsel Taimyr wurden u. a. die Kunar-, Serebrjanka- und Unga-Seifen entdeckt. Diese enthalten bei 1,7 km Länge, 230 m Breite und 1,6 m Mächtigkeit durchschnittliche Gehalte von 0,95 g Au/m³. Die Palander-Bai-Seife führt bis zu 2 ppm Au.

In den Gebieten Kotui-Maimetscha und Anabar ist Gold an Ijolith-Karbonatit-Massive gebunden. In einem Teil des Gulin-Massivs erreicht der Goldgehalt bis zu 25 ppm und im Alluvium des Kotui-Flusses bis zu 5 g Au/m³.

In der Republik Sacha befinden sich die bedeutenden Primärlagerstätten Küchus und Sentatschan. Die Lagerstätte Küchus ist 0,1 bis zu 20 m mächtig, erstreckt sich über 2.900 m streichender Länge und in eine Teufe bis zu 250 – 300 m (70 – 80° Einfallen). In einem durch Störungen und Brekzienzonen gekennzeichneten Bereich in Sedimentgesteinen wurden zehn Erzkörper ausgehalten, wovon einer der Erzkörper 70 % der Reserven der Lagerstätte beinhaltet. Die Erzkörper bestehen aus Karbonat-Quarz-Gängen und -Linsen mit an Arsenopyrit gebundenem Gold. Sie besitzen wechselnde Mächtigkeiten von 0,03 bis zu 2,5 m, durchschnittlich 0,4 m. Die Erze führen 5 – 7 % Arsenopyrit bzw. 8,5 – 9,3 ppm Gold und bis zu 13 % Quecksilber. Die bauwürdigen Reserven wurden für eine Laufzeit von 40 Jahren nachgewiesen.

Zudem ist in der Republik Sacha auch das Gebiet von Kular goldhöflich. Dort liegen 35 – 40 bauwürdige Seifen, die etwa 200 t Gold enthalten (YANGEOLOGIYA 2010). Von 1964 bis 1995/96 hat das GOK Kularzoloto hieraus 120 – 150 t Gold gewonnen; nach der Wirtschaftskrise im Bergbausektor wurde das GOK liquidiert.

Im Gebiet von Tschukotka verteilen sich die Goldlagerstätten wie folgt:

- Westen (25 % der Ressourcen): Rayon Bilibin, z. B. die Lagerstätte Karalweem;
- Zentrum (56 % der Ressourcen): Rayon Tschau, z. B. die Lagerstätte Maiskoe und Seifen;

Region	Lagerstätte	Größe bzw. Inhalt ¹⁾	Au-Gehalt	Nebenelemente	Bemerkung
Metallogenetische Provinz Taimyr-Nowaja (Sewernaja) Semlja					
Halbinsel Chelüskin	Unga	1.700 m x 230 m x 1,6 m	0,95 ppm		alluviale und marine Seife
Bolschewik	Wodorasdelnaja	?	?		chemische Verwitterungskruste
Bolschewik	Golyschewski		1.043 ppm		Schwarzschiefer
	Nishnelikinskaja	5,3 t + 32,6 t	3 – 6 ppm, 20 – 30 ppm in Gängen	bis 0,06 % Hg	Pyrit-Arsenopyrit
	Fokinskaja		30 ppm	Pt, Pd, Rh, Ru	eluvial-deluviale Seifen
	Primorskaja		183 ppm	Pt, Pd, Rh, Ru	
	Sereshkinskaja		wenige 10er ppm		
	Tichoe	750 m x 100 m	42 ppm	Pt, Pd, Rh, Ru	Wasil'ewskoe-Vererzungen
	Grosnoe	2.000 m x 150 m	14 ppm		Grosnoe-Vererzungen
	Golyschewski		0,5 – 1,5 ppm, bis 70 ppm		Golyschewskii-Vererzungen
		200 – 400 m x 2.000 m x 1,6 m	1,12 – 10 g/m ³		Golyschewskii-Seife
	Shylnoe		1,32 ppm		Quarz und Sulfid arme Vererzungen in Schwarzschiefer
Metallogenetische Provinz Jana-Tschukotka und Gebiet Magadan-Kolyma					
Sacha	Küchus	215 t	9,3 ppm	3 ppm Ag, 0,25 % Sb	Betreiber „Polus Zoloto“ (Norilsk Nickel), gepl. Abbaubeginn 2013: 6 t/Jahr
Tschukotka	Maiskoe	277 t	12,0 ppm	Ag, As, Sb, Hg	Betreiber „Polimetall“ OAG, gepl. Abbaubeginn 2012: 8 t Au/Jahr
	Kupol	174,8 t	18 – 20 ppm	1.910 t Ag (220 – 260 ppm Ag)	Betreiber „Kinross Gold“, Abbaubeginn 2008, im Jahr 2009: 22,7 t Au + 234 t Ag
	Walunistoe	125 t	10,5 ppm	90 t Ag (86,4 ppm Ag)	Betreiber Artel „Chukotka“, Abbaubeginn 2003. 2008: 1,8 t Au + 10,3 t Ag
	Dwoinoe	54,5 t	63,9 ppm	66,9 t Ag	Betreiber „Severnoe Zoloto“ AG, Abbaubeginn 1996. 2008: 283 kg Au + 438 kg Ag
	Karalweem	38,7 t	29,7 ppm		Betreiber „Rudnik Karalweem“ OG, Abbaubeginn Anfang der 1990er. 2008: 1,16 t Au + 126 kg Ag
	Sowinoe	12 t	10 ppm		Exploration durch Zabaikalskoe GRP AG
	Wodorasdelnoe	65 t		3.780 t Ag	Prospektion durch AG „Region Ruda“

Tab. 6-6: Wichtige Goldlagerstätten Nordsibiriens (DODIN et al. 2007 und eigene Recherchen).

- Osten (19 % der Ressourcen): Rayon Anadyr, z. B. die Walunistoe- und andere kleine Gold-Silber-Lagerstätten.

Die Lagerstätte Karalweem gehört zum Gold-Quarzgang-Typ und liegt in triassischen Sandsteinen und Schiefen. Die Erzkörper treten in einem 45 km² großen Gebiet auf, sie sind 0,4 – 1,6 m mächtig, in Ausbuchtungen bis zu 2 – 3 m und befinden sich meist im hangenden Kontakt zu Gabbro-Diabasen (DODIN et al. 2007). Für vier Erzkörper (Promoina, Besymjannyi, Wstretschnyi und Ozernyi) wurde eine Reservenbewertung durchgeführt; ein Inhalt von knapp 39 t Gold wurde dabei nachgewiesen.

Die Erze sind arm an Sulfidmineralen und leicht aufzubereiten. Einige Gänge sind 100 – 400 m lang und bei Einfallswinkeln von 25 – 35° bis zu 50 – 70° bis in 900 m Teufe nachgewiesen. Sie bestehen zu 90 % aus Quarz. Das in ihnen auftretende gediegen Gold besitzt weit überwiegend Korngrößen von 0,06 – 1,5 mm (Abb. 6-10) und führt bis zu 10 % Silber. Mit zunehmender Teufe nimmt die Größe des Goldes ab, das dort zudem teilweise an Arsenopyrit gebunden ist.

Maiskoe ist mit 277 t Au Inhalt eines der größten russischen Goldvorkommen und liegt im Rayon Tschau. In der Lagerstätte Maiskoe, im gleichnamigen Erzfeld, wurden über 30 Erzkörper entdeckt, von denen einige steil (über 70°) und andere flacher (45 – 60°) einfallen (DODIN et al. 2007). Sie sind 2 – 4 m mächtig, 200 – 1.100 m lang und erstrecken sich bis in eine Teufe von 800 m bis möglicherweise 1.200 m und mehr. Die Erzkörper bilden deutlich begrenzte, mineralisierte Brekzienzonen und metasomatisch veränderte kaolinisierte Gesteine, die Gold haltige, jedoch imprägnierte und schwer aufzubereitende Sulfidvererzungen (meist Arsenopyrit, Pyrit und Antimonit) enthalten. Der Lizenzinhaber „Polimetall“ OAG hat Ende 2008 die Arbeiten zur Inbetriebnahme eingestellt. Für Ende 2011 ist die Wiederaufnahme der Produktion geplant (GLOBUS 2010). In Nachbarschaft zum Erzfeld von Maiskoe wurden weiterhin die Erzfelder Promeshutochnoe und Syputschinskoe entdeckt.

