

Exkursion 1991 zu Lagerstätten Ostkanadas

Excursion 1991 to mineral-deposits of Eastern-Canada

L. WEBER [Hrsg.]

mit Beiträgen der Exkursionsteilnehmer

mit 30 Abbildungen und 1 Tabelle

Schlüsselwörter:

*Ostkanada
Lagerstätten
Grenville Province
St. Lawrence Plattform
Apalachenorogen
Superior Province
Southern Province*

Keywords:

*Eastern Canada
Mineral deposits
Grenville Province
St. Lawrence platform
Apalachian orogen
Superior Province
Southern Province*

Adresse des Autors:

Address of the author:

Univ.-Doz. Dr. Leopold Weber
Institut für Geologie der Universität Wien
Universitätsstraße 7/III
A-1010 Wien

Inhalt

	Seite
Zusammenfassung, Summary	216
1. Einleitung	216
2. Der geologische Aufbau von Kanada mit besonderer Berücksichtigung des Exkursionsgebietes (C. JANDA, L. WEBER)	216
2.1. Lagerstätten der Grenville Province:	219
2.1.1. Nephelinsyenitvorkommen von Nephton	219
2.1.2. Lagerstätten um Bancroft (M. GEISER)	219
2.1.2.1. Uranpegmatite (Madawaska Mine)	219
2.1.2.2. Feldspatpegmatite (McDonald Mine)	220
2.2. Vererzungen und Geologie der St. Lawrence Plattform (F. HAUER)	221
2.2.1. Alnoit von „Abbaye Cistercienne la Trappe d'Oka“	221
2.2.2. Nb-Ta Karbonatite von Oka	222
2.2.3. „Ile-Cadieux pipe“	222
2.2.4. „Mount Royal“ (Montreal)	222
2.3. Lagerstätten des Appalachenorogens	223
2.3.1. Asbestos (Jeffrey Mine) (S. SALEK)	223
2.4. Superior Province	226
2.4.1. Val d'Or (Sigma Mine) (E. DRAGANITS, P. MOSER)	226
2.4.2. Lagerstätten der Blake River Group	228
2.4.2.1. Bousquet (S. RAKASEDER, P. MOSER)	228
2.4.2.2. Mobrun (C. KOLMER, P. MOSER)	230
2.4.2.3. Lac Dufault-Ansil (G. POSCH, P. MOSER)	234
2.4.3. Kidd-Creek (Timmins) (R. KNEZEVIC, P. MOSER)	238
2.4.4. Geco (Manitouwadge) (W. RUSEK, L. WEBER, P. MOSER)	241
2.4.5. Wawa (G. McLeod Mine) (T. VASARY, L. WEBER, P. MOSER)	244
2.4.6. Hemlo (M. JARNIK, P. MOSER)	246
2.5. Southern Province	249
2.5.1. Elliot Lake – Blind River (Stanleigh Mine) (F. HAUER, P. MOSER)	249
2.5.2. Sudbury (Creighton Mine) (H. H. WEINKE, F. DINTERER, P. MOSER)	252
3. Literatur	253

Contents

Zusammenfassung, Summary	216
1. Introduction	216
2. On the geology of Canada emphasizing the mineral deposits of the area (C. JANDA, L. WEBER)	216
2.1. Grenville Province:	219
2.1.1. Deposits of Nephelin-Syenites near Nephton	219
2.1.2. Mineral deposits of Bancroft area (M. GEISER)	219
2.1.2.1. Uranium-pegmatites (Madawaska Mine)	219
2.1.2.2. Feldspar-pegmatites (McDonald Mine)	220
2.2. Mineral deposits and geology of St. Lawrence Plattform (F. HAUER)	221
2.2.1. Alnoite of "Abbaye Cistercienne la Trappe d'Oka"	221
2.2.2. Nb-Ta Carbonatites of Oka	222
2.2.3. "Ile-Cadieux pipe"	222
2.2.4. "Mount Royal" (Montreal)	222
2.3. Appalachian mineral deposits of the	223
2.3.1. Asbestos (Jeffrey Mine) (S. SALEK)	223
2.4. Superior Province:	226

2.4.1. Val d'Or (Sigma Mine) (E. DRAGANITS, P. MOSER)	226
2.4.2. Mineral deposits of Blake River Group	228
2.4.2.1. Bousquet (S. RAKASEDER, P. MOSER)	228
2.4.2.2. Mobrun (C. KOLMER, P. MOSER)	230
2.4.2.3. Lac Dufault-Ansil (G. POSCH, P. MOSER)	234
2.4.3. Kidd-Creek (Timmins) (R. KNEZEVIC, P. MOSER)	238
2.4.4. Geco (Manitouwadge) (W. RUSEK, L. WEBER, P. MOSER)	241
2.4.5. Wawa (G. McLeod Mine) (T. VASARY, L. WEBER, P. MOSER)	244
2.4.6. Hemlo (M. JARNIK, P. MOSER)	246
2.5. Southern Province	249
2.5.1. Elliot Lake – Blind River (Stanleigh Mine) (F. HAUER, P. MOSER)	249
2.5.2. Sudbury (Creighton Mine) (H. H. WEINKE, F. DINTERER, P. MOSER)	252
3. References	253

Zusammenfassung

Im Rahmen einer geologischen Exkursion des Instituts für Geologie der Universität Wien nach Kanada konnten der geologische und tektonische Aufbau des Kanadischen Schildes, der St. Lawrence Platform, sowie des Appalachen-Orogens studiert werden. Besonderes Augenmerk wurde dabei den typischen Lagerstätten in den Greenstone-Belts geschenkt, die vielfach zu den größten der Welt zählen.

Summary

An excursion of the Institute of Geology of Vienna University made it possible to study geology and tectonic style of the Canadian Shield, the St. Lawrence Platform and the Appalachian orogene. Special attention was paid to the typical huge mineral deposits of the greenstone-belts.

1. Einleitung

Die Hauptexkursion 1991 (Abb. 1) des Instituts für Geologie der Universität Wien führte nach Kanada, um Geologie und Lagerstätten Ontarios und Quebecs kennenzulernen. Organisation und Führung oblag Univ. Doz. Dr. L. WEBER, der dabei tatkräftig von Univ. Prof. Dr. W. MEDWENITSCH und Univ. Doz. Dr. F. KOLLER unterstützt wurde.

2. Der geologische Aufbau von Kanada mit besonderer Berücksichtigung des Exkursionsgebietes

Der nordamerikanische Kontinent wird durch den dominanten Kanadischen Schild im Zentrum, das Kordillierenorogen im Westen, das Appalachenorogen im Osten, das Innuitian Orogen im Norden, sowie durch kontinentale Plattformen geprägt (Abb. 2).

Der präkambrische Schild ist die wichtigste Rohstoffquelle Kanadas. Er wird in einzelne Provinzen unterteilt, die sich in erster Linie durch Alter und Internstrukturen voneinander unterscheiden. Im wesentlichen werden sieben Provinzen unterschieden: Superior-, Churchill-, Grenville-, Slave-, Bear-, Southern-, und die Nain-Provinz.

Der Kanadische Schild wird von kontinentalen Plattformen überlagert (Interior-, Hudson-, St. Lawrence- und Arctic-Plattform). Randlich wird der Kanadische Kontinent schließlich von drei Schelfzonen abgegrenzt. Im Rahmen der Exkursion konnten geologische Aufschlüsse und Lagerstätten der St. Lawrence Platform, den Appalachen, der Superior Province, der Southern Province sowie der Grenville Province des Kanadischen Schildes studiert werden. Besonderes Interesse wurde dabei den La-

gerstätten in den Greenstone-Belts der Superior Province geschenkt.

Die bedeutendste tektonische Einheit des Kanadischen Schildes ist ohne Zweifel die Superior Province. In dieser Einheit liegen zahlreiche bedeutende Lagerstätten von Buntmetallen und Edelmetallen. Auffallend ist dabei eine Bindung dieser Vererzungen an die Greenstone Belts.

Die Grenville Province stellt die südöstlichste tektonische Einheit des Kanadischen Schildes dar. Die wichtigsten Gesteine dieser Einheit sind Kalkmarmor, Gneise und Schiefer. Charakteristisch sind darüberhinaus Plutonitkomplexe sowie zahllose Pegmatitvorkommen. Derartige Pegmatite enthalten u.a. charakteristische Uran- und Feldspatmineralisationen.

Die Southern Province, die südwestlichste tektonische Einheit des Kanadischen Schildes, taucht zum größten Teil unter den Lake Superior ab. Innerhalb des Penokean Fold Belts liegen die klassischen huronischen Sedimente, in denen die weltbekannten Urankonglomerate von Elliot Lake – Blind River liegen. In diesem Bereich liegt auch der ebenso bekannte Sudbury-Komplex, in welchem die liquidmagmatischen Kupfer-Nickelvererzungen liegen. In der südwestlichen Fortsetzung liegen in den US Bundesstaaten Wisconsin, Minnesota und Michigan bedeutende Eisenvererzungen.

Die St. Lawrence Platform, die den Kanadischen Schild im Südwesten überlagert, wird im wesentlichen aus paläozoischen Kalken, Dolomiten, Sandsteinen und Schiefen zusammengesetzt. Die Gesteine lagern ausgesprochen söhlig.

An die St. Lawrence Platform grenzt im Südosten das Appalachen-Orogen. Die Grenze bildet eine äußerst dominante Störung. Innerhalb des Appalachenorogens sind die Gesteinsserien tektonisch stark beansprucht und metamorph überprägt. Die Haupttektonik erfolgte im Zuge der Taconischen Phase im Ordoviciem sowie der Acadischen Phase im Devon. Im Zuge dieser tektonischen Ereignisse kam es auch zur Intrusion plutonischer Gesteine.

Zur weiteren Untergliederung der Superior Province:

In den letzten Jahren gelang es kanadischen Wissenschaftlern, mit Hilfe moderner Methoden diese Provinz näher zu untergliedern (THURSTON, P. C., CHIVERS, K. M. 1990).

Diese Provinz wird nunmehr in sogenannte Subprovinzen (SP) unterteilt, das sind Akkretionen von durch Bruchtektonik begrenzten Regionen im Sinne von Terranen mit ähnlichem Gesteinsinhalt, Strukturen, Metamorphosegraden und Alterswerten.

Sie werden in folgende 3 Gruppen zusammengefaßt:

1. Magmatische Terrane: (vorwiegend aus tonalitästischen Gneisen bestehend)

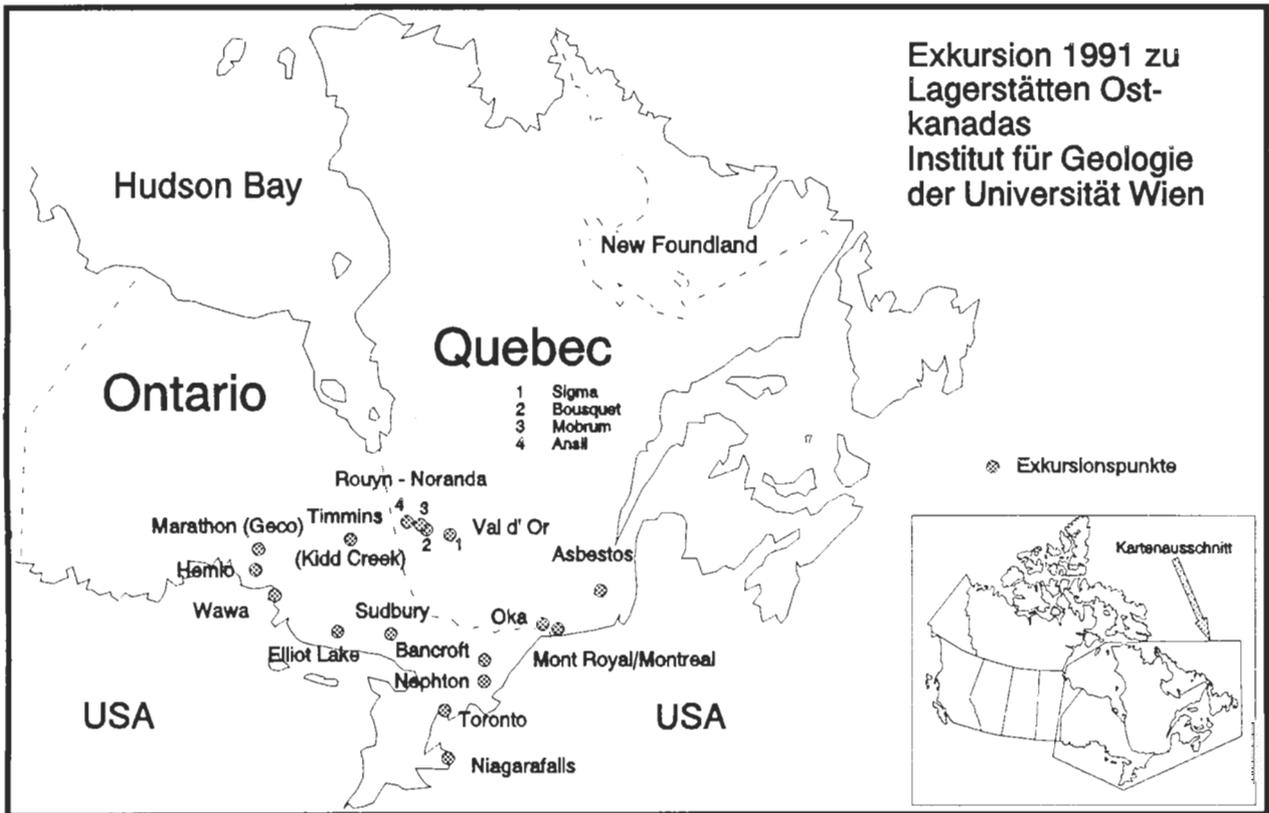


Abb. 1: Exkursionsroute. — Fig. 1: Route of excursion.

– Winnipeg River SP, Berens River SP

2. Sedimentäre Terrane: (bilden langgestreckte Gürtel und bestehen hauptsächlich aus Wacken mit Zwischenlagen von Konglomeraten und mafischen bis ultramafischen Sedimentserien)
 - Qetico SP, English River SP, Opatca SP
3. Granit – Greenstone Terrane (Greenstonebelts; Abb. 3):
 - Uchi SP, Abitibi SP, Sachigo SP, Wabigoon SP, Wawa SP, Bird River SP

Diese Greenstone Belts sind langgezogene Bereiche, die aus metavulkanischen Gesteinen zusammengesetzt werden, und nach neuesten Auffassungen eine Vielzahl tektonischer Ereignisse repräsentieren. Dies gilt als wesentlichste Neuerkenntnis der letzten Jahre über die Geologie des Kanadischen Schildes, da die alte Lehrmeinung die Auffassung vertrat, daß es sich bei den einzelnen Greenstonebelts um jeweils eigenständige tektonische Einheiten handelt. Mit Hilfe der absoluten Altersdatierung konnten jedoch zahlreiche Deformationsstadien nachgewiesen werden.