Im Zentrum des Erzfeldes Promeshutochnoe liegt die Lagerstätte Sewero-Wostok. Die in einem

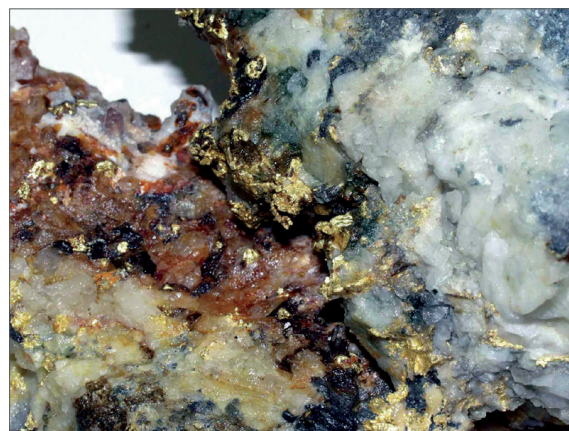


Abb. 6-10: Gediegen Gold aus der Karalweem-Lagerstätte (Quelle: [HTTP://TFL.CHUKOTNET.RU](http://TFL.CHUKOTNET.RU)).

200 – 300 m großen Areal auftretenden, 3 – 4 Erzkörper sind als Quarzgänge, geäderte Zonen und vererzte Quarzbrekzien in terrestrischen Sedimentgesteinen ausgebildet. Sie sind 0,1 bis zu 3,4 m mächtig und erreichen eine Teufe bis zu 150 m. Der Goldgehalt liegt lokal bei 4 kg/t, der Silbergehalt ist noch höher. Die prognostischen Ressourcen betragen 5 t Gold. Andere Teile des Erzfeldes Promeshutochnoe (Zapadnyi, Nizkii) besitzen Gehalte zwischen 15 – 150 ppm Au bei niedrigeren Ressourcen.

Die Lagerstätte Sowinoe besteht aus 25 gang- und bänderförmigen Imprägnationserzkörpern vom Gold-Quarz-Typ. Die Gold reichen Zonen konzentrieren sich auf Adern und Gänge, die sich in den flachen Flügeln einer Antiklinalfalte befinden. Die Erzkörper besitzen eine Mächtigkeit von 20 – 200 m, eine Länge bis zu 1.200 m und erreichen eine Teufe bis zu 400 m; die Goldverteilung ist sehr ungleichmäßig mit einem durchschnittlichem Goldgehalt von 10 – 12 ppm (DODIN et al. 2007).

Die Erzkörper in der Lagerstätte Walunistoe sind als steil einfallende Gold und Silber haltige Gänge ausgebildet. Diese sind über 30 – 400 m lang, bis zu 16 m mächtig und erreichen eine Teufe bis zu 160 m. Die Vererzungen gruppieren sich in zwölf Zonen.

Die Lagerstätte Dwoinoe im Rayon Tschau erstreckt sich über eine 20 km² große Fläche und besteht aus 13 wirtschaftlich interessanten Mine-



Abb. 6-11: Eine Goldseife in der Region Tschukotka.
(Quelle: [HTTP://VNEDRA.RU/WP-CONTENT/THEMES/
GLUBUSJRN/GLOBUS_10_2010.PDF](http://vnedra.ru/wp-content/themes/GLUBUSJRN/GLOBUS_10_2010.PDF))

realisationszonen. Die erste Zone liegt am äußeren Kontaktbereich eines Granitporphyr-Gesteinsgangs und erstreckt sich über maximal 1.400 m Länge, wobei der Gold haltige Teil 400 m lang, 25 – 30 m mächtig und bis zu 310 m Teufe nachgewiesen ist. Die Gold-Silber-Verteilung ist sehr ungleichmäßig, einige Proben führen bis zu 3.300 ppm Au und bis zu 16.300 ppm Ag (AMTLICHE WEBSEITE TSCHUKTSCHEN 2010).

In der gleichen Region wurden neben weiteren Erzfeldern (Dor, Pintschunkuul, Gornoe und Prirak) noch einige kleinere und Hinweise auf weitere Goldvorkommen entdeckt. So besitzt das Dor-Erzfeld Gold haltige Zonen bis zu 10 m Mächtigkeit sowie Quarzgänge, die bis zu 2 – 3 m mächtig, 300 m lang und eine Teufe von 100 m aufweisen. Der Goldgehalt liegt bei durchschnittlich 20,8 ppm bzw. vereinzelt 600 – 700 ppm.

Aus den alluvialen Seifen in der Region Tschukotka wurden im Verlauf von 40 Jahren rund 780 t Gold gefördert (vgl. Abb. 6-11). Im letzten Jahrzehnt ist die Bauwürdigkeit der alluvialen Seifenlagerstätten gesunken, jedoch wurden auch einige rezente litorale Seifen (Rypiltschin) erschlossen.

Einen abschließenden Gesamtüberblick über die wichtigsten Goldlagerstätten Nordsibiriens gibt Tabelle 6-7.

6.3.3 Silber

In der russischen Arktis existieren große Silbervorkommen, die folgenden Lagerstättentypen zuzuordnen sind (DODIN et al. 2007):

- Gold-Silbererze (Typ Maiskoe, Klen, Walunistoe u. a.),
- Silber führende Erze (Nebenprodukt der Gewinnung von sulfidischen Erzen der Lagerstätten Talnach, Norilsk, Oktjabrskoe, Petschenga u. a.),
- Silbererze (Typ Mangazeisky, Prognos, Endywal).

In diesem Kapitel wird nur eine Beschreibung der reinen Silbererzlagerstätten gegeben. Wirtschaftlich größere Bedeutungen besitzen jedoch die Gold-Silberlagerstätten bzw. Silber führenden Erze, die in den entsprechenden Kapiteln Gold bzw. Nickel und Kupfer behandelt werden.

Die Silberlagerstätte Mangazeisky (vgl. Abb. 6-12 bis 6-14) liegt im Erzdistrikt von Werchojansk unweit südlich des Polarkreises. Die bis in 500 m Teufe nachgewiesenen, flach einfallenden Erzkörper dieser Lagerstätte erstrecken sich über 1.600 – 5.100 m streichender Länge und beinhalten Reserven von 6.200 t Silber (200 Mio. Unzen; OLIPHANT 2009). Die Lagerstätte umfasst drei Hauptmineralisationen, welche gefaltete Sandsteine und Schiefer verdrängen. In Gängen tritt eine flach einfallende,



Abb. 6-12: Blick auf das Mangazeisky-Gebiet mit Bergbaucamp und Landebahn der Silver Bear Resources Inc. in der oberen rechten Bildecke (SILVER BEAR RESOURCES INC. 2009, 2011).



Abb. 6-13: Karte des Mangazeisky-Silber-Projekts (SILVER BEAR RESOURCES INC. 2009, 2011).

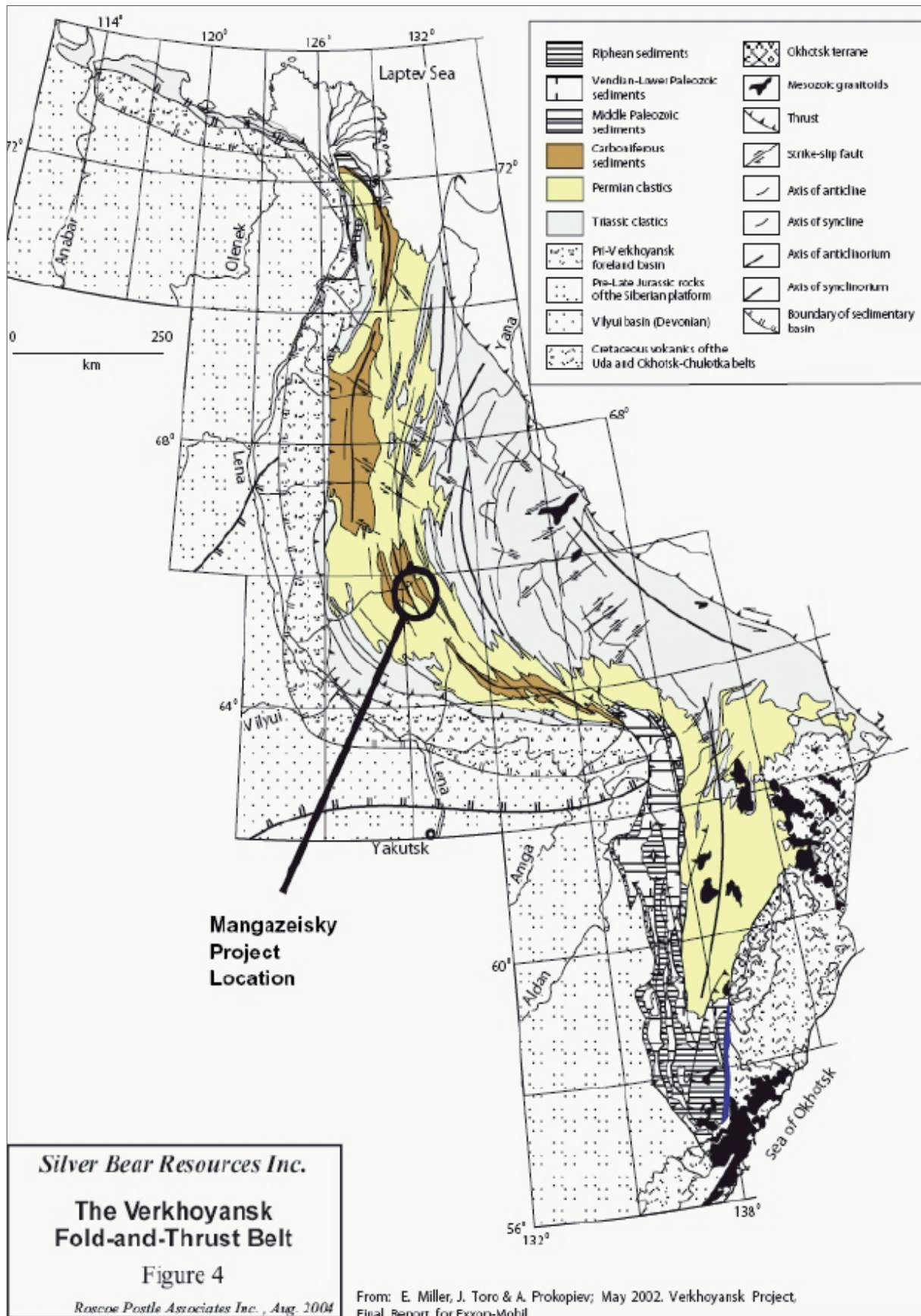


Abb. 6-14: Regionalgeologische Übersichtskarte des Verkhoyansk-Faltengürtels mit Lage der Mangazeisky-Silberlagerstätte. Die Silberlagerstätte Prognos liegt ca. 175 km westlich (SILVER BEAR RESOURCES INC. 2009, 2011).

bis maximal 35 cm mächtige Karbonat-Quarz-Bleiglanz-Mineralisation auf, die reich an Silberhaltigen Sulfiden bei Silbergehalten von 1.500 – 4.500 ppm sind (SILVER BEAR RESOURCES INC. 2009, 2011).

Die ebenfalls bedeutende Silberlagerstätte Prognos liegt 450 km nördlich von Jakutsk. Die geologische Situation ist der Mangazeisky-Lagerstätte sehr ähnlich. Die vermuteten Vorräte betragen 4.385 t Ag (C2) und 1.648 t Ag (P1) und beziehen sich auf zwei (Glawnoe und Boloto) von mehr als 30 Gängen. Die Erzkörper sind an den Grenzbereich einer langen und steil einfallenden Brekzienzone zu hangenden triassischen Sand- und Tonsteinen und einem liegenden Granodioritkörper gebunden. Der Granodioritkörper reicht bis in 3 km Teufe. Die Gänge sind einige Kilometer lang, durchschnittlich 2 – 4 m mächtig und erreichen eine Teufe von mehr als 200 m. In ihnen wurden hohe Gehalte an Silber festgestellt, die im Meterbereich Gehalte um 2.800 ppm bis zu 9.300 ppm aufweisen können. Außer Silber sind auch die Gehalte an Blei und Zink erhöht (SILVER BEAR RESOURCES INC. 2009, 2011).

6.4 Sonstige Metalle

6.4.1 Antimon

Die Antimonlagerstätten der russischen Arktis liegen in der Republik Sacha, dem Autonomen Kreis der Tschuktschen (Tschukotka) und in der Region Krasnojarsk (Taimyr, DODIN et al. 2007).

In der Republik Sacha sind die Antimonvorkommen an das Werchojan-Kolyma-Faltensystem gebunden. Es können drei Typen unterschieden werden:

- Der schichtförmige Antimonit-Zinnober- und Antimonit-Typ in paläozoischen und riphäischen Kalksteinkomplexen. Die Erzkörper treten in Schichten, Gängen, teils auch in Nestern auf.
- Der an Gold-Quarzgänge gebundene Antimonit-Berthierit-Typ in terrestrischen Sedimentgesteinen des Jana-Kolyma-Gürtels (Lagerstätten Sarylach, Sentatschan u. a.).
- Chalcedon-Antimonit-Gänge in verschiedenen Sedimentgesteinen.

In der Adytscha-Taryn-Zone Sachas liegen die wirtschaftlich bedeutendsten Sb-(Au)-Lagerstätten der russischen Arktis. Sie beinhalten rund 80 % aller russischen Antimonreserven. Hierbei liegt die Lagerstätte Sarylach südlich des Polarkreises und wird hier nicht näher beschrieben. Die Lagerstätte Sentatschan umfasst 38 % der russischen Antimonreserven (MICHAILOW et al. 2008). Die Reserven werden mit 94.267 t Sb Inhalt (A-, B- und C-Kategorien) beziffert (BATUGINA & KATJUSHAN 2009). Darüber hinaus gehende Informationen sind nicht bekannt.

Im Autonomen Kreis der Tschuktschen sind die meisten Antimonlagerstätten an Grabenbrüche begrenzende Randstörungen gebunden (84 %) oder liegen randlich entlang von linearen und ringförmigen Vulkanitstrukturen (10 %).

Die größten Antimon und zugleich Gold (s. Gold) führenden Lagerstätten in Tschuktschen sind Küchus und Maiskoe, wobei letztere Lagerstätte 8,4 % aller russischen Antimonressourcen bei Gehalten von 0,25 % Sb und 12 ppm Au (z. T. hohe As-Gehalte bis zu 1 %) führt. Antimon ist nur in den oberflächennahen Erzen (Quarz-Antimonit-Gänge) zu finden, deren Gehalt nimmt mit zunehmender Teufe schnell ab. Auch in der Lagerstätte Küchus ist Antimon ein wichtiges Nebenelement mit mittleren Gehalten von 0,5 – 0,7 % Sb

In der Region Krasnojarsk (Taimyr) treten Antimonmineralisationen in Quecksilber-Arsen- und Antimon-Quecksilber-Arsen-Vorkommen auf. Es wurden Sb-Gehalte bis zu 0,9 % nachgewiesen. Außerdem enthalten verschiedene Gold- und Buntmetalllagerstätten Gehalte zwischen 0,02 % und 0,5 % Sb.

6.4.2 Seltene Erden

Im arktischen Teil Sibiriens gibt es nur eine Lagerstätte mit Angaben zu den – wenn auch geschätzten – Lagerstätte Tomtor (s. Kapitel Niob und Tantal, Abb. 6-15) in der metallogenetischen Provinz Udschin der Republik Sacha. Die übrigen Vorkommen sind klein und meist nicht bauwürdig.

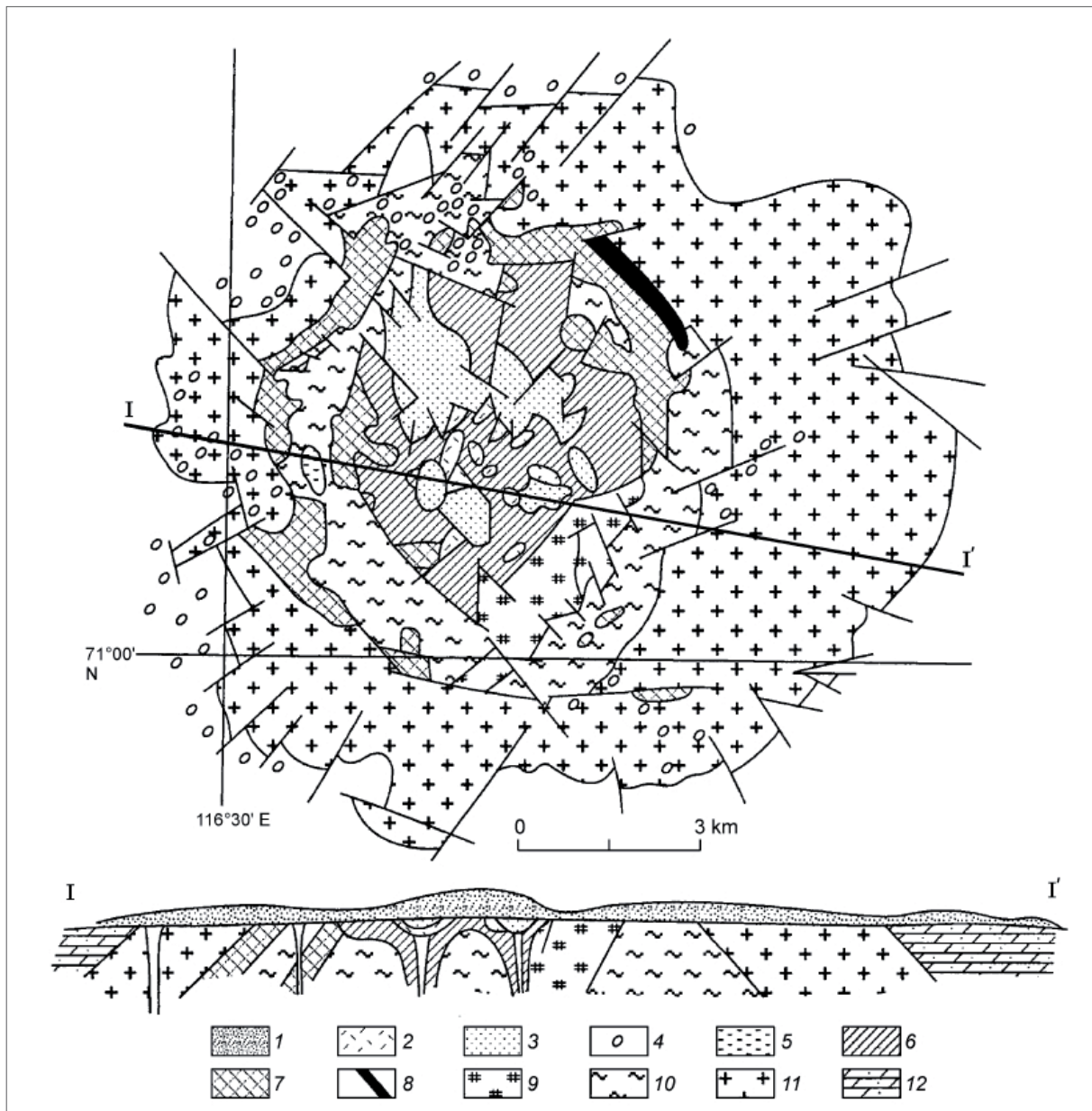


Abb. 6-15: Generalisierte Karte der Tomtor Lagerstätte (DOBREZOV & POLIKHILENKO 2010).