Nach heutigem Wissensstand unterteilt man die Greenstonebelts in 4 lithostratigraphische Einheiten:

1. quarz-arenit- und karbonatführende Sequenzen
2. mafische Sequenzen

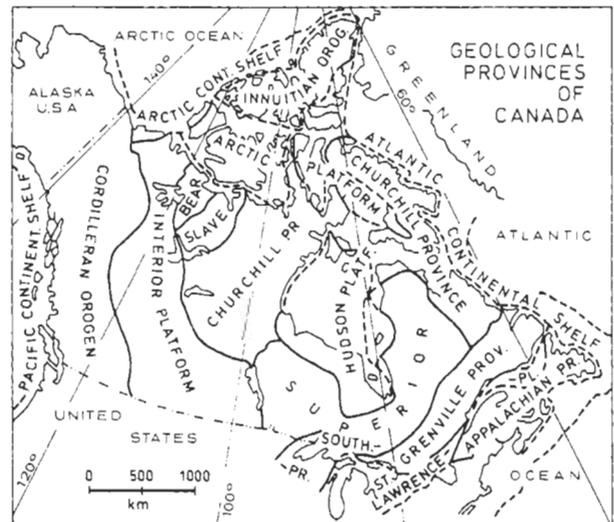


Abb. 2: Übersichtsskizze der geologischen Provinzen Kanadas.

Fig. 2: Simplified geological map of the geological provinces of Canada.

3. mafisch bis felsische Vulkanitserien
4. Pull-apart Becken (Timiskaming Typ)

Die Quarz-Arenit- und karbonatführende Sequenzen werden in Karbonat- und Quarzarenit

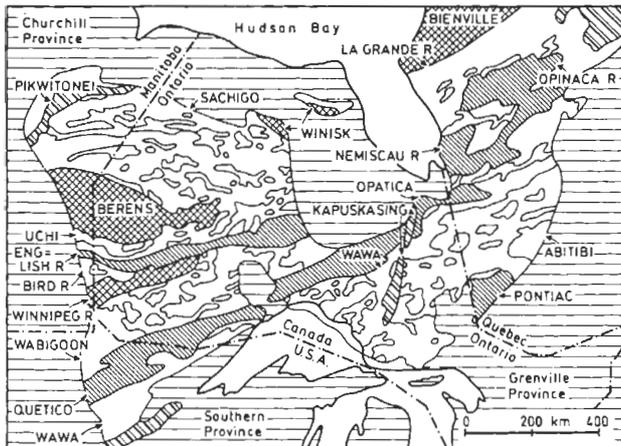


Abb. 3: Grünschistesterrane der Provinzen Ontario und Quebec.

Fig. 3: Greenstone provinces of Ontario and Quebec.

führende Serien unterteilt und stellen vulkano-sedimentäre Seichtwasserablagerungen mit klastischen Schelfablagerungen entlang passiver Kontinentalränder dar, die mit karbonatischen Plattformsedimenten abwechseln. Das Alter dieser Schichtfolgen liegt zwischen 2.8–3.0 Mrd Jahren. Die Mächtigkeit der gesamten Abfolgen schwankt zwischen 200–500 m (sehr gering im Vergleich zum Baltischen- und Indischen Schild).

Typische Lagerstätten:

– detritisches Au + U in quarzreichem Sediment, Eisenformation, Mn, Pb

Ein charakteristisches Profil einer solchen Sequenz setzt sich wie folgt zusammen:

- Komatiite und Tholeiite
- Eisen- und Manganformation
- Quarz-Arenite
- Konglomerate
- Stromatolitische Karbonatgesteine
- Saure Tuffe
- Arenite und Konglomerate
- Komatiite und Tholeiite
- Granitoide

Die mafischen Serien bestehen aus mafischen und ultramafischen Vulkanitserien (Tholeiite, Komatiite) mit geringmächtigen Einschaltungen von Argilliten (Tiefwasserablagerungen).

Der Vulkanismus ist durch sogenannte Stratovulkane charakterisiert, die eine sehr flache Hangneigung (normalerweise <math><2^\circ</math>, maximal bis 10°) aufweisen. Typisch ist weiters eine relativ konstante Mächtigkeit der einzelnen Lavaströme (– 200 m) und eine Länge der Eruptionsspalten bis 100 km. Das Alter dieser Gesteinsabfolgen liegt bei ca. 2.7 Mrd Jahren.

Typische Lagerstätten

– Cu, Cu-Ni, Au-Ag-Cu, Cu-Ag, Platingruppenelemente

Die mafisch bis felsischen Vulkanitserien werden in mehrere Zyklen unterteilt (Calderen – Zyklus nach SMITH & BAILEY, 1968) (Abb. 4).

1. Aufwölbung
2. Initiale Eruptionstätigkeit
3. Caldereneinbruch
4. Wiederauflebende Eruptionstätigkeit
5. Neuerliche Aufwölbung
6. Ringdyke Vulkanismus
7. Postvulkanische hydrothermale Tätigkeit

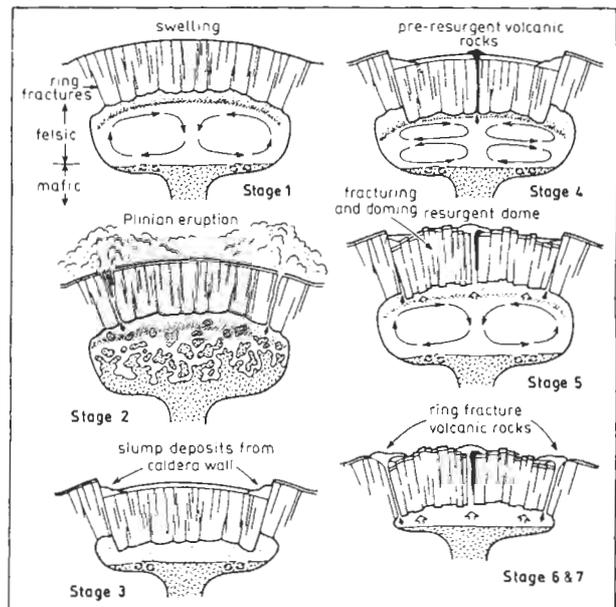


Abb. 4: Schematische Darstellung des Caldera Zyklus nach SMITH & BAILEY 1968; aus: THURSTON, P. C., CHIVERS, K. M., 1990.

Fig. 4: The Caldera Cycle after SMITH & BAILEY, 1968 from: THURSTON, P. C., CHIVERS, K. M., 1990.

Dieser Vulkanismus ist durch mächtige Serien von Aschenauswürfen, die im 2. Stadium des Zyklus entstanden sind, charakterisiert. Im 7. Stadium kam es durch die hydrothermale Aktivität zur Bildung von massiven Sulfidvererzungen. Das Alter dieser Gesteine liegt zwischen 2,775–2,700 Mrd Jahren.

Typische Lagerstätten:

- Vulkanogene massive Cu-Zn Sulfidvererzungen (z. B. Kidd Creek)
- Porphyrische Cu-Mo Vererzungen
- Eisenformation

Der „Timiskaming“ Typ repräsentiert einen alkalisch-kalkalkalischen Vulkanismus mit Hoch-Mg Basalten und fluviatilen Sedimenten. Benannt wurde dieser Typ nach der Typlokalität in der Abitibi Subprovince. Er stellt die jüngste Greenstonebelt Serie dar und überlagert im Normalfall die älteren diskordant. Möglicherweise stellt dieser Typ eine Analog-situation zu den heutigen Pull-apart Becken dar. Das Alter liegt zwischen 2,740–2,685 Mrd Jahren.

Typische Lagerstätten:

- Au (z. B. Sigma Mine), Fe

2.1. Lagerstätten der Grenville-Province

2.1.1. Nephelinsyenitvorkommen von Nephton

Der Nephelinsyenit von Nephton liegt etwa 200 km NE von Toronto und befindet sich in der zentralen metasedimentären Einheit der Grenville Province. Es handelt sich dabei um überwiegend plutonische Gesteine des jüngeren Proterozoikums. Der Tagbau wurde im Frühjahr 1991 von der „Unimin“ übernommen, nachdem dieser jahrelang von „Falconbridge“ betrieben wurde.

In Nephton ist eine ringförmige Alkaliintrusion aufgeschlossen, die sich überwiegend aus Alkalifeldspat und den Foiden Nephelin und Sodalith zusammensetzt. Die quarzfreie hochdifferenzierte Schmelze entstammt einem alkalibasaltischen Magma. An Gesteinen treten in erster Linie Alkaligabbros, Nephelinsyenite und Ultramaftite auf.

Eine durchschnittliche Analyse des Nephelinsyenits zeigt folgende Zusammensetzung: SiO₂ 60,7%; Al₂O₃ 23,4%; Na₂O 10,2%; K₂O 4,8%; CaO 0,5%.

Das Gestein enthält oft exotische Minerale wie Apatit, SEE, Phosphate, Zirkone. Bisweilen ist es auch peralkalisch. Dies führt zur Bildung von Alkalipyroxen und Alkali amphibol.

Nephelinsyenite finden in der Glasindustrie zur Herstellung von Scheibenglas, Glasgeschirr, usf. Verwendung. Durch Einsatz von Nephelinsyenit kann die Härte und Aufprallresistenz erhöht werden. Zugaben wirken darüberhinaus energiesparend, da die Schmelztemperatur gesenkt werden kann. Ein weiteres Einsatzgebiet ist die Keramikindustrie, wo Nephelinsyenite bei der Produktion von Sanitärwaren, Fliesen, Kacheln sowie Geschirr benötigt wird. In der Farbindustrie wird Nephelinsyenit wegen seiner weißen Farbe, Dichte, Lichtbrechung und Verwit-

terungsresistenz eingesetzt. Schließlich wird Nephelinsyenit auch als Al-Rohstoff anstelle von Bauxit verwendet.

2.1.2. Lagerstätten um Bancroft

2.1.2.1. Uranpegmatite (Madawaska-Mine)

Das ehemals bedeutende Uranvorkommen von Bancroft repräsentiert den relativ seltenen Uranpegmatittypus. Der Lagerstättenbereich liegt rund 8 km westlich von Bancroft und ca. 1 km nördlich des Highways 28. Die Lagerstätte wurde seit ihrer Entdeckung im Jahre 1949 zweimal bebaut. Zwischen 1957 und 1964 baute die Faraday Uranium Mines Ltd. in der „Madawaska Mine“ ca. 3 Mio. t Hauwerk (3000 t U₃O₈) ab. Daraus ergibt sich eine Konzentration von 0,1 % U₃O₈. Von 1976 bis 1982 produzierte die Madawaska Mines Ltd. rund 1600 t U₃O₈ (ALEXANDER, R., o. J.)

Die Lagerstätte (Abb. 5) liegt am nordöstlichen Rand des „Central Metasedimentary Belt“ der Grenville Province im südöstlichen Ontario. Im Umfeld der Vererzung sind granitische und syenitische Gneise, Metagabbros, mafische Paragneise, Kalksilikate, Marmore und Pegmatite aufgeschlossen. Im eigentlichen Bereich der Lagerstätte dominieren verschieferte Metagabbros („Faraday Metagabbro“), mafische Paragneise sowie Marmor- und Quarzlin sen. Pegmatite sind im südlichen Teil entwickelt und stellen gleichzeitig die wichtigsten Trägergesteine der Uranvererzung dar (pegmatitischer Lagerstättentyp).

Als Kluffüllungen wurden im Lagerstättenbereich violetter Anhydrit, untergeordnet Gips, rosafarbener Calzit, Augit sowie gelegentlich Pyrit beobachtet.

Die Uranvererzung ist nahezu ausschließlich an Pegmatite gebunden, die in zahlreichen Gängen und Linsen entwickelt sind, während das Nebengestein nur im unmittelbaren Kontaktbereich mineralisiert ist. Der Kontakt zwischen Pegmatit und Metagabbro ist üblicherweise scharf und zeigt geringmächtige Alterationshöfe.

Nach BEDELL (1981) intrudierten die Pegmatite in und um den Metagabbrokomplex am Ende der Grenville Orogenese. Dabei konnte der Pegmatit entlang vorgegebener (tektonischer) Schwächezonen eindringen. Verfaltungen oder jüngere Verformungen als der Pegmatit wurden nicht beobachtet.

Die Pegmatite (Abb. 6) sind zum überwiegenden Teil als unregelmäßig begrenzte geologische Körper zu bezeichnen. Im Streichen können größere Pegmatitkörper auf mehrere hundert Meter verfolgt werden, während ihre Mächtigkeit zwischen 3 und 70 Metern schwanken kann. Im Einfallen können sie rund 300 Meter anhalten. Insgesamt wurde durch

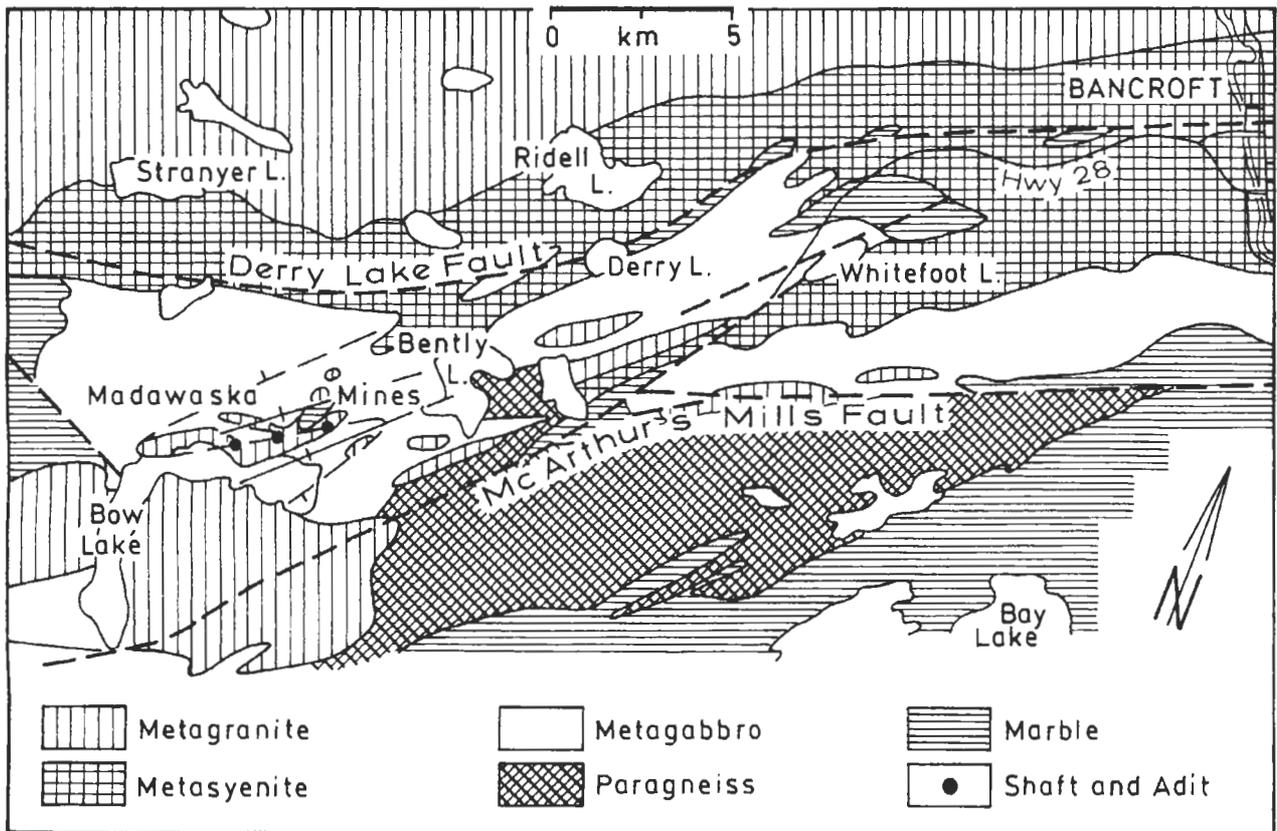


Abb. 5: Geologische Skizze des Bancroft Revieres (nach HEWITT, 1957).

Fig. 5: Simplified geological map of the Bancroft area (after HEWITT, 1957).

den Bergbau ein Verzugsbereich von rund 2000 Meter im Streichen und etwa 180 Meter Mächtigkeit bis in eine Tiefe von rund 500 Meter aufgeschlossen. Der durchschnittliche Erzgehalt lag bei rund 0.103% U_3O_8 . Die reichsten Erze enthielten bis 0.272% U_3O_8 .

Die granitischen Pegmatite werden aus rosafarbenen bis rötlichen Feldspäten (Mikroclin, Perthit, Albit), Pyroxenen und Amphibolen (2–40%), bisweilen chloritisiert, sowie Quarz (5–20%) zusammengesetzt. Üblicherweise ist der Quarz klar durchscheinend, gelegentlich aber auch als Rauch- oder Milchquarz entwickelt. Akzessorisch treten Magnetit, Zirkon, Titanit, Apatit, Turmalin, Hämatit, Kalzit, Anhydrit, Pyrit sowie Markasit auf. Vor allem der Hämatit hat sich als hervorragender Verzugsindikator erwiesen. Im Ausblüßbereich konnten auch Imprägnationen von Molybdänglanz beobachtet werden.

Als Uranerze treten Uraninit, Uranothorit, Thorit, Allanit sowie Uranophan als Sekundärprodukt in Erscheinung.

Durch Radioaktivität wurden im Pegmatit in Bereichen mit höheren Uraninitgehalten typische Sprengrißstrukturen hervorgerufen, die beispielsweise die unregelmäßige Klüftung und Zertrümmerung des Pegmatits verursachen.



Abb. 6: Madawaska Mine: Obertagsaufschluß des uranführenden Pegmatits.

Fig. 6: Madawaska Mine: Outcrop of the Uranium bearing pegmatite.

2.1.2.2. Feldspatpegmatite (McDonald Mine)

Etwa 16 km nördlich von Bancroft liegt die ehemalige McDonald Mine, ein Pegmatitkörper, in welchem Feldspat gewonnen wurde. Bekannt sind auch hier

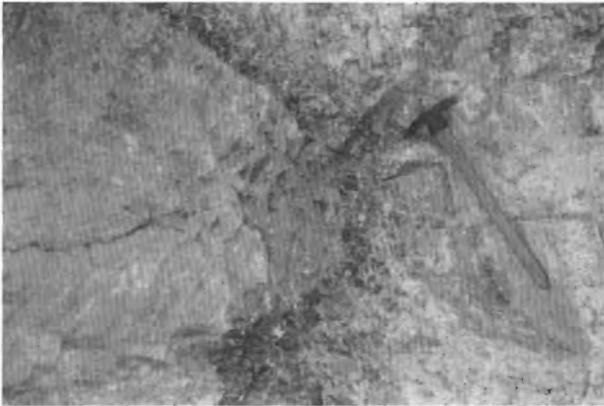


Abb. 7: McDonald-Mine: Riesenkalifeldspat mit radioaktivem Hof.

Fig. 7: McDonald-Mine: Huge Potassium feldspar with radioactive halo.

Anreicherung von radioaktiven Mineralien.

Die Lagerstätte liegt in Grenville Metasedimenten (Paragneise, Amphibolite und Kalkmarmore) sowie Syenitgneisen (HEWITT, D. F., 1955). In die präkambrischen Sedimente intrudierten späte saure Magmen und bildeten die schon oben erwähnten Syenit- und Granitgneise. Die umgebenden Gesteine der Pegmatitlagerstätte bestehen aus feldspatreichen Paragneisen, silifizierten Karbonaten skapolithischen Amphiboliten, kalkreichen Metapyroxeniten sowie hybriden Granit- und Syenitgneisen. In diese Gesteine intrudierten feinkörnige, dunkle Lamprophyre. Der Pegmatit streicht annähernd E-W und fällt 60–70° gegen N ein, im Streichen ist die Lagerstätte rund 200 Meter Länge bekannt. Die Mächtigkeit erreicht bis zu 25 Meter. Im Einfallen ist sie auf ca. 40 Meter aufgeschlossen.

Aus diesem Pegmatitkörper wurden Quarz, Mikroklin und Plagioklas (An_{10–20}) abgebaut. Die größten Feldspatkristalle (Abb. 7) erreichten eine Größe von ca. 3 Metern. Untergeordnet sind noch Hornblende, Pyroxene, Biotite und Chlorite zu beobachten. Daneben wurden auch Magnetit und Ilmenit beschrieben.

Im ehemaligen Abbaubereich sind hervorragend ausgebildete radioaktive Höfe zu beobachten, die sich in radioaktiv entstandenen Sprüngen und Farbänderungen äußern. An radioaktiven Mineralien sind Zirkon, Cyrtolith (radioaktiv veränderter Zirkon), Uraninit und Ellsworthit (= Uran-Pyrochlor) bekannt.

Diese Lagerstätte wurde von 1919 bis 1935 abgebaut. Nachdem der Bedarf an Feldspat zurückging, wurde die Gewinnung endgültig eingestellt.

2.2. Vererzungen und Geologie der St. Lawrence Platform

Der Karbonatitkomplex von Oka liegt ca. 20 km WNW von Montreal, in Gesteinsabfolgen der St. Lawrence Platform.

Der St. Lawrence River folgt einem tiefgreifenden, ENE–WSW streichenden Störungssystem, das wahrscheinlich bis in den oberen Mantel reicht und ein altes Riftingsystem darstellen dürfte. Während der Dehnungsphase intrudierten vor allem im Gebiet um Montreal und Oka ultramafische Magmen und Gabbros in die präkambrischen und paläozoischen Sedimente. Das Alter der Oka-Intrusion wurde mittels K/Ar auf 117 Mio. a (SHAFFIQUZZAH et al., 1970) und durch Rb/Sr auf 114±7 Mio. a (FAIRBAIRN et al., 1963) datiert.

2.2.1. Alnoit von „Abbaye Cistercienne la Trappe d'Oka“

Auf einem Hügel etwa 100 m westlich des Klosters „Abbaye Cistercienne la Trappe d'Oka“ wurden im Zuge des Straßenbaus kimberlitähnliche Alnoitgänge angeschnitten. Obwohl die Aufschlüsse inzwischen stark verwachsen sind, waren noch an einigen Stellen anstehender Alnoit zu sehen.

Dieser Alnoit besteht aus bis einige cm großen Biotit- bzw. Phlogopit-, Augit- und Olivin-Porphyrblasten in einer Grundmasse aus Magnetit, Melilith, Apatit, Monticellit, Forsterit, Augit, dunklen Glimmern und Kalzit. Akzessorien sind Nephelin, Ilmenit, Pyrit, Pyrrhotin und Perovskit. Als Sekundärminerale kommen Karbonate, Zeolithe und Serpentin vor. Um die meisten Kristalle, die oft Bruchstücke sind, haben sich Reaktionsäume aus weißen Zeolithen und Karbonaten gebildet.

Das Ganggestein ist eine polymikte Brekzie mit etwa 50% Einschlüssen in einer zähen, feinkörnigen, porphyrischen Matrix aus Phlogopit, Hydrogranat, Karbonat und Magnetit. Nephelin und Melilith fehlen. Das Vorhandensein von Metablasten von Mg-reichem Magnetit, Pyrrhotin, selten an Granat und zerbrochenem Apatit weisen auf eine enge Verwandtschaft zu Kimberliten hin.

Die Gesteinsfragmente haben eine Größe von einigen mm bis zu 25 cm. Es dominieren Bruchstücke des Nebengesteins (Gneise, Glimmerite, Ijolite, Sovite), aber auch von Alnoiten, Pyroxeniten und Jacupirangiten.

Durch Anwesenheit von Resorptionsrändern an den meisten Kristallen läßt sich eine partielle Resorption von Phänokristallen durch die Restschmelze ableiten.

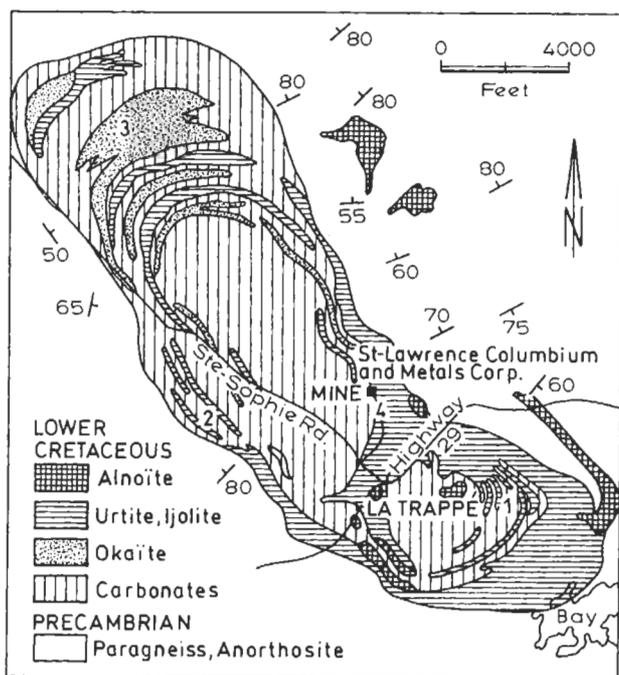


Abb. 8: Geologische Situation des Karbonatitkomplexes von Oka (aus: KRAUSS, U., SCHMIDT, H. et al., 1982).

Fig. 8: Geological map of the Oka carbonatite complex (from: KRAUSS, U., SCHMIDT, H. et al., 1982).

2.2.2. Nb-Ta Karbonatite von Oka

Etwa 5 km NE der Ortschaft Oka, im Zentrum der Oka Hills, befindet sich einer der sehr seltenen Niob-Tantal führenden Karbonatitkomplexe, die wirtschaftlich interessante Konzentrationen enthalten. Weltweit sind lediglich rund 200 solcher Karbonatitkomplexe bekannt, von denen aber nur jeder zehnte nutzbare Rohstoffe enthält.

Der Oka-Komplex (Abb. 8) ist ein klassisches Beispiel für einen Karbonatit: er ist an ein tiefgreifendes Störungsbündel gebunden und symmetrisch aufgebaut. Im Zentrum sind Sövite aufgeschlossen, wobei Kalzit vorherrscht und Dolomit nur in unbedeutendem Ausmaß vorkommt. Am Kontakt zum Nebengestein befinden sich zahlreiche kleinere und größere ringförmige Gänge von Ijolit, Melteigit, Urtit und Okait, die den Karbonatitkern wie Schalen umschließen. Das Nebengestein, ein Gneis, ist durch die Intrusion stark fenitisiert.

Die Herkunft des Karbonates kann verschieden gedeutet werden: einerseits als wiederaufgeschmolzenes karbonatisches Material aus tieferen Krustenteilen oder als primäres Karbonat, wobei heute letzterer Theorie der Vorzug gegeben wird; dabei sind Drucke von über 4 kbar und Temperaturen von mindestens

600 °C notwendig, um eine Reaktion von CaO mit CO₂ zu ermöglichen. Durch die zahlreich vorhandenen Flüssigkeitseinschlüsse konnte die Entstehungstiefe zwischen 10 und 15 km festgelegt werden.

Obwohl eine Befahrung des zur Zeit stillliegenden Bergbaues nicht mehr möglich war, sind auf den Halden noch schöne Handstücke von Sövit mit Columbit [(Fe,Mn)(Nb,Ta)₂O₆] zu finden.

2.2.3. „Ile-Cadieux pipe“

Der bekannte Aufschluß befindet sich direkt neben dem Highway 40, etwa 1 km NW der Abzweigung des Highway 20, ungefähr 10 km südlich des Oka-komplexes und bildet einen 6 m hohen und knapp 200 m durchmessenden Hügel.

Das Gestein ist ein Monticellit-Glimmer-Peridotit mit einer im Gleichgewicht befindlichen Mineralasoziation. Es ist sehr zäh, dicht und dunkelgrau, die Hauptgemengteile sind Phlogopit, Monticellit, Forsterit, Ti-hältiger Salit und Melilith. Akzessorisch treten Apatit, Magnetit, Perovskit, Kalzit, Skapolit und Zeolithe auf. Meist ist die Textur poikilitisch mit bis 1 cm großen Poikoblasten von Phlogopit und/oder Monticellit, die besonders an der Verwitterungsfläche leicht erkennbar sind. Einzelne Alterationsgänge mit einer Mächtigkeit von 1–50 cm bestehen fast zur Gänze aus Biotit und Melilith.

Bis auf sehr seltene aplitische, syenitische, karbonatisch-analzitische und ultramafische Fragmente sowie Augit-Xenoblasten ist das Gestein frei von Einschlüssen. Das Mg/Ca-Verhältnis weist auf eine enge Verwandtschaft mit einem Kimberlit hin, dessen Magma jedoch im Schlot erstarrt ist und nicht die Oberfläche erreicht hat.

2.2.4. „Mount Royal“ (Montreal)

Der Mount Royal liegt mitten im Zentrum Montreals. Er ist der morphologische Ausdruck einer kleinen alkalischen Intrusion während der Unteren Kreide (100±25 Mio a) in die paläozoischen Sedimente des St. Lawrence-Beckens. Die Intrusion nimmt eine Fläche von etwa 4 km² ein (Abb. 9).

Das Gestein besteht, vom Zentrum zum Rand hin, aus Melanogabbros mit assoziierten Ultramafiten, leukokraten Gabbros und Nephelindioriten. Zahlreiche Gänge von feldspatreichen Monzoniten, Lamprophyren, peralkalischen Feldspatsyeniten und quarzföhrnden Monzoniten durchschlagen flach lagernde Karbonatgesteine. Der Mineralbestand des Gabbros besteht hauptsächlich aus ungefähr 50% Plagioklas (sehr wenig Alkalifeldspat), Klinopyroxen, Olivin und Amphibol. Daneben finden sich Ilmenit und Magnetit, die dunklen Gabbros führen hingegen nur 10–20% Plagioklas.