Die SE in Tomtor treten mit unterschiedlichen Konzentrationen in verschiedenen Karbonatitgesteinen auf. Die Hauptminerale sind Monazit, Florencit, Bastnäsit und Synchisit, die an tektonische Schwächezonen im Karbonatit gebunden sind. Zudem finden sich Xenotim und Zirkon als SE-Trägerminerale. Synchisit und Bastnäsit sind häufig feinnadelig-blätterig als Mikrokristalle (0,005 – 0,015 mm) verwachsen. Diese Mikrokristalle füllen kleine Poren (0,1 – 0,3 mm) und Mikrospalten. In Paragenese treten Fluorit, Apatit, Pyrit und Zinkblende auf.

Die Ressourcen der Megalagerstätte Tomtor werden auf rund 154 Mio. t SE-Inhalt bei Gehalten von durchschnittlichen 9,53 % SEO zzgl. 0,595 % Y_2O_3 geschätzt (EPSTEIN et al. 1994). Die Lagerstätte ist damit die bislang größte bekannte SE-Lagerstätte weltweit.

6.5 Industriemineralie

6.5.1 Baryt

Baryt-Lagerstätten sind in der Republik Komi (Lagerstätten Choilinskoe aus der Gruppe der Sobsko-Choilin Lagerstätten und Woischorskoe) und auf der Halbinsel Jamal (Vorkommen Mora) ausgewiesen (vgl. Anhang). Zur Gruppe der Sobsko-Choilin-Lagerstätten gehören zudem noch die Lagerstätten Malochoilinskoe (13,6 Mio. t Erz (C2) mit durchschnittlich 45,9 % Baryt) und Palnikskoe (8,3 Mio. t Erz (P) mit durchschnittlich 43,7 % Baryt). Diese Lagerstätten sind sedimentären Ursprungs und besitzen eine ausgeprägte Schichtung. Die Erze der Lagerstätte Woischorskoe besitzen dagegen niedrige Gehalte und eine schlechtere Qualität. Das Vorkommen Mora ist noch unzureichend untersucht. Es enthält prognostische Ressourcen von 40 Mio. t Baryt bei stark wechselnden Erzgehalten von 3,5 – 50 % BaSO₄.

6.5.2 Diamanten

Die russischen Diamantvorkommen umfassen primäre als auch sekundäre Lagerstätten. Die primären Lagerstätten wiederum gliedern sich in magmatische und sog. metamorphe Lagerstätten.

Zu den magmatischen Lagerstätten gehören die Diamant führenden Kimberlite (komplexe und häufig überprägte, K-reiche, ultramafische Gesteine). Sie sind in den osteuropäischen (russischen) und sibirischen (jakutischen) Kratonen aufgeschlossen. Die Diamant führenden Lagerstätten der russischen Tafel liegen vollständig südlich des Polarkreises und werden hier nicht näher beschrieben. In der Republik Sacha (Jakutien) sind von mehr als 30 Kimberlitfeldern mit vielen Kimberlitpipes nur zehn Diamant führend, von denen nach der Wertung von „ALROSA“, des Hauptlizenzinhabers, wiederum nur vier bauwürdig sind (DODIN et al. 2007). Einige der dort bisher im Tagebau betriebenen Bergwerke, z. B. Udachny und Aichal (s. u.), sind an der Oberfläche erschöpft und werden nun als Bergwerke im Untertageabbau weitergeführt, was die Gewinnungskosten zusätzlich erhöht.

Im Zentrum der Diamant führenden Republik Sacha liegt – zum Teil südlich des Polarkreises – das 1.180 km² umfassende Marchino-Alakit-Kimberlitfeld, in dem 49 Kimberlitpipes und mehrere -gänge nachgewiesen wurden (DODIN et al. 2007). Die Kimberlite drangen in ordovizische und silurische Karbonatgesteine ein, die von karbonischen und permischen Sedimentgesteinen überdeckt sind. Die Fläche der Pipes reicht von 0,1 bis zu 15,6 ha, durchschnittlich ist sie 3,05 ha groß. Lediglich der Jubileinaja Schlot umfasst für sich allein 59 ha. Alle Pipes sind unterschiedlich mineralisiert. Die Aichal-, Jubileinaja-, Cytykanskaja-, Krasnopresnenskaja- und Komsomolskaja-Pipes stehen in Abbau.

Das Daldyn-Kimberlitfeld mit einer Fläche von 1.170 km² liegt östlich des Marchino-Alakit-Feldes. Die dortigen Kimberlite sind in ordovizische Karbonatgesteine eingedrungen. Die Fläche der Pipes reicht von 0,05 bis zu 13,4 ha, durchschnittlich 1,94 ha. Lediglich der Sarniza Pipe umfasst 32 ha. Der Diamantgehalt des Sarniza-Pipes ist nicht hoch, aber der prozentuale Anteil an Diamanten in Schmuckqualität ist bedeutend und macht diesen Pipe bauwürdig (DODIN et al. 2007). Generell sind alle Pipes des Daldyn-Kimberlitfeldes Diamant führend, wobei der Udatschny-Pipe die größte primäre Diamantlagerstätte Russlands darstellt



Abb. 6-16: Satellitenaufnahme des Udatschny-Diamantabbaus, Sacha (Jakutien)
(Foto: GOOGLE EARTH, Aufnahmedatum: 10. Juni 2004, Aufnahmehöhe: 7,75 km).

(s. Abb. 6-16). Seit 1968 wurden aus ihm 50 % allen russischen Diamanten gefördert.

Neben den o. g. Marchino-Alakit- und Daldyn-Kimberlitfeldern sind auch noch die Verchne-munskoe- (Sapoljarnaja-Pipe), Kuranachskoe- (Malokuonamskaja-Pipe), Tchomurdachskoe- sowie auch andere Kimberlitfelder von geringer wirtschaftlicher Bedeutung. Diese Kimberlitfelder besitzen Flächen von 340 bis zu 2.230 km² und sind nur teilweise Diamant führend, bei meist niedrigen Gehalten und geringer Diamantgröße.

Von den sog. metamorphen Vorkommen sind die Popiga-, Kara- und Ust-Kara-Ringstrukturen die bekanntesten. Diese Ringstrukturen sind Impaktkrater in alten Schilden. Die Popigai-Ringstruktur befindet sich am nördlichen Rand des Anabar-Schildes und besitzt einen Durchmesser bis zu 100 km (Abb. 6-17). Das Diamant führende Vorkommen innerhalb dieser Struktur heißt Udarnyi. Es enthält in Schockmetamorphiten und Impaktiten (bzw. Kryptovulkaniten) eine große Menge an Industriediamanten. Die Reserven sind schwer zu berechnen, weil der Diamantgehalt im Gestein sehr stark wechselt. Damit ist das Vorkommen voraussichtlich nicht bauwürdig. Dazu kommen in diesem Gebiet jedoch viele alluviale und eluvial-proluviale Seifen, die größere und qualitativ bessere Kristalle enthalten. Sie machen damit das Gebiet für die Exploration potenziell sehr attraktiv.

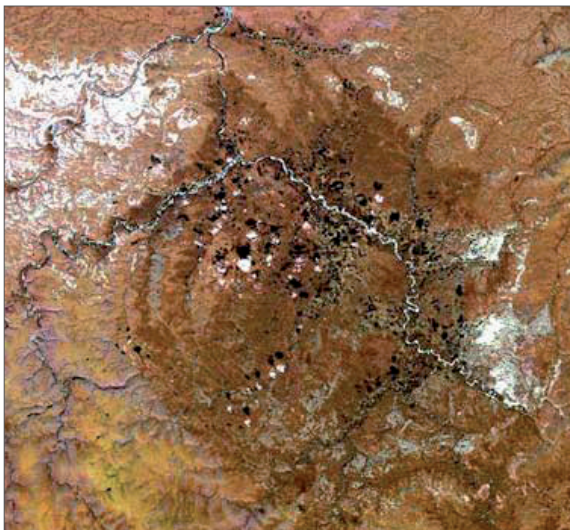


Abb. 6-17: Satellitenaufnahme der Diamant führenden Popigai-Ringstruktur (Foto: NASA 2010).