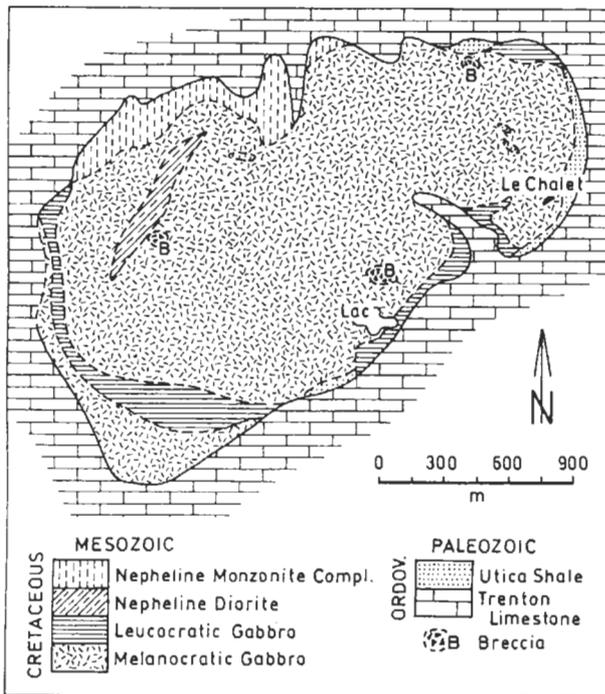


Abb. 9: Geologie des Umfeldes des Mount Royal.

Fig. 9: Simplified geological map of the Mount Royal.



Abb. 10: Vulkanische Gänge in paläozoischen Kalken.

Fig. 10: Volcanic dikes in paleozoic limestones.

Eine metamorphe Aureole mit einer maximalen Mächtigkeit von 120 m umgibt den Intrusionskörper. Innerhalb dieser wurden die sehr fossilreichen ordovizischen Kalke und Tone, die ebenfalls von, zum Teil subvulkanischen Gängen durchschlagen wurden, von einer Kontaktmetamorphose bis zur Pyroxen-Hornfels-Fazies betroffen (Abb. 10).

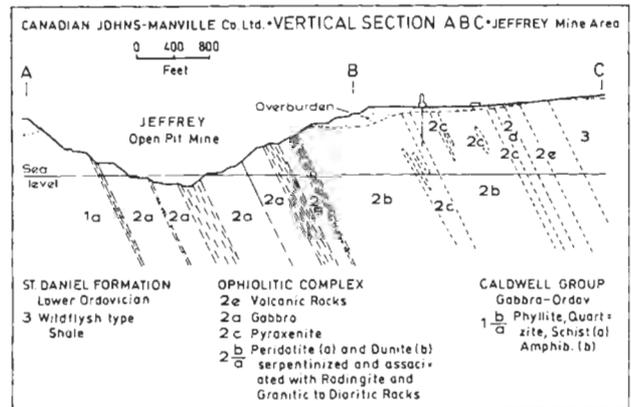


Abb. 11: Asbestos: Profil durch den Lagerstättenbereich

Fig. 11: Asbestos: Cross-section of the mining area.

2.3. Lagerstätten des Appalachenorogens

2.3.1. Asbestos (Jeffrey Mine)

Kanada ist der größte Produzent von Chrysotil-Asbest der Welt. Die Lagerstätten befinden sich innerhalb des Appalachen Orogens („Appalachian belt of ultramafic rocks“), im südlichen Teil der Provinz Quebec. Zahlreiche, in diesem Bereich ansässige Bergbaubetriebe produzieren seit 1878 Chrysotil-Asbest (RIORDON, P. H. & LALIBERTÉ, R., 1972).

Einer der größten Bergbaue ist die „Jeffrey Mine“ in Asbestos (Abb. 11), ca. 160 km östlich von Montreal gelegen. Seit nahezu 100 Jahren wird aus dieser Lagerstätte Chrysotilasbest gewonnen. Gegenwärtig entstammen ungefähr 30% der kanadischen, - und annähernd 12% der Westlichen Welt-Produktion an Chrysotilasbest allein aus diesem Bergbau!

Die Gewinnung erfolgt ausschließlich im Tieftagebau. Dieser hat eine Ausdehnung von mehr als 2 km und eine Tiefe von 320 m. Die jährliche Produktion der qualitativ hochwertigen Asbestfasern beläuft sich schätzungsweise auf 250.000 Tonnen.

Die weltbekannten Asbestmineralisationen Kanadas (Abb. 12) liegen im Ultramafitanteil einer Ophiolithsequenz, die in vorwiegend sedimentären Gesteinsabfolgen eingeschaltet liegt. Im Norden (stratigraphisch Liegendes dieser Ophiolithsequenz) befinden sich Gesteine der „Caldwell-Formation“, graugrüne bis schwarze Schiefer und Wacken kambrischen bis ordovizischen Alters. Gelegentlich finden sich darin auch Einschaltungen amphibolitischer Gesteine.

Im stratigraphisch Hangenden (Süden) wird die Ophiolithsequenz von den Sedimentabfolgen der St. Daniel Formation überlagert. Diese Gesteinsabfolgen, hauptsächlich dunkle Schiefer mit Karbonat-

gesteinszwischenlagen zeigen charakteristische Wildflynchphänomene. Altersmäßig werden diese Gesteine ins Untere Ordovicium eingestuft.



Abb. 12: Asbestos: Profil in den Tagebau Asbestos.

Fig. 12: Asbestos: View into the open pit of Asbestos.

Die Asbestlagerstätten sind an den Ophiolithkomplex mit unterordovicischem Alter gebunden. Diese Abfolge wird aus serpentinierten Peridotiten, Duniten, Pyroxeniten, Gabbros, Rodingiten, dioritischen bis granitischen Gesteinen, und schließlich basischen bis andesitischen Laven, die üblicherweise stark brecciiert sind, abgeschlossen. Die basischen Laven zeigen gelegentlich auch Pillowstrukturen.

Die Ophiolithsequenz liegt somit in sedimentären und vulkanischen Serien paläozoischen Alters. Die ältesten Gesteine – kambrische Schiefer, Quarzite und Metabasalte –, welche gemeinsam die mächtige Caldwell Formation aufbauen, wurden gefaltet, gestört und metamorphisiert, noch bevor sich jüngere ordovicische Sedimente, wie Pyroklastika, Schuttströme und vor allem mächtige Schieferserien mit einigen wenigen zwischengeschalteten Arkosela-

gen (St. Daniel Formation) ablagern konnten. Diese ordovicischen Gesteine wiederum falteten sich noch vor der Ablagerung devonischer Sedimente. Die zuletzt angeführten Faltungseignisse sind auf die acadische Gebirgsbildung zurückzuführen.

Während der taconischen, bzw. vortaconischen Gebirgsbildungsphase kam es zu zahlreichen Intrusionen. Es intrudierten große mafische bis ultramafische Körper entlang einer vorgegebenen Hauptschwächezone, welche im Kontaktbereich der Caldwell und der St. Daniel Formation liegt.

Die lokalen geologischen Verhältnisse der Asbestlagerstätten von Thetford Hills sind auf dem Profil (Abb. 12) deutlich zu ersehen:

Liegendbereich („1a, 1b“)

Im nordwestlichen Teil des Ultramafitgürtels treten die Sedimentgesteine der Caldwell Gruppe auf, in denen untergeordnet Amphibolite eingeschaltet sind. Nördlich des Kontaktes zur asbestführenden Ophiolithsequenz folgen schwarze Phyllite, unreine Quarzite und Quarz-Serizit-Chlorit Schiefer. Der schwarze Phyllit ist, nur wenige Meter vom Kontakt entfernt, dünn gebankt und alteriert. Lokal treten Amphibolitlinsen auf, u. a. im Kontaktbereich Schiefer-Ultramafite.

Ophiolithsequenz („2a-2e“)

Fünf Intrusivgesteinstypen treten im plutonischen Anteil des Ophiolithkomplexes auf: Peridotit, Dunit, Pyroxenit, Gabbro, 'Gabbro'.

Peridotit („2a“)

Im serpentinierten Peridotit, der den Liegendbereich eines ultramafischen Körpers bildet, liegen die reichsten Asbestmineralisationen. Seine Mächtigkeit umfaßt rund 600 m. Der serpentinierte Peridotit ist meist grünlich, wogegen der normale Typus schwarz gefleckt ist. Der Großteil des ursprünglichen Peridotits ist komplett serpentiniert und besteht aus Antigorit und Serpophit-Pseudomorpha (Olivin bis Pyroxen) sowie 3-4% Magnetit. Die Pyroxene haben ca. 10% des ursprünglichen Peridotits ausgemacht, wobei die Pyroxenkristalle entlang von Störungsflächen mit Magnetit bestreut und in Bastit umgewandelt sind.

Dunit („2b“)

Neben dem Pyroxenit sind serpentinierte Dunite bedeutende Asbestträgergesteine. Dieser Dunit liegt südlich des serpentinierten Peridotites, und erreicht Mächtigkeiten bis über 700 m, und wird durch eine Scherzone vom Peridotit getrennt, obwohl auch kontinuierliche Übergänge zum Peridotit bestehen. Der

feinkörnige Serpentin ist ein dichtes, feinkörniges, massives Gestein mit olivgrüner bis schwarzer Farbe, das lokal zerbrochen und gestört wurde. Das Gestein besteht aus einheitlichen Körnern von Antigorit, Serpophit und kleinen Magnetitkörnern.

Pyroxenit („2c“)

Der Pyroxenit erstreckt sich entlang der Südgrenze des Dunits und bildet neben einer durchgehenden Bank vor allem unregelmäßige Linsen im Dunit. Das Gestein ist grobkörnig und enthält unorientierte Augitkristalle und interstitialen Serpentin. Die Farbe ist gräulichgrün.

Gabbro („2d“)

Im südlichen Kontaktbereich des ultramafischen Sills liegt eine große Gabbromasse, die mit Pyroxenit assoziiert ist. Der Kontakt ist üblicherweise zerschert, gelegentlich sind aber auch kontinuierliche Übergänge zum Pyroxenit zu beobachten. Der Gabbro ist mittel- bis grobkörnig und besteht aus Feldspat, grünlichen Pyroxenen und körniger, schwarzer Hornblende, die bisweilen von Chlorit umsäumt wird.

Ganggesteine, Vulkanite („2e“)

Es sind dies viele unregelmäßige, gangförmige Gesteine, welche in den serpentinierten Peridotit eindringen. Die Ganggesteine sind zum Teil vollständig in Rodingit umgewandelt. Gelegentlich wird auch lokal die Bezeichnung „Roter Granit“ verwendet. Diese Gänge wurden in äußerst unregelmäßige Bruchstrukturen injiziert, und häufig deformiert. Diese „Roten Granite“ sind Gänge, die meist parallel zur Lagerstättenstruktur angeordnet sind. Der ebenfalls vorkommende, aber mengenmäßig untergeordnete „Weiße Granit“ tritt manchmal schrägwinkelig zu Störungs- und Scherzonen auf. Folgende Mineralien treten entlang von Fugen, Kontakten und Aushöhlungsgebieten als Bestandteil des Granites auf: Grossular, Uwarovit, Vesuvian, Prehnit, Wollastonit, Apophyllit.

Über den Ganggesteinen sind Abfolgen von Vulkaniten und Breccien intermediärer bis basischer Zusammensetzung entwickelt. Örtlich zeigen die graugrünen Vulkanite deutliche Pillowstrukturen.

Hangendbereich („3“)

Im südöstlichen Teil des Serpentinergürtels treten vulkanische Gesteine auf, welche aus Andesitströmen und Breccien bestehen. Mancherorts unterlagert, bzw. zwischenlagert die oft kissenförmig ausgebildete Lava die Breccien. Die Breccien bestehen aus gerundeten bis subangularen Fragmenten von granitischen

und vulkanischen Gesteinen, eingebettet in einer Matrix aus intermediärer Lava. Südlich der vulkanischen Sequenz tritt Schwarzschiefer vom Wildflyschtyp auf. Diese vor- oder mittelordovicische Formation enthält typisch schwarze Konkretionen und wird entlang der Südgrenze von anderen Sedimenten flankiert.

Die gesamten Gesteinsabfolgen (Caldwell-Group, Ophiolith Complex, St. Daniel Formation) werden von glazialen Sedimenten des Wisconsin überlagert.

Zur Rohstoffführung des Ophiolithkomplexes

An Wertmineralen treten einerseits die Asbestminerale der Serpentinegruppe mit dem faserigen Chrysotil, andererseits solche der Amphibolgruppe mit Crokydolit, Amosit, Tremolit- Aktinolit und Anthophyllit auf.

Chrysotil kann kreuz-, und glattfaserig (crossfibre, slipfibre) auftreten. Der kreuzfaserige Typ tritt in Klüften auf, in welchen die Fasern entweder normal oder schräg zur Klüftfläche stehen. Der glatte Typ überzieht meist Klüftflächen und ist flächenparallel zu der Richtung der Streifen orientiert. Abgesehen von den bisher genannten treten noch folgende Minerale auf: Brucit, Magnetit, Antigorit, Talk, Anthophyllit, Granat, Biotit, Tremolit und Magnesit.

Kreuzfaseriger Asbest liefert den Hauptanteil des Hauwerkes, andere Fasern stammen aus streifenförmigen Säumen. Der kreuzfaserige Asbest erreicht Faserlängen zwischen 6 und 25 mm.

Grundsätzlich befindet sich der Asbest vorwiegend im serpentinierten Peridotit, der sich im unteren Teil des ultramafischen Sills befindet. Man nimmt an, daß durch tektonische Ereignisse (vor und nach der granitischen Injektion) hydrothermale Lösungen aufsteigen konnten, wodurch die Bildung von Asbest entlang der Klüftflächen ermöglicht wurde.

Die Mineralisation in Asbestos findet sich stockwerkartig in serpentinierten Gesteinen. Der Lagerstättenkörper hat die Form eines elliptischen Zylinders mit einem Durchmesser von 600 m. Er fällt mit 65° nach SE ein.

Im zentralen Bereich des Asbestgürtels können drei Intrusivkomplexe unterschieden werden. Da nur ein geringer Zeitabstand zwischen diesen drei Formationen liegt, ist anzunehmen, daß alle drei Ereignisse während einer Gebirgsbildungsphase stattgefunden haben. Der erste Komplex besteht aus Peridotit und Dunit, der zweite aus Dunit, Pyroxenit und Gabbro, und der dritte aus Granit und Syenit. Wesentlich ist, daß nur im ersten Komplex Asbestmineralisation wirtschaftlicher Dimension auftreten, weswegen die Unterscheidung der einzelnen Intrusionskomplexe von tragender Bedeutung ist. Die Peridotite entsprechen einem tektonisierten Mantel, der Dunit-Pyroxenit-Gabbro Komplex wurde durch gravitative

Differentiation in einer Magmenkammer gebildet.

Bald nachdem sich die ultramafischen bis mafischen Gesteine gebildet hatten, bzw. noch während sie auskühlten, kam es zu reger Tektonik, die zu einer irregulären Begrenzung der Granitkörper und der kleineren Syenitkörper führte. Entlang der Nordwest-Grenze des Peridotits kam es zu zahlreichen Störungen im Kontaktbereich, die sich auch in den Hauptkörper des Peridotits fortsetzen; zusätzlich bildeten sich noch Transversalstörungen. Gleichzeitig kam es zu subsidenzbedingten Störungen und Brüchen.

Die intensive Serpentinisierung gipfelte in der Bildung der Asbestklüfte. Die Serpentinisation war aber keineswegs auf dieses späte Stadium beschränkt. Das erste Stadium resultierte in der einheitlichen und teilweisen Veränderung des Peridotits und der kompletten Serpentinisation des Dunites durch Autometasomatose. Während die granitischen Gesteine intrudierten, kam es auch in deren unmittelbarer Nähe zur Serpentinisierung des Peridotits. Die zunächst eher homogene Masse des Peridotits nahm dadurch einen ziemlich heterogenen Charakter an. Nach der Ausbildung der Asbestklüfte gab es eine letzte Periode hydrothermalen Aktivität, die in manchen der Hauptstörungen eine Talk-Karbonat Alteration verursachte. Es konnten sich Talkschiefer, Steatit und massive Karbonate bilden.

2.4. Superior Province

Die bedeutendsten Lagerstätten der Superior Province liegen in Greenstone Belts. Dabei kommt vor allem dem Abitibi Greenstone Belt eine besondere Bedeutung zu. In diesen Gesteinsabfolgen liegen bedeutende Goldlagerstätten epigenetischer Entstehung (Val d'Or - Sigma), vor allem aber SE-DEX Lagerstätten, die zum Teil ebenfalls wegen ihrer Goldführung bekannt sind. Zahlreiche Explorationsprojekte konnten im letzten Jahrzehnt erfolgreich abgeschlossen werden. Die Entdeckung der bedeutenden Lagerstätten um Hemlo sind hervorragende Zeugen des jüngsten Goldbooms. An Abfolgen des Wawa-Abitibi Greenstonebelts gebunden sind auch die bekannten Bändereisenerzlagerstätten des Algoma-Typs.

Viele dieser Lagerstätten in der Superior Province sind als ausgesprochene Typuslagerstätten bekannt („Sedex Vererzungen von Kidd-Creek/Timmins“; Bändereisenerzlagerstätten des „Algoma-Typs“ usf.).

2.4.1. Val d'Or (Sigma Mine)

Geologischer Rahmen

Die Golderzlagerstätte liegt in Greenstonebelts der Superior Province. Die Schichtfolgen werden der archaischen Malartic-Gruppe zugeordnet. Die Gesteinsabfolge besteht hauptsächlich aus Ost-West streichenden, steil nach Norden einfallenden ultramafischen Vulkaniten, Basalten, Tuffen, Agglomeraten und Andesiten. Lokal sind diese Einheiten leicht überkippt und werden nach Süden hin jünger.

Im Bereich der Lagerstätte intrudierten in diese vulkanosedimentären Einheiten im S die Lamaque Intrusiva, im N der Bourlamaque Batholith. Die Malartic-Gruppe wird lokal in „Nord-Ströme“, „Nord-Tuffe“, Pillow- und massige Laven, „C-Typ-Diorit-Porphyr Komplex“ und „G-Typ-Feldspat-Porphyr-Gänge“ (lokale Arbeitsbegriffe) unterteilt.

Die Erzführung ist an den „C-Typ-Diorit-Porphyr-Komplex“ gebunden, weshalb der Großteil des Grubengebäudes auch in dieser lithologischen Einheit liegt.

a) „Nord-Ströme“

Die „Nord-Ströme“ bestehen hauptsächlich aus Basalten und basischen Tuffen, seltener aus Ultramafiten. Sie sind gut geschiefert und führen teilweise geringmächtige, steil nach Süden einfallende „G-Typ-Porphyr-Gänge“.

b) „Nord-Tuffe“

Diese etwa 300 bis 450 m mächtige Einheit besteht aus Lapilli-Tuffen, Kristall-Tuffen, geschichteten Tuffen und Tuff-Agglomeraten, jeweils intermediärer Zusammensetzung. Die Schieferung ist sehr ausgeprägt und überwiegend parallel zur Schichtung.

c) Pillow- und massige Laven

Diese Einheit besteht aus Pillow-Laven, Lavaströmen und feinkörnigem Tuff andesitischer Zusammensetzung. Die Schieferung ist sehr deutlich ausgebildet. Diese Einheit ist u. a. Trägergestein der Vererzung.

d) „C-Typ-Diorit-Porphyr“

Der „C-Typ-Diorit-Porphyr“ (lokaler Arbeitsbegriff), ein stark alterierter Quarzporphyr, bildet einen grob symmetrischen Komplex um den Schacht. Strukturell schlecht gegliedert, beinhaltet die Einheit große Einschlüsse von älteren Laven, die Schieferung ist unauffälliger als in den vorher genannten Einheiten.

Die Plagioklase, etwa zwischen 1 und 3 mm groß, machen ungefähr 40% des Gesteins aus und zeigen im

Dünnschliff intensive Umwandlungen zu Albit und Klinozoisit.

Die feinkörnige Matrix besteht hauptsächlich aus sekundärem Albit mit etwa 30% Chlorit. Epidot und sekundärer Biotit kommen in verschiedenen Konzentrationen vor.

e) „G-Typ-Feldspat-Porphyr-Gänge“ (lokaler Arbeitsbegriff)

Diese Ost-West streichende, steil nach Süden einfallende Einheit, ist die jüngste unter den bisher Genannten. Sie quert die Vulkanite und älteren Intrusiva und zeigt keine Schieferung. Die Gänge können über weite Strecken verfolgt werden und variieren im 100-Meter-Bereich zwischen 1,5 und 6 m Mächtigkeit.

Die etwa 0,5 bis 1 cm großen Feldspat-Porphroblasten zeigen starke Umwandlungen zu Albit und Serizit. Die Matrix besteht aus feinkörnigem, sekundären Albit, Chlorit, sowie etwas Epidot und Karbonat.

f) „Diabas-Gänge“

Es handelt sich um geringmächtige, Nord-Süd streichende Gänge mit hohem Olivinegehalt. Als Produkt postarchaischer Aktivität durchschlagen sie alle anderen Einheiten und Strukturen.

Strukturgeologische Merkmale

a) Scherzonen

Es werden zwei Hauptscherzonen unterschieden: (1) Die Ost-West streichende, vertikal abtauchende „Highway-Scherzone“ (benannt nach dem teilweise parallel laufenden Highway 117) wird im Bereich der Lagerstätte etwa 10 m breit. (2) Die Nord-Scherzone am Kontakt-Pillow-Laven und „Nord-Tuffe“. Sie verläuft parallel zur Highway-Scherzone und ist etwa 1,2 m breit.

Bei beiden Scherzonen handelt es sich jeweils um eine Süd-Aufschubung auf die nördliche Einheit. Zwischen diesen zwei Hauptscherzonen liegen noch etwa 25 weitere, geringer mächtige Scherzonen. Sie streichen überwiegend E-W und fallen etwa mit 60° bis 70° nach S ein.

b) Bruchstrukturen

Ein System von mit 15° W einfallenden Brüchen ist vor allem im „C-Typ-Diorit-Porphyr“ gut entwickelt. In den „G-Typ-Feldspat-Porphyr-Gängen“ gibt es zum Gang senkrechte, mit 40° W einfallende Abkühlungsbrüche.

Vererzung

Die Goldvererzung ist durch den Bergbau auf rund 1,5 km im Streichen und ca. 2 km im Verfläichen aufgeschlossen. Eine Bindung an mit Quarz, Turmalin und Pyrit verheilte Scherzonen ist unverkennbar. Gold ist zu 80% mit Pyrit assoziiert, wo es Mikrofrakturen im Kristall besetzt, etwa 20% liegen als freies Gold in Form von Goldblättchen und kleinen Nuggets vor. In stark vererzten Quarz-Turmalin-Pyrit-Kluftfüllungen tritt etwas Scheelit hinzu. Ab einer Tiefe von 1.500 m wird Turmalin durch Biotit ersetzt, ohne daß sich aber dabei der Goldgehalt ändert.

a) Vererzung der saigeren Scherzonen

Fluide konnten vor allem in aktiven Scherperioden auf Grund der besseren Wegsamkeit hochdringen. Obwohl die einzelnen Klüfte unterschiedliche Gehalte an Quarz, Turmalin und Pyrit aufweisen, hat dies offensichtlich keinen Einfluß auf die Au-Führung. Diese im saiger liegenden Kluftsystem auftretenden Vererzungen bilden Linsen mit 0,1 bis 2 m Mächtigkeit und einigen 100 m lateraler Erstreckung, wobei offensichtlich ein empirisches Verhältnis zwischen Goldgehalt und Mächtigkeit der Linse besteht.

b) Vererzung flacher Kluftsysteme

Vererzungen dieses Typs liegen üblicherweise ausgesprochen flach und fallen mit bloß 15–20° westwärts ein. Man nimmt an, daß die goldhaltigen Fluids entlang der Scherzonen in diese Klüfte eindringen.

Nebengesteinsveränderungen, z. B. Umwandlung zu Albit, Quarz, Serizit, Karbonat und Pyrit reichen im „C-Typ-Diorit-Porphyr“ bis zu einem halben Meter ins Nebengestein. Charakteristisch sind auch intensive Turmalinisierungen.

Der Goldgehalt der flachen Kluftsysteme wird in erster Linie durch die Nähe von (vererzten) Scherzonen kontrolliert. Die Au-Führung, die u. a. von den Nebengesteinsveränderungen abhängig ist, ist dort am bedeutendsten, wo Pyrit massenhaft vorkommt.

c) Vererzung der „G-Typ-Diorit-Porphyr-Gänge“

Die Abkühlungsrisse der Gänge sind mit Quarz, Turmalin und Pyrit verheilt, und zeigen einschließ- lich der Au-Führung somit auch die gleiche Zusammensetzung wie in den mineralisierten Scherzonen.

Der Goldgehalt ist offensichtlich vom Grad der Nebengesteinsveränderung sowie vom Pyritgehalt abhängig.

Lagerstättengenesse

Die Au-haltigen Lösungen, die in das vorhandene Kluftsystem eindringen konnten, standen offensichtlich mit jüngeren magmatogenen Ereignissen in Zu-

sammenhang. Die exakte Herkunft der Fluide ist ungeklärt, wobei aber ein Zusammenhang mit den Plutonitintrusionen sehr wahrscheinlich ist.

Untersuchungen ergaben für den Biotit aus Quarz-Turmalin-Pyrit-Klüften, somit wahrscheinlich auch für die Vererzung ein K/Ar-Alter von 2.429 ± 50 Mio Jahren.

Alter der Gesteine

Mit Hilfe von K-Ar-Datierungen konnte eine altersmäßige Einstufung der Gesteine vorgenommen werden. Vulkanite: 2.705 Mio a; C-Typ-Diorit-Porphyr: 2.703 Mio a; G-Typ-Diorit-Porphyr-Gänge: 2.694 Mio a; flache Kluftsysteme: 2.575 Mio a.

Bergbautätigkeit

Jährlich werden rund 450.000 t Erz mit einem Durchschnittsgoldgehalt von 3,95 g/t abgebaut. Das Bergwerk nahm 1937 seine Gewinnungstätigkeit auf und ist seitdem bis heute ohne Unterbrechung in Betrieb.

Die Lagerstätte ist von über Tage aus durch einen 1000 m tiefen Hauptschacht aufgeschlossen. Dieser dient sowohl der Wertmineral- als auch der Materialförderung.

Weitere Tagesöffnungen für die Wetterführung und als Fluchtöffnungen bestehen in Form von abgesetzten Schächten. Sohlen im Abstand von 50 m unterteilen die steil stehende Lagerstätte in Abbauabschnitte. Zwischen den Sohlen bestehen nur Vertikalverbindungen. Die tiefsten Grubenbaue in Form von Blindschächten reichen bis zu einer Teufe von 1800 m. Die gesamten Aus- und Vorrichtungsbaue sind im Lagerstättenkörper aufgefahren. Dies geschieht aus der Notwendigkeit, der unregelmäßigen Lagerstätte beim Ausrichten folgen zu müssen.

Abbaubetriebspunkte sind über die gesamte Erstreckung der Lagerstätte verteilt. Gegenwärtig sind etwa 40 Sohlen in Betrieb – ein Umstand, der sich ganz deutlich in den nicht geringen Gewinnungskosten niederschlägt. Als Abbauverfahren kommen in den steilstehenden Lagerstättenteilen ein Teilsohlenkammerbau, Firstenstoßbau oder Speicherbau zur Anwendung. Kammerbau wird hauptsächlich in den mächtigeren Lagerstättenteilen betrieben. Der Teilsohlenabstand liegt bei etwa 12 m. Die streichend angelegten Kammern werden abschnittsweise über eine Länge von 15 m abgebaut und dann mit Spülversatz verfüllt. Das Versatzmaterial besteht aus Aufbereitungsbergen.

In den flachen Lagerstättenteilen kommt ein Örterbau zur Anwendung. Die Breite der Örter beträgt etwa 10 m, die Festenbreite 3 m. Örterlänge und Festenlänge liegen zwischen 100 und 200 m.

Die gesamte Material- und Personenbeförderung unter Tage erfolgt auf den Hauptsohlen gleisgebunden. Zwischen den Hauptsohlen und dem Abbau wird der Transport zum Großteil von Hand abgewickelt.

Die Beförderung des Versatzes von über nach unter Tage erfolgt in Rohrleitungen, die direkt bis in den Abbauhohlraum reichen.

Im Bergbau sind in Summe 400 Leute beschäftigt. Dies ergibt bei einer jährlich geschätzten Arbeitszeit von rund 1700 Stunden eine Werksleistung von etwa 0,66 t/Mannstunde oder – bezogen auf eine 8 Stundenschicht – 5,3 t/Mannschicht.

Die Gewinnungskosten liegen zur Zeit bei etwa 60 Can\$/t Roherz. Die „Produktionskosten“ für eine Feinunze Gold liegen in Summe bei etwa 400 Can\$, was den Erlös beim jetzigen Goldpreis leider übersteigt.

Zur Zeit werden Versuche unternommen, die Produktionskosten zukünftig auf 350 Can\$ zu senken. Das Rationalisierungspotential ist allerdings auf Grund des bereits über die gesamte Lagerstätte festgelegten Zuschnittes als nicht sehr hoch einzustufen. Zudem sind die Goldgehalte in einer Größenordnung wie sie für die nicht sehr günstigen geometrischen Verhältnisse der Lagerstätte (Mächtigkeit und Teufe) als eher gering einzustufen sind.

2.4.2. Lagerstätten der Blake River Group

Die Gesteinsabfolgen der Blake River Group enthalten eine Reihe von (edelmetallführenden) SEDEX Lagerstätten, die durch zahlreiche Bergbaue, die erst in den letzten Jahren die Produktion aufnahmen, abgebaut werden. Zu den charakteristischsten Bergbauen zu zählen sind Bousquet, Mobern und Ansil.

Schichtfolge sowie die lagerstättenspezifischen Merkmale dieser Blake River Group (BRG) werden bei der Besprechung der einzelnen Lagerstätten beschrieben.