Die Kara-Ringstruktur liegt 200 km nördlich von Vorkuta im Pai-Choi-Gebiet und besitzt einen Durchmesser von 60 km. In ihr betragen die Diamantgehalte zwischen 1,4 und 52,5 cpt. Benachbart befindet sich die Ust-Kara-Ringstruktur. Diese beiden Ringstrukturen zusammen enthalten mehr als 90 % der Gesamtvorräte Russlands an Industriediamanten.

Sekundäre Lagerstätten in Form von alluvialen und untergeordnet eluvialen Seifen sind auf Sacha beschränkt. Diese Seifen beinhalten jedoch nur 5 % der bekannten russischen Reserven an Diamanten in guter Schmuckqualität.

Im Westen der Republik Sacha, in der sich 98,6 % aller russischen Diamantseifenreserven befinden (GRACHANOW 2004), sind zwei Gebiete erwähnenswert: Anabar (97 % der Reserven mit den Seifenlagerstätten Ebelajch und Billjach) und Prilena (3 % der Reserven mit der Seifenlagerstätte Molodo).

Im Abbau stehen einige tertiäre-quartäre Seifenlagerstätten an drei östlichen Nebenflüssen (Ebeljach, Billjach und Majat) des Flusses Anabar. Die einzigartige Ebeljach-Seife ist 100 km lang, 40 – 80 m breit und stellt ein aushaltendes Band dar. Die Billjach-Seife ist 22,6 km lang, mit einem durchschnittlichen Gewicht der Diamanten von 20,5 mg. Hier wurde auch einer der größten Diamanten, der „Tworez“ („der Schöpfer“) mit einem Gewicht von 298,48 ct (59,7 g) gefunden. Die Herkunft dieser Seifen ist noch nicht geklärt, weil die Diamanten mehrfach umgelagert wurden.

Die Molodo-Seife im Prilena-Gebiet besitzt eine Gesamtlänge von 19 km, auf der fünf bauwürdige Bereiche entdeckt wurden. Die durchschnittliche Mächtigkeit der diamantführenden Schicht erreicht 2,1 m bei Durchschnittsgehalten von 0,43 bis zu 0,61 ct/m³ und einem Durchschnittsgewicht der Diamanten von 27 mg.

Die Werchnee-Molodo-Seife ist bis zu 42 km lang. Auf dieser Streckenlänge wurden zehn bauwürdige Bereiche mit einer durchschnittlichen Schichtmächtigkeit von 1,16 m gefunden; der durchschnittliche Gehalt variiert von 0,24 bis 0,30 ct/m³, das durch-

schnittliche Diamantgewicht liegt bei 20,3 mg (0,1 ct) (DODIN et al. 2007).

Außer diesen Seifen gibt es in Sacha auch noch ältere neogene Seifen unter Sedimentbedeckung und einige Diamant führende karstähnliche Trichter und Schloten.

6.5.3 Fluorit

Die Lagerstätte Belogorskoe mit optischem Fluorit liegt im Gebiet Taimyr. Die dortigen Fluoritkristalle sind sehr klar und besitzen eine gute Qualität (vgl. Anhang).

6.5.4 Phosphat

Alle größeren und im Abbau stehenden Phosphatlagerstätten der russischen Arktis liegen auf der Halbinsel Kola. Zwar gibt es auch in Nordsibirien Vorkommen, jedoch sind diese u. a. aufgrund der

klimatischen Verhältnisse bislang nicht bauwürdig. Die Polymetall-Lagerstätte Tomtor (s. Niob und Tantal) beinhaltet bis in 500 m Teufe prognostische Ressourcen von 800 Mio. t P_2O_5 bei einem durchschnittlichen P_2O_5 -Gehalt von 11,0 – 19,0 %.

Das interessanteste Phosphoritvorkommen befindet sich mit der Lagerstätte Sofronowskoe im Polarural und soll eventuell in ferner Zukunft auch abgebaut werden (vgl. Anhang).

6.5.5 Steinsalz

Halit-Lagerstätten befinden sich in den Gebieten Taimyr-Norilsk, Taimyr (Lagerstätte Norwik) und Paichoi-Nowaja-Semlja (vgl. Anhang). Die dortige Lagerstätte Seregowskoe liegt jedoch bereits südlich des Polarkreises.

	Gehalt (%)	SEO	Gehalt (%)
SiO ₂	3,11	Ce ₂ O ₃	17,81
TiO ₂	5,54	La ₂ O ₃	9,75
Nb ₂ O ₅	12,47	Nd ₂ O ₃	5,69
Fe ₂ O ₃	7,40	Pr ₂ O ₃	1,64
FeO	1,61	Y ₂ O ₃	1,36
Al ₂ O ₃	1,14	Sm ₂ O ₃	0,61
MnO	0,02	Gd ₂ O ₃	0,40
MgO	1,50	Dy ₂ O ₃	0,21
CaO	2,63	Eu ₂ O ₃	0,14
Na ₂ O	0,15	Sc ₂ O ₃	0,13
K ₂ O	0,10	Er ₂ O ₃	0,09
P ₂ O ₅	18,24	Tb ₂ O ₃	0,07
CO ₂	0,88	Yb ₂ O ₃	0,07
F	0,62	Ho ₂ O ₃	0,04
S	1,00	Tm ₂ O ₃	0,01
H ₂ O	5,12	Lu ₂ O ₃	0,01
Summe:	61,43	Summe:	38,03

Tab. 6-7: Typische chemische Zusammensetzung von Reicherzen aus dem Bereich Buranyi der Lagerstätte Tomtor (DODIN et al. 2007).

6.5.6 Graphit

Die Graphit-Lagerstätten Nordsibiriens sind in den Gebieten Taimyr-Norilsk (Lagerstätten Kureiskoe und Noginskoe) und Taimyr konzentriert (vgl. Anhang). In der Region Krasnojarsk (Taimyr-Halbinsel) ist der Berg Seregen bekannt, in dem die Graphiterzressourcen 5,2 Mio. t (C2) bzw. 318 Mio. t (P1+P2) bei Kohlenstoffgehalten von 84 – 98 % C betragen sollen.

6.5.7 Glimmer

Die bauwürdigen Glimmer-Lagerstätten der russischen Arktis befinden sich fast vollständig auf der Halbinsel Kola. Das einzige nach vorliegenden Recherchen interessante Vorkommen Nordsibiriens liegt im Phlogopit führenden Gulinskoe-Massiv im Gebiet der Flüsse Maimetscha-Kotui (vgl. Anhang).