2.4.2.1. Bousquet

Geologischer Rahmen

Das Bergbaurevier Bousquet befindet sich 55 km östlich von Rouyn-Noranda und ist ein Teil des Abitibi Greenstone Belts von Quebec, der den südlichen Anteil der Superior-Provinz des Kanadischen Schildes repräsentiert. Dieser archaische Krustenabschnitt besteht aus mafischen bis ultramafischen Serien, basaltischen bis rhyolitischen Vulkaniten, bimodalen Intrusionskomplexen und klastischen Sedimentgesteinen (Abb. 13).

Diese vulkano-sedimentären Gesteinsabfolgen findet man entlang von WNW-ESE ziehenden Störungszonen, wie der Cadillac-Larder Lake Scherzone, die die Hauptdeformationszone im südlichen

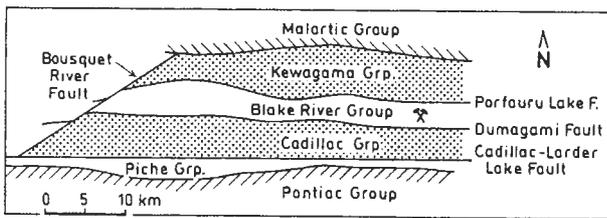


Abb. 13: Geologische Skizze des Bousquet-Revieres.

Fig. 13: Simplified geological map of the Bousquet area.

Abitibi-Belt darstellt und entlang der sich auch die meisten Goldvererzungen Quebecs befinden.

Im Süden dieser Störungszone liegt die Pontiac-Subprovinz, die hauptsächlich aus klastischen Sedimentgesteinen, untergeordnet aus mafischen bis ultramafischen Gesteinen, separierten vulkanischen Blöcken und vereinzelt aus jüngeren, granitischen Intrusionskomplexen besteht.

Nördlich der Hauptdeformationszone befinden sich die bimodalen vulkanischen Serien der Blake River-Group, die von den angrenzenden tektonischen Blöcken im Norden durch die Kewagame-Group und im Süden durch die Cadillac-Group, zwei größtenteils aus vulkanoklastischem Material aufgebauten, sedimentären Einheiten, getrennt sind. Alle Gesteine des südlichen Abitibi Greenstone Belts unterlagen einer Regionalmetamorphose, die auf Grund der Mineralzusammensetzung der tholeiitischen Basalte der Blake River-Group der Übergangszone zwischen Grünschiefer- und Amphibolit-Fazies (475–500°C; 2–4kbar) zuzurechnen ist.

Bousquet #2

Die Bousquet Mine liegt 5 km nördlich der Cadillac-Larder Lake Störungszone an einer subparallelen, E–W streichenden Deformationszone innerhalb der Blake River-Group, die hier aus Pillow-Laven, massigen Lava-Strömen, sowie felsischen bis mafischen, vulkanoklastischen Gesteinen aufgebaut wird. In dieses vulkanogene Gesteinspaket intrudierte der Mooshla-Komplex, ein Na-reicher Granit bis Granodiorit, und proterozoische NE–SW streichende „Diabas-Dykes“.

Auf Grund der Regionalmetamorphoseder höheren Grünschieferfazies, sowie mehrphasiger Deformation, lassen sich sowohl das, für das gesamte Gebiet typische E–W Zerrungsgefüge in Form von ausgeprägter Schieferung und duktilen Verformungen, als auch spätere sinistrale, NE–SW gerichtete, spröde Verwerfungen, wie die Bousquet River-Störung, die quer über die älteren Strukturen hinwegzieht, erkennen.

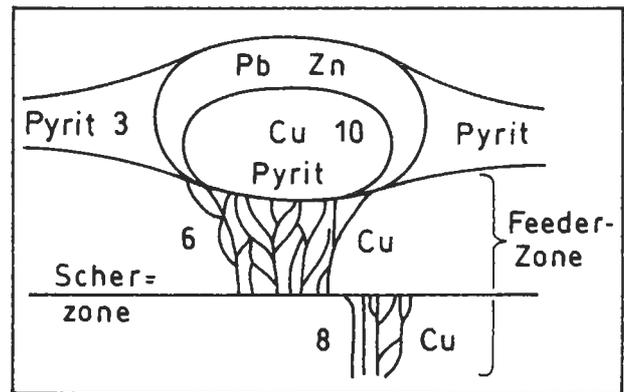


Abb. 14: Idealisierter Querschnitt der Lagerstätte (Zahlenangabe: Au-Gehalt in g/t).

Fig. 14: Idealized cross-section of the deposit (numbers: Au content in g/t).

Buntmetall-Gold-Mineralisation

Der Vererzungstyp der Bousquet-Mine entspricht einer typischen SEDEX Lagerstätte mit ausgeprägter Feeder-Zone (Abb. 14). Neben gediegenem Au, das jedoch kaum frei sichtbar ist, findet man noch Kupferkies, Bornit, Bleiglanz, Zinkblende, gediegenes Ag (Hessit, Elektrum im Bleiglanz) und Pyrit in charakteristischer horizontaler Elementverteilung.

Die Hauptgoldvererzungen finden sich somit in E–W streichenden, mit ungefähr 80° nach Süden fallenden, tafelförmigen Pyrit-Linsen, deren Längsachse steil nach W, parallel zur stofflichen Achse einfällt. Diese massiven Sulfid-Linsen liegen zumeist in Andalusit-Disthen-, Quarz-Muskowit-, oder Chlorit-Karbonat-Schieferrn.

Kupferkies-Pyrit-Klüfte (Feeder-Zone), die parallel zur regionalen Schieferung oder entlang eines tektonischen Versetzungskontaktes verlaufen, stellen den zweiten wichtigen Gold-Vererzungstyp dar. Nur von sehr untergeordneter Bedeutung sind geringmächtige Au-hältige Pyrit-Äderchen, die als spätere tektonische Mobilisate die ursprüngliche Schieferung diskordant durchschneiden. Interessant ist ferner, daß innerhalb, bzw. randlich der massiven Pyritlinsen Bereiche vorhanden sind, die teilweise Rutschstrukturen erkennen lassen.

Bergbautätigkeit

Im Golderzbergwerk Bousquet Nr. 2, das sich im Eigentum der großen kanadischen Bergbaugesellschaft LAC Minerals befindet, werden täglich etwa 1400 t Roherz mit einem Gehalt von 11,3 g/t Gold und 1,5% Kupfer gefördert. Dies entspricht einer Jahresförderung von rund 350.000 t. Das Bergwerk, das erst 1987 in Betrieb ging, befindet sich noch immer in

der Entwicklungsphase und hat die geplante Endkapazität von 5.000 t Roherz pro Tag noch nicht erreicht.

Der plattenförmige Lagerstättenkörper, der über eine Länge von 1200 m streicht, eine Mächtigkeit von etwa 100 m aufweist und mit 80° einfällt, befindet sich nur zu einem Teil – 300 m der streichenden Erstreckung – innerhalb der Grubenmaße der Gesellschaft. Nur dieser Teilbereich, der in einer Teufe zwischen 500 und 1200 m liegt, ist Gegenstand der Abbautätigkeit im Bergwerk Bousquet 2. Der übrige Teil der Lagerstätte wird im bereits seit längerer Zeit im Betrieb befindlichen Bergwerk Bousquet 1 gewonnen.

Die Lagerstätte ist zur Zeit durch einen Schacht bis zu einer Teufe von 1258 m aufgeschlossen. Dieser Hauptschacht ist mit einer zweitrümmigen Skip- und Korbförderung ausgestattet und dient sowohl der Wertmineral- als auch der Personen- und Materialbeförderung. Zwei weitere mit dem „Raise“-Bohrverfahren hergestellte Schächte dienen der Wetterführung und dem Versatztransport. Alle Aufschlußbaue liegen im Liegenden des Lagerstättenkörpers. Der bestehende Hauptschacht soll ab dem Jahre 1994 bis zu einer Teufe von 1800 m weitergeteuft werden, um auch die tieferen Lagerstättenteile zugänglich zu machen.

Die Lagerstätte ist durch Sohlen im Abstand von 120 m in vertikale Abschnitte unterteilt. Jeweils zwei Sohlen werden zu einem Baufeld zusammengefaßt. Alle Ausrichtungsbaue werden aus geirgsmechanischen Gründen im Liegenden des Lagerstättenkörpers in einem Abstand von etwa 20 m aufgefahen.

Die Sohlen sind durch eine gewendelt mit 17% Neigung aufgefahrne Schrägstrecke miteinander verbunden. Diese Schrägverbindung erlaubt die Überstellung der unter Tage im Einsatz befindlichen Gleislosgeräte. Teilsohlen mit einem Abstand von 30 m unterteilen eine Sohle für den Abbau in Unterabschnitte. Das angewendete Abbauverfahren ist ein Teilsohlenkammerbau. Dazu werden von den Teilsohlen aus, die sich auch im Lagerstättenliegenden befinden, kurze Querschläge in den Erzkörper vorgetrieben. Nach dem Erreichen des Hangenden werden in streichender Richtung rund 20 m lange Abbaustrecken aufgefahren von denen aus die darunter liegende Abbaukammer mit vollhydraulischen Bohrwagen abgebohrt wird. Jeweils zwei Teilsohlen werden zunächst mit einem Startaufbruch, der mit einem besonderen Großlochbohrgerät von unten nach oben gebohrt wird, verbunden. Auf diesen Startaufbruch hin erfolgt dann das abschnittsweise sprengende Hereingewinnen der Kammer. Nach dem vollständigen Auserzen der Kammer wird diese veretzt.

Die gesamte Personen- und Materialbeförderung

wird ebenso wie die Wertmineralförderung über den Hauptförderschacht abgewickelt. Es besteht keine Schrägverbindung nach über Tage. Der Hauptförderschacht stellt heute bereits einen Engpaß dar und es ist sehr fraglich, ob die geplante Kapazitätserweiterung auf rund 5.000 t pro Tag ohne zusätzliche Tagesöffnung realisiert werden kann.

Im Bergwerk sind insgesamt 208 Leute beschäftigt, davon sind 145 Arbeiter und 63 Angestellte. In diesen Zahlen ist die Belegschaft für die Aufbereitung nicht enthalten. Dies ergibt bei einer jährlichen Arbeitszeit von 1700 Stunden, eine Werksleistung von rund 1 t/Mannstunde bzw. 8t/ Mannschicht.

Die Abbaukosten liegen bei etwa 40 Can\$, die Aufbereitungskosten bei etwa 30\$. Die „Produktionskosten für eine Feinunze Gold liegen bei etwa 250 Can\$.

2.4.2.2. Mobrun

Die zur Audrey Resources Inc. gehörende Mobrun Mine liegt etwa 30 km NE' Noranda im NW der Provinz Quebec. Die Lagerstätte liegt innerhalb der Blake River Group (BRG) des Abitibi Greenstone Belts (Abb. 15). Diese setzt sich im Bereich der Lagerstätte aus einer Abfolge sowohl saurer als auch mafischer Vulkanite zusammen, welche Einschaltungen von Schiefern und Myloniten beinhalten und durch eine grünschieferfazielle Metamorphose überprägt sind.

Die Lagerstätte umfaßt verschiedene Vererzungen:

Eine Hauptvererzungszone, die aus 3,3 Mio t massiven Sulfiden, hauptsächlich Pyrit und untergeordnet Zinkblende und Kupferkies besteht. Diese „main zone“ ist bereits seit 1956 bekannt und wurde seit dieser Zeit in einem Tieftagebau abgebaut. Mit dem Untertagebau wurde erst 1985 begonnen.

Im Hangenden der Hauptvererzung liegen drei kleinere Linsen mit höheren Sulfidgehalten. Sie sind offensichtlich durch eine kurze Wiederaufnahme hydrothermaler Aktivität nach Entstehung der „main lens“ entstanden. Durch eine vertikale, N-S verlaufende „splay fault“ wurde ein ursprünglich einziger Erzkörper dreigeteilt.

Erst 1988 wurde die sogenannte „1100 Linse“ mit Vorräten von etwa 15 Mio t, von denen 10,4 Mio t wirtschaftlich gewinnbar sein sollen, im S der Hauptvererzung entdeckt.

Im folgenden soll die Schichtfolge der Lagerstätte vom Liegenden zum Hangenden beschrieben werden. Die geologischen Einheiten streichen WNW und fallen nahezu saiger ein (Abb. 16).

(1) Der „copper hill rhyolite“ stellt die stark alterierte Basis der „1100 Linse“ dar und weist dabei eine leichte Chloritisierung auf. Analoge Rhyolite östlich der Mobrun Mine zeigen disseminierte Verer-

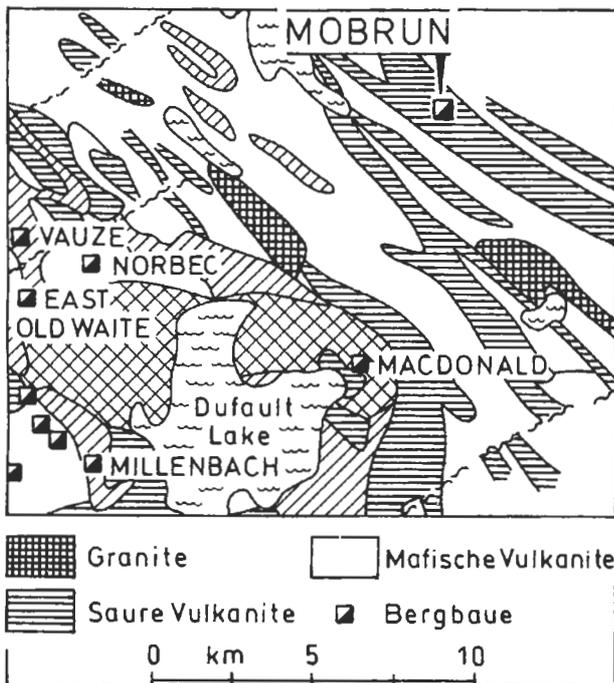


Abb. 15: Geologische Übersichtskarte von Mobrun. Aus: CAUMARTIN, C., CAILLE, M.-F., o. J.

Fig. 15: Geological map of the Mobrun area. From: CAUMARTIN, C., CAILLE, M.-F., o. J.

zungen und „stringer ores“. Diese lokal Cu-reichen Lavamassen werden von brekziösen Rhyolithen unterschiedlicher Alteration überlagert.

(2) Im Hangenden des „copper hill rhyoliths“ befinden sich intermediäre bis basische Andesite, welche eine Mächtigkeit von 80 bis 100 m aufweisen. Diese Gesteine führen Mandelsteine und besitzen eine graugrüne bis dunkelgrüne Farbe, welche auf Chloritisierung und das Auftreten von geringen Mengen an Epidot zurückzuführen ist. Als weitere Alterationserscheinungen sind noch eine lokale Silifizierung sowie das Auftreten von Hämatit anzuführen.

(3) Von unterschiedlicher Mächtigkeit sind die hangenden rhyolitischen Laven, welche mit zunehmender Tiefe ausdünnen.

(4) Intermediäre bis felsische Pyroklastika bilden die Umgebung des „1100 Erzkörpers“. Sie setzen sich hauptsächlich aus polygenetischen Lapillituffen, mafischen Tuffen sowie aus schmalen Rhyolith-Einschaltungen zusammen. Die Lapillituffe weisen eine schlackenähnliche Struktur auf. An Alterationserscheinungen ist eine gesteinsabhängige Chloritisierung oder Serizitisierung zu beobachten.