7 LITERATUR

- AMTLICHE WEBSEITE A. K. TSCHUKTSCHEN (2010): Tschukotka Goldlagerstätte (russ.). – 20.05.2010, www.chukotka.org/ru/gold_deposit.
- ARKTIS – ANTARKTIS (2010): Daten und Nachrichten über die Arktis (2010): Mineralische Rohstoffe der russischen Arktis (russ.). – 21.05.2010, www.arktika-antarktida.ru/arktikapolisk.shtml.
- AWDONIN, W. W., BOIZOW, W. E., GRIGOR'EW, W. M. (1998): Erzlagerstätten. – Geoinformmark SAO, Moskau, 272 S.
- BATUGINA, N. S. & KATJUSHAN L. L. (2009): Mineralische Rohstoffe in der Wirtschaft der Republik Sacha (russ.). – Mineral Resources of Russia 5, Economic and Management, 51 – 58.
- BAUMANN, L. & TISCHENDORF, G. (1976): Einführung in die Metallogenie/Minerogenie. – Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 458 S.
- BAWLOW, W. (2005): Staatlicher Bericht über den Status und die Verwendung von mineralischen Ressourcen der Russischen Föderation (russ.). – Moskau, 246 S.
- CHUKOTNET (2011): Foto Pyrkakai, <http://tfi.chukotnet.ru>.
- DAUYEV, J. M., VASILENKO, V. P., DENISOV, M. N. (2000): Results of re-appraisal of the metallic minerals resource base of the Russian Federation. – Mineral'nye Resursy Rossii, 4, 32 – 39.
- DOBREZOW, N. L. & POLIKHILENKO, N. P. (2010): Mineral resources and development in the Russian Arctic. – Russian Geology and Geophysics 51, 98 – 111, 26.05.2010, www.elsevier.com/locate/rgg.
- DODIN, D. A., EWDOKIMOW, A. N., KAMINSKII, W. D. (Eds) (2007): Mineral Resources of the Russian Arctic (russ.). – St. Petersburg, Nauka, 768 S.
- DODIN, D. A. (2009): Mineragenia Arktiki (russ.). – Lithosphere 5, 15 – 35.
- DODIN, D. A. (2005): Nachhaltige Entwicklung der russischen Arktis (russ.). – Raswedka i ochrana nedr 6, 53 – 60.
- DODIN, D. A.; IVANOV, W. L.; KAMINSKY, V. D. (2008): Russian Arctic sector is the great mineral resources base of this country (to 60. Anniversary VNII Okeangeologia). – Lithosphäre 4, 76 – 92.
- ELLMIES, R. & HÄUSSER, I. (2003): Russische Föderation. – Rohstoffwirtschaftliche Länderstudien, Heft XXX, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 230 S., 115 Abb., 144 Tab., Hannover.
- EPSTEIN, E. M., DANILTSCHENKO, N. A., POSTNIKOW, S. A. (1994): Geologie der Tomtor Seltene-Metall-Lagerstätte (russ.). – Geologia Rudnych Mestoroshdeni 36/2, 83 – 110.
- EWDOKIMOW, A. (2005): Mineralische Ressourcen der russischen Arktis (russ.). – Raswedka i ochrana nedr 6, 32 – 38.
- RUSSISCHE FÖDERATION (2009): Gesetz zum Untergrund (russ.). – Duma, Moskau.
- RUSSISCHE FÖDERATION (2008): Gesetz zu den Verfahren von ausländischen Beteiligungen an Wirtschaftsunternehmen mit strategischer Bedeutung zur nationalen Verteidigung und staatlichen Sicherheit (russ.). – Duma, Moskau.
- GLOBUS (2010): Die Bodenschätze des A.K. Tschuktschen (russ.). – Globus 2(10), 40 – 54 www.nedra.ru/wp-content/themes/globusjrn/globus_10_2010.pdf.
- GRACHANOW, S. (2007): Zur Frage über die Verteilung neogen-quartäre Diamantseifen im Nord-Osten der sibirischen Kraton (russ.). – www.bestreferat.ru/referat-95207.html.
- IAZ MINERAL (2010C): Polarural Region (russ.). – 20.04.2010 www.mineral.ru/Facts/regions/105/28/ural.pdf.

- IAZ MINERAL (2010B): A.K. Tschuktschen (russ.). – 20.04.2010 www.mineral.ru/Facts/regions/105/41/chukotka.pdf.
- IAZ MINERAL (2010A): Sacha Republik (russ.). – 20.04.2010 www.mineral.ru/Facts/regions/105/34/sacha.pdf.
- ILLYIN, K. B.; MARKOV, K. A.; DRAGUNOV, V. I. (1992): Map of Mineral Resources of Russia and adjacent countries (in the former USSR boundaries). – VSEGEI - 4 S. und Brief explanatory notes – 112 S., St.-Petersburg.
- INTERFAX (2010A): Norilsk Nickel remains world's #1 nickel producer in 2009. – 933, CRU.
- INTERFAX (2010B): Russia mines 8.8% more gold in 2009. – 29.01 – 04.02.2010, 923, CRU.
- JOHNSON MATTHEY (2010): Platinum 2010. Johnson Matthey. 60 S., http://www.platinum.matthey.com/uploaded_files/PT_2011/complete_publication.pdf.
- LESKOV, M., SCHEININSKY, R., KRYUKOVA, A. (2009): Winning gold in Russia. – International Mining May, 51 – 57.
- MAMAewa, E. (2008): Der Zonenbau des alkali-basischen Magmatismus und die daran gebundenen Vererzungen des Gebietes Maimetscha-Kotui (russ.). – 21.07.2011 alkaline2008.narod.ru/abs/Mamaeva.htm.
- MICHAJLOW, B. K.; PETROW, O. W.; KIMELMAN, A. S.; LEDOWSKICH, A. A.; BAWLOW, W. N. (Eds) (2008): Bodenschätze Russlands / Atlas der großen Lagerstätten der Russischen Föderation (russ.). – VSEGEI, 301 S., St.-Petersburg.
- MOLDAWANZEW, E. P. & SERGIEWSKII, W. M. (1940): Metallogenie des westlichen Teils der sowjetischen Arktis (russ.). – Proc. XVII internationaler geologischer Kongress in Moskau 1937. Moskau, B. 5, 235 – 238.
- MOOR, H. H., Rjabikin, G. E., SAKS, W. N. (1940): Metallogenie im Yenisei-Lena Gebiet der Arktis. – Proc. XVII internationaler geologischer Kongress in Moskau 1937. Moskau, B. 5, 239 – 249.
- MOOR, H. H. (1940): Geologische Exploration und eine geologische Karte der sowjetischen Arktis. – Proc. XVII internationaler geologischer Kongress in Moskau 1937. Moskau, B. 5, 199 – 218.
- NALDRETT, A (2004): Magmatic Sulfide Deposits - Geology, Geochemistry and Exploration. – 727 S., Springer, Berlin.
- NASA (2010): NASA Images. NASA image created by Jesse Allen, Earth Observatory, using data obtained from the University of Maryland's Global Land Cover Facility. – Image interpretation provided by Dr. Gareth Rees and Dr. Olga Tutubalina, Scott Polar Research Institute. Instrument: Landsat 7 - ETM+. Zugriff auf die Quelle: Dezember 2010, http://earthobservatory.nasa.gov/Newsroom/NewImages/images.php3?img_id=17259.
- NORILSK NICKEL KOMBINE (2009): Jährlicher Bericht des NNK für 2008 (russ.). – 21.05.2009, www.nornik.ru/_upload/year2008/report2008.pdf.
- OBRUTSCHEW, W. A. (1940): Ein kurzer Abriss der geologischen Exploration Sibiriens. – Proc. XVII internationaler geologischer Kongress in Moskau 1937. Moskau, B. 5, 285 – 328.
- OLIPHANT, R. (2009): Silver Bear hat 31 Mio. oz. in der Mangaseisky Lagerstätte entdeckt (russ.). – 18.03.2009, www.mineral.ru/News/35812.html.
- PACIFIC RIM GEOLOGICAL CONSULTING INC. (2011): Recent PRGCI Project Case Histories. – 15.07.2011 http://www.pacrimgeol.com/projects_clients.html.
- PERSITS F. M., ULMISHEK G. F., STEINSHOUER D. W. (2009, letztes Update): Maps showing geology, oil and gas fields and geologic provinces of the former Soviet Union. – U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Open-File Report 97-470E, 13 S. <http://pubs.usgs.gov/of/1997/ofr-97-470/OF97-470E/fsumap.pdf>.
- ROSNEDRA (2009): 10 Jahre AG „Gonorudnaja Kompania“ (russ.). – 12.03.2009 www.rosnedra.com/article/2123/10.

- SAFONOV, J. G. (2010): Mineral potential of the Russian Arctic: state and efficient development. – *Russian Geology and Geophysics* 51, 112 – 120.
- SARTISSON F. (1900): Geschichte und Statistik des russischen Bergbau- und Hüttenwesens. – Dissertation: 245 S., 4 Tafeln, Heidelberg.
- SHETANGELOV, A.; AGAPOV, D.; FOMICHEV, E.; USENKO, V.; ZAEROVA, S.; MATEVOSYAN, M.; BAKSHEEV, I. (2011): Peschanka porphyry Cu-Au-Mo deposit, Western Chukotka, Russia, Regional Mining Company LLC.
- SILVER BEAR RESOURCES (18.12.2009): Technical Report for the Mangaseisky Project. – 18.12.2009 www.silverbearresources.com/s/TechReports.asp.
- SILVER BEAR RESOURCES (2011): Technical Report for the Mangaseisky Project. – 25.02.2011 <http://www.silverbearresources.com/s/Overview.asp>.
- Staatliche Geologische Karte 2000-2001, Liste R-(45)-47-Norilsk
- TSCHERNYSCHOW, D. D. & DODIN D. A. (1998): Das mineralische Potenzial der Platinmetalle in Russland vor dem 21. Jahrhundert (russ.). – www.scgis.ru/russian/cp1251/dgggms/3-98/chernyshev.htm.
- TSCHERNYSCHOW, N. M. (1998): Entwicklungsperspektiven der Platinmetalle in Russland. – *Soros Education Magazin*, 5, S. 72 – 46.
- AMTLICHE WEBSEITE TSCHUKTSCHEN (2010): Tschuktschen Verwaltung des Fernostenkreises, territorialer geologischer Bestand. – <http://www.tfi.chukotnet.ru/map/deposit>.
- LEVINE, R. M., BRININSTOOL, M. & WALLACE, G. J. (2010): The mineral industry of Russia. – United States Geological Survey, USGS: 26 S. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/2007/myb3-2007-rs.pdf>.
- VEDOMOSTI (2011): Liberalization of strategic sectors law. – *Vedomosti Business Daily*, 02.03.2011.
- WALETOW, A., BADTIEW B., RJIABIKIN, W. (2000): Aktuelle Situation der mineralischen Reserven von „Norilskaja gornaja kompania“ (russ.). – *Cvetnye Metally* 6: 10 – 15.
- WASIL' EWA, I. (2010): Die Republik Sacha strebt eine Steuerbefreiung für den Zinnbergbau an (russ.). – *Gazeta Jakutia*, Jakutsk, 09.07.2010, www.gazetayakutia.ru/node/6664.
- WIKIPEDIA (2011A): Karte des Nordmeeres. – http://duchrow.bplaced.net/nordmeer/thumbs/20050708_000000.png.
- WIKIPEDIA (2011B): Politische Gliederung Russlands. – 21.07.2011 http://de.wikipedia.org/wiki/Politische_Gliederung_Russlands.
- YANGELOGIYA (2010): <http://www.yangeol.ru>.

ANHANG

Übersicht über die Lagerstätten und den historischen sowie derzeitigen Bergbau im arktischen Teil Russlands.

Lagerstätte	Rohstoff	Vorräte (Inhalt)*	Gehalt	Nebenelement	Abbaubeginn	Gebiet	Jahresproduktion	Betreiber
Sentatschan	Antimon	94,27 kt Sb (A – C1) 8,38 kt Sb (C2) 11,95 kt Sb (a + b) 14,42 t Au (A – C1) 2,57 t Au (C2) 1,21 t Au (a + b)	24,6 % Sb 38,2 ppm Au 13,4 ppm Ag	Au, Ag	1989	Republik Sacha	2008: 10.000 t Erz 1995: 372 kg Au	AG Zvezda
Choilinskoe	Baryt	1,79 Mio. t (A – C1)	70,6 – 82,7 % BaSO ₄		1998 2002 -GOK	Republik Komi	Kapazität: 120.000 t Baryt/a	AG Cholinski GOK (75 % Gazprom)
Woischorskoe	Baryt	72.000 t (A – C1) 108.000 t (C2)	28,0 – 55,6 % BaSO ₄			A. K. Jamal- Nenzen Polanural		
Laborowskoe	Bauxit	842.000 t (C2) 5,5 Mio. t (P)				Polanural		
Odinokoe	Bismut	6.811 t (A – C1) 62 t (C2) 7.022 t (a + b)				Republik Sacha		s. Zinn
Tschurpun'ja	Bismut	541 t (C2)				Republik Sacha	2004: 5 t	s. Zinn
Pawlowskoe	Blei, Zink	12.500 t Pb (A – C1) 440.900 t Pb (C2) 57.500 t Zn (A – C1) 1,91 Mio. t Zn (C2) 25.000 t Ag (P)	1,0 – 2,9 % Pb 1,6 – 20,8 % Zn	Ag		Nowaja Semlja, Oblast Archangelsk		militärisches Sperrgebiet
Saurei	Blei	182.100 t Pb (A – C1) 144.600 t Pb (C2)	6,28 % Pb 0,15 % Zn	bis 200 ppm Ag		A. K. Jamal-Nenzen		
Rai-Iz	Chrom	826.000 t (A – C1) 4,24 Mio. t (C2)	34,2 % Cr ₂ O ₃	Korund	2003	A. K. Jamal-Nenzen	2006: 650 t 2007: 800 t	AG Kongor- Chrom (Tschel- jabinsk MEMK)
Sapad aus Rai-Iz	Chrom	492.000 t (A – C1) 1,16 Mio. t (C2)	38,7 % Cr ₂ O ₃			A. K. Jamal-Nenzen		AG Sever-Chrom

Lagerstätte	Rohstoff	Vorräte (Inhalt)*	Gehalt	Nebenelement	Abbaubeginn	Gebiet	Jahresproduktion	Betreiber
Udatschnyj Pipe	Diamant	235,05 Mio. ct (A – C1) 68,98 Mio. ct (C2) 4,56 Mio. ct (a + b)			1968	Republik Sacha	2004: 17.281.400 ct	ALROSA
Jubilejnaja Pipe	Diamant	107,81 Mio. ct (A – C1) 1,91 Mio. ct (a + b)			1989	Republik Sacha	2004: 4.681.300 ct	ALROSA
Sarniza Pipe	Diamant	31,28 Mio. ct (A – C1) 6,58 Mio. ct (C2)			1990er	Republik Sacha	2004: 594.000 ct	ALROSA
Aichal Pipe	Diamant	33,87 Mio. ct (A – C1) 1 0,16 Mio. ct (C2)			1961	Republik Sacha	2004: 237.200 ct	ALROSA
Popigai-Udarnyj	Industriediamant	mit Kara ca. 90 % der russ. Reserven				Taimyr, Region Krasnojarsk		nicht bauwürdig
Ebeljach (Seife)	Diamant	4,1 % der russ. Reserven (A – C2)	10er ct/m ³ 17,2 – 29,9 mg		1984	Republik Sacha		Arktika ALROSA
Billjach (Seife)	Diamant		0,25 – 1,36 ct/m ³ 8,4 – 29,3 mg		1999	Republik Sacha		ALROSA
Molodo (Seife)	Diamant	0,7 % der russ. Reserven 236.910 ct (P1)	0,43 – 0,61 ct/m ³ 0,019 ct/m ³		1997	Republik Sacha	1997: 0,1 % der russ. Produktion	Polajmaja Zvezda ALROSA
Kureiskoe	Graphit	8,08 Mio. t (A – C1) 71,60 Mio. t (C2)	84,5 – 90,6 % C		2005	Region Krasnojarsk	2007: 4.200 t Graphit	AG Krasnojarskgrafit
Noginskoe	Graphit	914.300 t (A – C1) 650.900 t (C2)	80,5 – 82,7 % C		1931 – 2004	Ewenken, Region Krasnojarsk	bis 1983: 1.029.000 t	
Magan	Eisen	4 Mrd. t Fe-Erz (P2 + P3) 105 Mio. t P ₂ O ₅ (P)	35 % Fe 5,7 % P ₂ O ₅	Apatit		Republik Sacha		geologische Forschungen notwendig

Lagerstätte	Rohstoff	Vorräte (Inhalt)*	Gehalt	Nebenelement	Abbaubeginn	Gebiet	Jahresproduktion	Betreiber
Essei	Eisen	2,6 Mrd. t Fe-Erz (P2 + P3) 165,9 Mio. t P ₂ O ₅ (P)	25,5 – 39,6 % Fe	Apatit 9,9 % P ₂ O ₅		Ewenken, Region Krasnojarsk		geologische Forschungen notwendig
Belogorskoe	optischer Fluorit	540 kg (C1) 8.674 kg (C2) 16.424 kg (P1)	2,8 – 3,4 kg/m ₃			Republik Sacha		
Oktyabrskoe	Kupfer	16,34 Mio. t (A – C1) 6,17 Mio. t (C2)	1,8 % Cu im Erz 5,87 % Cu im Konz.	Ni, Pt, Co, PGM, Au, Ag, S, Se, Te u. a.	1974	Taimyr, Region Krasnojarsk	2004: 408.900 t	GMK Norilsk Nickel
Tainakh	Kupfer	8,09 Mio. t (A – C1) 478.500 t (C2)	1,13 % Cu im Erz 2,41 % Cu im Konz.	Ni, Pt, u. a.	1965	Taimyr, Region Krasnojarsk	2004: 44.100 t	GMK Norilsk Nickel
Norilsk I	Kupfer	881.900 t (A – C1) 836.100 t (C2) 706.600 t (a + b)	0,49 % Cu	Ni, Pt, u. a.	1936	Taimyr, Region Krasnojarsk	2004: 12.300 t	GMK Norilsk Nickel
Grawiiskoe	Kupfer	mittelgroß	0,7 – 2,6 % Cu	Zn, Pb, Ag, W, Pt, Pd, Au		Taimyr-Norilsk Region Krasnojarsk		geologische Forschungen notwendig
Sucharichinskoe	Kupfer	120.000 t Cu (P)	0,42 – 4,78 % Cu	bis 30 ppm Ag		Taimyr-Norilsk Region Krasnojarsk		geologische Forschungen notwendig
Rogatschewskoe	Mangan	3 Mrd. t Mn (P) 18,4 Mrd. t Mn-Erz	8 – 15 % Mn			Nowaja Semlja Insel, Oblast Archangelsk		potenziell
Maslowskoe	Ni, Cu, PGM	428.000 t Ni 1,12 Mio. t Cu 1.003 t Pd 388 t Pt 41 t Au	0,33 % Ni 0,51 % Cu 4,56 ppm Pd 1,78 ppm Pt 0,19 ppm Au	Au	Exploration 2010	Taimyr, Region Krasnojarsk		GMK Norilsk Nickel (weitere Daten s. Nickel)
Tomtor	Niob, Seltene Erden	73,6 Mio. t Nb ₂ O ₅ 153,7 Mio. t SE	0,8 % Nb ₂ O ₅ 10,1 % SEO 11,0 – 19,0 % P ₂ O ₅	Fe, P, Mn, Ti		Republik Sacha		nicht bauwürdig