(5) Die größten Erzvorräte der Mobrun Mine befinden sich in der „1100 Linse“. Sie besitzt eine laterale Ausdehnung von 300 m, erstreckt sich 380 m in die Tiefe und ist im zentralen Bereich des Zufuhrkanals etwa 50 m mächtig. Der Längsachse nach spaltet

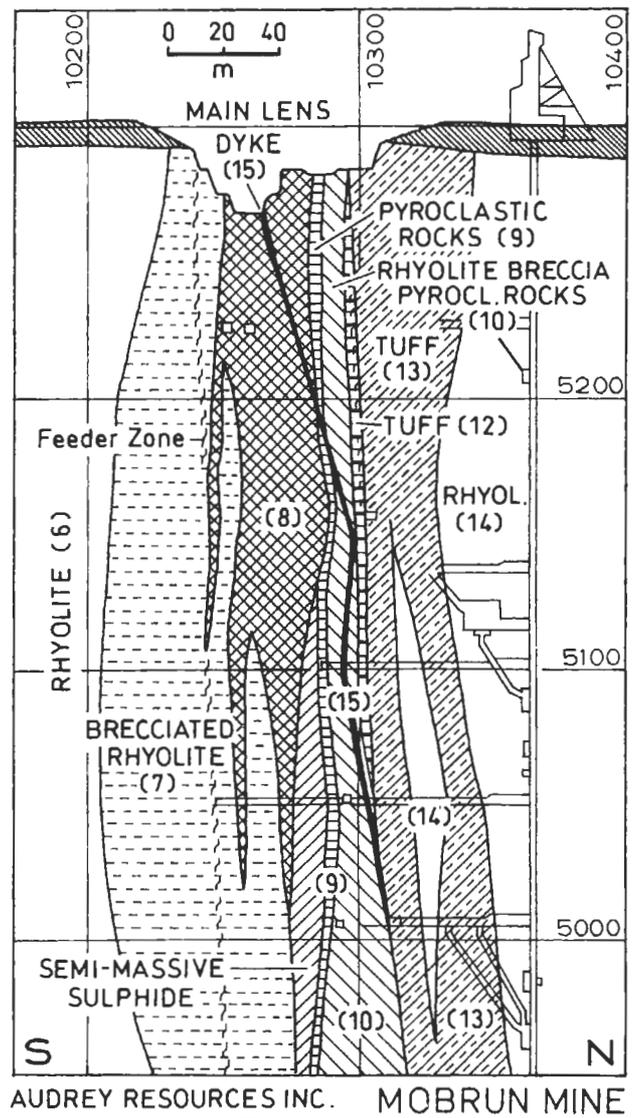


Abb. 16: Profil durch den Lagerstättenbereich. Aus: CAUMARTIN, C., CAILLE, M.-F., o. J.

Fig. 16: Cross-section of the mining area. From: CAUMARTIN, C., CAILLE, M.-F., o. J.

sie sich in zwei Zn-reiche, laterale Seitenäste auf, welche entweder auf tektonische Aktivität oder auf eine neuerliche Mineralisation durch die gleiche Zufuhrspalte zurückzuführen ist. Dieser Kanal besteht aus Pyrit (10-40%), Zinkblende (bis 8%), Kupferkies (bis 7%), sowie großen Mengen an Magnetkies (bis 60%). Im Gegensatz dazu ist der Hauptkörper der „1100 Linse“ reicher an Zn, vor allem in den beiden seitlichen Fortsetzen. Die Metallgehalte sind Tabelle 1 zu entnehmen.

(6) Massiver Rhyolith mit einer Mächtigkeit von über 250 m liegt im Hangenden der Erzlinse. Dieses Gestein ist mit Ausnahme geringer Spuren von Pyrit

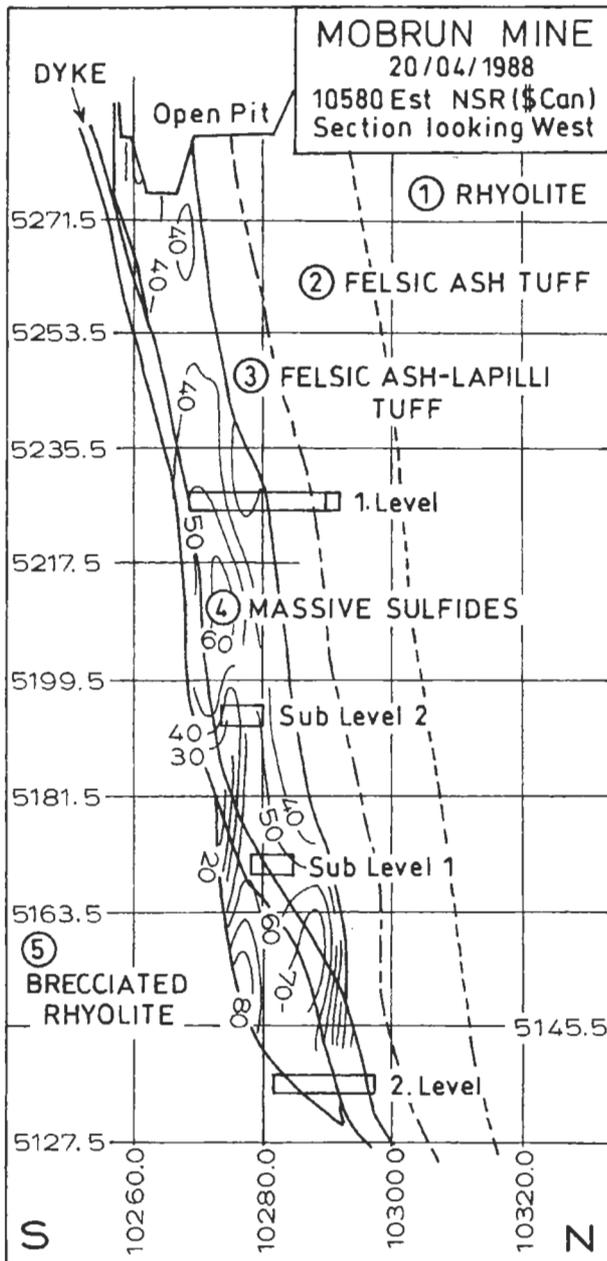


Abb. 17: Profil durch die Lagerstätte

Fig. 17: Cross-section through the mining area.

an der Kontaktzone zur „1100 Linse“ erzfrei.

(7) Das Liegende der Hauptvererzungszone bildet ein brekziöser Rhyolith, der sich mehr als 600 m in E-W-Richtung erstreckt und eine Mächtigkeit von 10 bis 30 m besitzt. Die Hauptmasse dieses Rhyolithkörpers besteht aus silifizierten, gleichkörnigen Quarz-Feldspat-Aschenlagen mit Klüften und Adern aus Quarz, Calcit und rekrystallisiertem Pyrit. Der Pyrit kann auch als Rinde verschiedener Komponenten auftreten. Eine Einregelung der Quarz-c-Achsen deutet auf eine spätere tektonische Beanspruchung des Gesteins hin, wobei tektonische Überprägung

und Alterationserscheinungen im W' und E' Bereich unterschiedlich ausgebildet sind. Während der E-Teil von Tektonik weitgehend unbeeinflusst ist und die Feldspate teilweise vollständig serizitisiert und silifiziert sind, wurden im W die Komponenten elongiert und nur serizitisiert. Innerhalb der Brekzie sind in der Nähe von Störungen und Kontaktzonen Gleitflächen zu erkennen.

(8) Die massiven Sulfide der „main lens“ sind seit 1956 bekannt und wurden ursprünglich im Tieftagebau gefördert. Im Liegenden befinden sich zwei Zufuhrkanäle, die sich in einem vertikalen, zylindrischen Schlot, welcher einen maximalen Durchmesser von 35 m besitzt, vereinen. Die Sulfide in den Kanälen bilden die Hauptvorräte in diesem Lagerstättenbereich. Dabei handelt es sich hauptsächlich um massiven Pyrit, rekrystallisierte Zinkblende, sowie Kupferkies in Quarz- und Calcit-Adern. Die Zufuhrspalten enden in einem semimassiven, nicht abbauwürdigen Horizont und sind von einer stark alterierten Rhyolith-Brekzie (7) umgeben. Im Zufuhrkanal weisen die Sulfide ein fließtexturähnliches Gefüge auf. Ein Teil der „feeder zone“ könnte durch eine E-W verlaufende Störung abgesichert sein, wodurch die geringe Mächtigkeit der Zufuhrspalte erklärt wäre (vgl. Abb. 17)

Die Sulfide des Erzkörpers zeigen eine Lagentextur, die an eine primäre Lagerung erinnert. Dies ist als partielle Rekrystallisation, bzw. als lokale Mobilisation von Sulfiden während tektonischer Tätigkeit zu deuten.

(9) Eine pyritreiche, bis zu 4 m mächtige Kontaktzone innerhalb eines sauren Tuffes bildet die Grenze zur liegenden Haupterzzone, wobei eine dünne Schicht aus graphithältigem Ton die Grenzschicht markiert. Dabei tritt boudinierter Pyrit in Knollen und Lamellen entlang von Schieferflächen auf. Der Sulfidgehalt nimmt zum Hangenden hin ab.

(10) Die drei Satellitenlinsen werden von einer geringmächtigen Rhyolith-Brekzie von der Hauptvererzungszone getrennt. Diese Brekzie ist vergleichbar mit der im Liegenden der „main lens“, nur führt sie dünne pyroklastische und pyritische Lagen im Bereich ihrer Obergrenze, welche hochgradig chloritisiert und serizitisiert sind. Die lithischen Komponenten bestehen meist aus alteriertem Rhyolith, der nicht selten von einer Pyritrinde umgeben ist. In den Pyroklastika kann die Sulfidkonzentration bis zu 40% erreichen.

(11) Eine kurze Wiederaufnahme hydrothermalen Aktivität, allerdings unter leicht geänderten Bedingungen stellen die bereits oben erwähnten drei Satelliten-Linsen dar, die in der stratigrafischen Abfolge höher einzuordnen sind als die „main zone“. Auf eine geringfügige Änderung in der Konzentration der hydrothermalen Lösungen deuten die höheren

Tabelle 1: Erzvorräte und Metallgehalte

Erzkörper	t,	Cu%	Zn%	Ag g/t	Au g/t
Hauptlinse	955,017	0,81	2,44	30,32	2,2
850 Linse	38,417	0,77	2,97	41,48	3,66
870 Linse	38,349	0,86	3,18	46,20	5,05
930 Linse	103,204	1,49	1,92	41,05	5,44
1100 Linse*)	10.400,000	0,76	5,43	37,40	1,35
Summe/Durchschnittsgeh.	11.534,987	0,77	5,14	36,89	1,48

*)Da die 1100 Linse noch nicht zur Gänze erschlossen ist, können nur errechnete Werte bzw. Ergebnisse der Exploration angegeben werden.

Metallgehalte. Getrennt werden die einzelnen Horizonte durch 0,5 bis 2 m mächtige Pyroklastika, die bis zu 40% Pyrit führen können. Im Bereich des 5. Abbauniveaus vereinigen sich die drei Bereiche zu einer semimassiven, kupferreichen Zone, die offensichtlich die stark alterierte Zufuhrspalte dieses Komplexes darstellt. Sie verläuft in E-W-Richtung etwa parallel mit dem Erzkörper.

(12) Ein pyritisierter, saurer und stark geschieferter Tuff bildet ähnlich wie bei der Haupterzzone (9) die Überlagerung dieser Linsen.

(13) Darüber folgt ein ebenfalls saurer, feinkörniger Aschentuff, welcher allerdings nicht mineralisiert ist. Das Gestein weist eine feine Lamination auf, ist von Quarz- und Calcit-Adern durchzogen und zeigt nur noch geringe Alterationserscheinungen.

(14) Den Abschluß der Schichtfolge bildet ein massiver Rhyolith mit Fluidaltextur, in welchen feine, gebänderte Aschentuffe eingeschaltet sind. Diese sind gröber ausgebildet als obige (13) und besitzen einen höheren Gehalt an Chlorit. Dies hat zu einer intensiveren Grünfärbung geführt.

(15) In einer E-W verlaufenden, etwa 750 gegen N einfallenden Störung befindet sich ein mafischer Gang, der aus einem fein- bis mittelkörnigen Diorit besteht. Dieser erscheint durch Quarz-, Calcit- und Chlorit-Bänder gestreift und besitzt spannungsbedingte Dehnungsfugen sowie verheilte Klüfte. Der Verlauf des Ganges ist in Abb. 17 ersichtlich.

Andere Gänge, meist intermediärer Natur folgen N-S verlaufenden Störungen, welche als letztes tektonisches Ereignis alle vorherigen überlagern.

Tektonik

Im Bereich der Mobrún Mine treten verschieden strukturelle Erscheinungen auf, welche auf eine N-S orientierte, kompressive Beanspruchung zurückzuführen sind. Allerdings hatte keine der folgenden tektonischen Gegebenheiten Einfluß auf die Genese des Erzkörpers.

Im Hangenden der „main zone“ befindet sich eine E-W streichende und zwischen 65 und 80° einfallende

mylonitisierte Scherzone, die mit zunehmender Tiefe ausdünn und nur noch maximal 1 m breit ist. Dabei wurde der N-Block mit unbekannter Schubweite in Richtung Obertag verschleppt. Auch im Liegend-Kontakt der „main zone“ findet sich eine zu diesem Störungssystem gehörende Aufschiebung des nördlichen Blockes, was wahrscheinlich zu einer Zweiteilung des Zufuhrkanals führte. Im S wurden, als Indiz für diese Trennung, stark chloritisierte Gesteine in größerer Tiefe erbohrt, die dem S-Teil der „feeder zone“ zuzuordnen sind.

An feinen Äderchen und Gängen innerhalb der Tuffe ist eine enge Faltung festzustellen, deren Faltenachse parallel zur Schieferung liegt und etwa 65° nach E einfällt. Lokale Z-förmige Falten sind auf eine rechtsseitige Verschiebung innerhalb der laminierten Tuffe zurückzuführen, die gleichzeitig mit der Schieferung stattgefunden hat.

Die wichtigste strukturelle Erscheinung, die auch abbautechnisch von Bedeutung ist, stellt die N-S verlaufende, vertikal einfallende Störung dar, die für die Trennung der Satellitenlinsen verantwortlich ist. Sie streicht etwa NNE und besitzt in Richtung SW eine Nebenstörung. Der Versatz dieser „splay fault“ beträgt horizontal etwa 25 m, sowie 50 m in vertikaler Richtung.

An beiden Seiten der „main zone“ finden sich lokale konjugierte Verwerfungen, die nach N bzw. NE streichen und steil gegen E einfallen. In diesen Bereichen sind Harnischflächen zu erkennen. Die horizontale Klüftigkeit dieser Gesteine ist auf die mit dem Eisrückzug verbundene isostatische Entlastung zurückzuführen. Des Weiteren treten vertikale und auch schiefe Klüfte auf, die Klüftscharen mit einem Streichen in NNE bzw. WNW Richtung darstellen.