Lagerstätte	Rohstoff	Vorräte (Inhalt)*	Gehalt	Nebenelement	Abbaubeginn	Gebiet	Jahresproduktion	Betreiber
Longot-Jugan	Niob	30.100 t Nb ₂ O ₅	0,126 % Nb ₂ O ₅ 0,007 – 0,03% Ta ₂ O ₅			Polarural		
Taikeu	Niob	26.200 t Nb ₂ O ₅	0,046 % Nb ₂ O ₅ 0,007 % Ta ₂ O ₅			Polarural		
Ust-Miramornoe	Niob	7.920 t Nb ₂ O ₅	0,032 – 0,28 % Nb ₂ O ₅ 0,008 – 0,03 % Ta ₂ O ₅			Polarural		
Nemur-Jugan	Niob		0,08 – 0,25 % Nb ₂ O ₅ 0,007 – 0,03 % Ta ₂ O ₅			Polarural		nicht bauwürdig
Gulinskoe	Phlogopit	60.443 t (C1) 127.493 t (C2)		Pt-Cu-Ni		Taimyr, Region Krasnojarsk		
Sofronow-skoe	Phosphorit	4,4 (6,1) Mio. t P ₂ O ₅ 15,8 Mio. t (P)	20 – 35 % P ₂ O ₅		2022	A. K. Jamal-Nenzen	1 Mio. t	Ural Promysch Ural Polar Co.
Lewtyrinywajam (Seife)	Platin	3,3 t	0,05 – 23,8 g Pt/ m ³ Ø 2,88 g Pt/m ³	s. Platin		Korjaken, Oblast Kamtschatka		Korjak- geoldobytscha GmbH
Imangda	Platin	mittelgroß	2,26 ppm Pt	Cu, Ni		Taimyr, Region Krasnojarsk		nicht bauwürdig
Sapadno- Pajanskoe	Quecksilber	7.100 t (A – C1) 3.017 t (C2) 871 t (a + b)	0,53 % Hg			A. K. Tschuktschen		24 % der russ. Vorräte
Swedotschka	Quecksilber	603 t (A – C1) 2.354 t (C2)	1,59 % Hg			Republik Sacha		6,2 % der russ. Vorräte

Lagerstätte	Rohstoff	Vorräte (Inhalt)*	Gehalt	Nebenelement	Abbaubeginn	Gebiet	Jahresproduktion	Betreiber
Gal-Chaja	Quecksilber	362 t (A – C1) 98 t (C2)	0,6 – 1,37 % Hg 1,75 ppm Au	Au		Republik Sacha		1,1 % der russ. Vorräte
Prognos	Silber	4.386 t (C2) 1.648 t (P1) 34.900 t Zn (C2)	659 – 704 ppm Ag 2,42 – 2,91 % Pb 0,7 – 1,01 % Zn	Pb, Zn	Exploration	Republik Sacha		Buryatoloto, High River Gold Mines
Mangazeisky	Silber	964 t 200 Mio. oz.	508 ppm Ag		Exploration	Sacha		Silver Bear Resources Inc.
Endywal	Silber		367 – 939 ppm Ag 0,55 – 0,72 ppm Au 1,33 – 10,14 % Pb 0,1 – 2,2 % Zn	Au, Pb, Zn	Exploration	Sacha		Silver Bear Resources Inc.
Norwik	Steinsalz	500,47 Mio. t (A – C1) 449,24 Mio. t (C2)		B	1936 – 1944	Taimyr	1942: 2.400 t 1944: 36.021 t	
Agyki	Wolfram	90.858 t WO ₃ (A – C1) 3.069 t WO ₃ (a + b)	1,27 % WO ₃	Cu		Sacha südlich des Polarkreises		schwer anreicherbar
Swetloe	Wolfram	18.556 t WO ₃ (A – C1) 9.609 t WO ₃ (C2) 3.006 t WO ₃ (a + b)	0,64 % WO ₃			Tschukotka		
Ilintas	Wolfram	15.042 t WO ₃ (A – C1) 7.045 t WO ₃ (C2) 89 t WO ₃ (a + b) 31.500 t Sn (A – C1) 7.600 t Sn (C2)	0,64 % WO ₃	1,25 % Sn		Sacha		
Iultin	Wolfram	6.454 t WO ₃ (A – C1) 672 t WO ₃ (C2) 4.325 t WO ₃ (a + b)	1,07 % WO ₃	Sn bis 1,1 % Bi	1958 – 1992	Tschukotka		

Lagerstätte	Rohstoff	Vorräte (Inhalt)*	Gehalt	Nebenelement	Abbaubeginn	Gebiet	Jahresproduktion	Betreiber
Deputatskoe	Zinn	198.298 t (A – C1) 57.518 t (C2) 6.114 t (a + b)	1,15 % Sn		1951 – 1997	Sacha		Deputatski GOK
Odinokoe	Zinn	125.791 t Sn (A – C1) 1.772 t Sn (C2) 75.701 t Sn (a + b) 10.300 t W (A – C1) 300 t W (C2)	0,31 % Sn	0,028 % W		Sacha		
Pyrkakai- Krutoi	Zinn	131.945 t Sn (A – C1) 3.179 t Sn (C2) 6.114 t Sn (a + b) 11.421 t W (A – C1) 210 t W (C2)	0,21 – 0,24 % Sn	0,019 % W	2012 – 2013	Tschukotka		AG Sewernoe Olowo
Pyrkakai- Wostok	Zinn	94.980 t Sn (A – C1) 5.429 t Sn (C2) 6.162 t Sn (a + b) 5.841 t W (C2)	0,24 % Sn	0,014 % W	2012 – 2013	Tschukotka		AG Sewernoe Olowo
Pyrkakai- Zentral	Zinn	17.426 t Sn (A – C1) 1.551 t Sn (C2) 2.205 t Sn (a + b) 1.098 t W (C2)	0,24 % Sn	0,014 % W	2012 – 2013	Tschukotka		AG Sewernoe Olowo
Ulachan- Egeljach	Zinn	25.710 t (A – C1) 21.292 t (C2) 378 t (a + b)	0,92 % Sn			Sacha		
Tschurpun'ja	Zinn	6.684 t Sn (A – C1) 21.128 t Sn (C2) 600 t WO ₃ (C2)	12,7 – 29,5 % Sn Ø 2,16 % Sn	0,05 – 0,19 % WO ₃ Bi	1990	Sacha	2005: 1.032 t Sn + 21 t W	Sachaolowo GmbH
Kester	Zinn	11.545 t (A – C1) 3.496 t (C2) 16.879 t (a + b)	0,31 % Sn	Li, Ta		Sacha		

Lagerstätte	Rohstoff	Vorräte (Inhalt)*	Gehalt	Nebenelement	Abbaubeginn	Gebiet	Jahresproduktion	Betreiber
Walkumei	Zinn	5.663 t (A – C1) 1.499 t (C2) 5.222 t (a + b)	0,88 % Sn		bis 1992	Tschukotka		
Tirinjtach	Zinn Seife	70.500 t Sn (A – C1) 3.300 t Sn (C2) 700 t WO ₃ (C2)	826,7 g Sn/t	W 8,72 g/m ³ In, Sc		Sacha	2005: 1.187 t Sn und 3 t W	Sachaolowo GmbH

*Staatlich festgelegte, russische Vorratsklassifikation mit den Bezeichnungen A, B, C1, C2, P1, P2, P3: Bei der Klassifikation „A“ handelt es sich um eine detailliert explorierte Lagerstätte mit großen bis mittelgroßen, „sicher nachgewiesenen“ Reservenmengen, die eine einfache geologische Struktur sowie gleichbleibende Mächtigkeit und Qualität der Erzmineralisation aufweist. Nach internationaler Klassifikation gehört zu dieser Gruppe bereits ein Teil der erkundeten Ressourcen. Die Einteilung „P“ wird für prognostische Ressourcen, d. h. Rohstoffhöfliche Becken, Erzregionen oder Erzfelder nach einer einfachen geologischen Kartierung mit Hinweisen auf eine geochemische oder geophysikalische Anomalie vergeben und deutet auf die potenzielle Existenz einer Lagerstätte hin. Berücksichtigt werden dabei vorhandene geologische Kenntnisse und Analogieschlüsse zu anderen Lagerstätten und Regionen. Die zwischen A und P liegenden Klassifikationsen definieren den weiteren Explorationsgrad der Lagerstätten. Im Rahmen der marktwirtschaftlichen Reformen Russlands erfolgte zwischen 1995 und 1998 eine Umbewertung der Vorräte von mineralischen Rohstoffen. Dies führte dazu, dass sich ein Großteil der Vorräte als nicht bauwürdig erwiesen oder sich die Vorratsangaben deutlich reduzierten (ELLMIES & HÄUSSER, 2003; DAUYEV et al., 2000).



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