Genese

Die Vererzung in Mobrún ist vulkanosedimentär entstanden. Dabei drangen im Archäikum hydrothermale, metallhaltige Lösungen bis zum Meeresboden in ein Becken dritter Ordnung auf, wo sie durch die geringeren Temperaturverhältnisse bedingt

durch eine Vermischung mit dem Meerwasser und die geänderten Druckverhältnisse ausfielen und sedimentiert wurden. Auf Grund der Tatsache, daß Zufuhrkanäle entwickelt sind (feeder zone; stringer ore), kann auf eine geringe Wassertiefe geschlossen werden. Eine für SEDEX Lagerstätten charakteristische Elementzonierung innerhalb der Erzkörper mit einem kupfererzführenden Zufuhrspalten, kupferkiesreichen Kern und zinkblendereichen lateralen Bereichen ist in allen Linsen zu erkennen.

Bergbautätigkeit

Das Bergwerk fördert gegenwärtig rund 410.000 t Roherz je Jahr, aus dem ein Kupferkonzentrat und ein Zinkkonzentrat hergestellt werden. Das im Kupferkonzentrat enthaltene Gold sowie das im Zinkkonzentrat enthaltene Silber und Blei werden entsprechend der Gehalte mit einem Bonus vergütet.

Die zu Produktionsbeginn 1985 nachgewiesenen Vorräte sind bereits weitgehend abgebaut. Gegenwärtig steht die Entscheidung an, einen neuen, tiefer liegenden Lagerstättenkörper zu Untersuchungszwecken aufzuschließen. Sollte die Entscheidung negativ ausfallen, wird das Bergwerk in absehbarer Zeit (1 bis 2 Jahre) seine Gewinnung wegen Erschöpfung der Vorräte wohl einstellen.

Die steilstehende platten- bis linsenförmige Lagerstätte weist eine streichende Erstreckung von rund 300 m auf. Die Mächtigkeit schwankt etwas und liegt höchstens bei 20 m. Die Teufenerstreckung liegt für den gegenwärtig in Verhieb stehenden Lagerstättenkörper bei rund 220 m. Der aus massigem Sulfiderz bestehende Lagerstättenkörper wird nicht im gesamten abgebaut. Es besteht jeweils an den beiden Enden der streichenden Erstreckung ein Bau- feld. Der mächtigste Teil der Linse – im Zentrum der streichenden Erstreckung – wird von der Gewinnung ausgespart, da dieser Bereich kaum wirtschaftlich interessante Metallanreicherungen aufweist. Obwohl die Lagerstätte sehr nahe der Tagesoberfläche liegt, ist diese durch einen Seiger- und einen Schrägschacht aufgeschlossen. Zunächst wurde die Lagerstätte nur bis zu einer Teufe von 200 m ausgerichtet. Kurze Zeit später erfolgte das Weiterabteufen des Schachtes bis zur gegenwärtigen Endteufe von 385 m. Der Seigerschacht ist mit einer doppelrührigen Skipförderung und einer Einrichtung für die Fahrung und den Materialtransport ausgerüstet. Der Schrägschacht dient der Wetterführung und als Fluchtweg. Vom Hauptschacht aus sind Sohlen angelegt, deren Abstand zwischen 20 m und 90 m schwankt und der Unregelmäßigkeit der Lagerstätte angepaßt ist. Die Sohlen sind durch Aufbrüche miteinander verbunden;

Als Abbauverfahren kommen ein VCR (Vertical Crater Retreat) und ein Teilsohlenweitungsbaue

Anwendung. Beim VCR werden die Weitungen streichend angelegt, beim Teilsohlenweitungsbaue quer-schlägig. In einigen kleineren, vom Haupterzkörper abgesetzten Erzkörpern wird Speicherbau betrieben.

Die streichende Erstreckung der Weitungen liegt beim VCR bei etwa 100 m, die Höhe bei etwa 60 m. Das Erz wird von einer Bohrstrecke aus, deren Breite der Lagerstättenmächtigkeit entspricht, in einem Raster von 3 x 3 m mit 165 mm Bohrlöchern von oben nach unten abgebohrt. Auf dem Abzugsniveau werden als Abbauvorbereitung von einer Gangunterfahungsstrecke aus kurze Aufbrüche hergestellt, die dann zu Trichtern erweitert werden. Auf diese Art und Weise erfolgt das Herstellen des Abzugniveaus.

Beim Teilsohlenweitungsbaue wird von den Teilsohlen aus das Erz mit 15 m langen 76 mm Bohrlöchern nach oben und unten abgebohrt. Der Bohrraster beträgt 1,8 x 1,8 m. Das sprengende Hereingewinnen des Erzes erfolgt gleichzeitig über alle Teilsohlen im Rückbau, beginnend mit einem sprengend hergestellten Startaufbruch.

Im Bergbau arbeiten insgesamt 174 Leute, 41 davon in der Aufbereitung. Bezogen auf die Grubenbelegschaft beträgt die Mannstundenleistung (bei 1700 Arbeitsstunden) 2 t, die Mannschichtleistung rund 16 t, eine durchaus bemerkenswerte Leistung. Die Gewinnungskosten liegen bei etwa 38 Can\$ je t Roherz, die Erlöse bei etwa 43,4 Can\$/ t.

2.4.2.3. Lac Dufault – Ansil

Die Ansil-Lagerstätte liegt im Noranda-Bergbaurevier im nordwestlichen Quebec, etwa 14 km nördlich der Stadt Rouyn – Noranda, im Südtteil des Abitibi Greenstone Belt-Synklinoriums (Abb. 18).

Nach der Entdeckung 1981 begann nach einem umfangreichen Bohrprogramm 1989 die Erzförderung. Dabei wurden 1,58 Mio t Erz, die einen durchschnittlichen Gehalt von 7,2% Cu, 0,9% Zn, 26,5 g/t Ag, 1,6 g/t Au aufweisen, nachgewiesen. Jährlich werden rund 390.000t Erz abgebaut.

Die Lagerstätte besteht aus einer einzigen massiven, bis zu 35 m mächtigen Sulfidlinse, die sich in einer Tiefe von etwa 1,3 km befindet (Abb. 19). Mit einem maximalen Cu-Gehalt von 25% ist Ansil möglicherweise die reichste Cu-Lagerstätte Kanadas. Ansil ist durch extensive hydrothermale Alterationen und Sulfid Mineralisationen im Hangenden der massiven Sulfide charakterisiert.

Zur Entdeckung der Lagerstätte Ansil führten vor allem geologische Rückschlüsse, die in benachbarten Massiv-Sulfiderz-Lagerstätten gewonnen wurden. Die Corbet-Lagerstätte, 7 km südlich von Ansil gelegen, befindet sich in der tiefsten vulkanischen Einheit dieser Gegend, andere Lagerstätten dagegen liegen in stratigraphisch höheren Einheiten, was zu der Schlußfolgerung führte, daß massive Sulfiderze

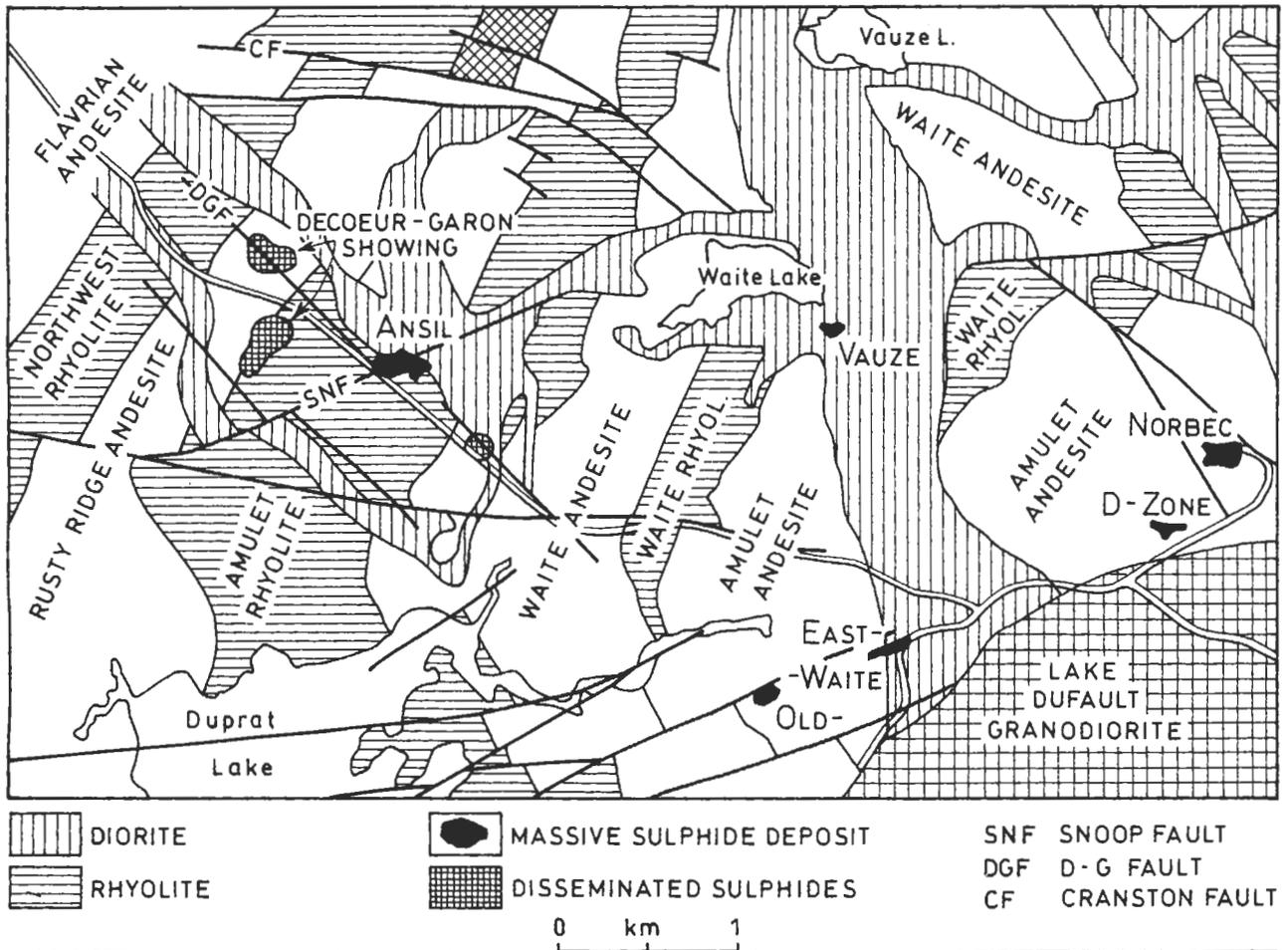


Abb. 18: Geologische Skizze des Ansil-Gebietes.

Fig. 18: Geological map of the Ansil area.

nicht an einen einzigen Horizont gebunden sind. Für das Auffinden einer Lagerstätte sind daher strukturelle Merkmale wahrscheinlich wichtiger als stratigraphische.

Weiters interpretierte man den bisher für eine unwichtige Sulfid-Zone gehaltenen „Decoeur-Garon-Ausbiß“ als typische „Feeder“- und Alterationszone (Abb. 20) mit zugehöriger massiver Sulfidmineralisation, einem bedeutenden hydrothermalen System zugehörnd. Außerdem liegt der Ausbiß auf einer NW-SE streichenden Lineation, die die „Old Waite-Lagerstätte“ und kleinere Vorkommen einschließt. Ähnliche NW-SE streichende Lineamente wurden im Zusammenhang mit den massiven Sulfidvererzungen im Millenbach-Corbet-Gebiet gefunden. Daher erwarb man 1974 die Berechtigungen und begann mit umfangreichen Bohrungen. Bereits erste Ergebnisse ließen auf massive Sulfiderze in der Tiefe schließen. 1981 wurden erstmals massive Sulfiderze in der Tiefe von 1,3 km angebohrt. Die Produktion begann 1989.

Geologischer Rahmen

Das Noranda Bergbaurevier liegt im südzentralen Teil des Abitibi Greenstone Belts, im oberen Teil der Blake River Group.

Die Gesteine des Gebietes um Noranda, welches ein vulkanisches Zentrum innerhalb des Abitibi Belts darstellt, bestehen aus mehreren alternierenden mafischen und sauren vulkanischen Einheiten, die unterschiedlich starke Verformung und einen Metamorphosegrad in Grünschieferfazies aufweisen.

Zwei trondhejmitische Gesteinskörper, der synvulkanische „Flavrian Granite“ und der postvulkanische „Lake Dufault Granodiorite“, unterlagern die Region im Zentrum. Man nimmt an, daß der Flavrian Granit-Pluton die Magmentkammer darstellt, aus welcher die vulkanischen Sequenzen ausgeworfen wurden.

Zahlreiche Störungen zerschneiden die Region, wie die E-W streichende Cadillac Break, die ENE-WSW streichende Horne Creek-, Beauchastel- und Hunter Creek- Faults, die NW-SE streichende Smokey Creek

und Despina Faults und weitere kleinere Störungen, von denen viele während vulkanischer Tätigkeit entstanden sind, und sowohl Erosionstätigkeit als auch das hydrothermale System begünstigten.

Schichtfolge

Die unterste vulkanische Einheit bildet der „Flavrian Andesite“ (lokaler Arbeitsbegriff), welcher aus alternierend massivem Pillow – Basalt und brekziösen Basaltströmen besteht. Überlagert wird dieses Schichtglied vom Northwest Rhyolithe. Er besteht aus massiven, gebänderten Rhyolithen und untergeordnet Brekzien (flow breccias).

Nach GIBSON (1989) stammt der Northwest Rhyolithe aus zwei Hauptspalten, 2 km nördlich und 5 km südlich von Ansil. Auf diese Einheit folgt lokal der Lewis Tuff, ein diskontinuierlicher, dünner (bis 30 cm mächtiger) hornsteinführender Tuff-Horizont, der das stratigraphische Äquivalent des Ansil-Erz-Horizonts darstellt.

Der Cranston Quarz-Feldspat-Porphyrdom (Cranston QFP) liegt etwa 2 km nördlich von Ansil; nach außen hin dünnt diese Einheit aus. In der unmittelbaren Umgebung von Ansil tritt der Cranston QFP in Form eines Quarz-Kristall Tuffs auf, der in die massiven Sulfiderze der Lagerstätte lokal fingerförmig übergeht. Daraus wird geschlossen, daß das hydrothermale System von Ansil zeitgleich mit der Eruption des Cranston QFP war. Die stratigraphisch nächsthöhere Einheit bildete der Rusty Ridge Andesite. Er liegt entweder auf einer jener diskontinuierlichen Einheiten (Cranston QFP, Lewis Tuff, Sulfiderz) oder direkt über dem Northwest Rhyolithe. Er besteht alternierend aus Lagen von massiven Basaltströmen sowie Pillows, welche von einer Störung etwa 2 km südlich von Ansil herrühren. Die Eruption des Rusty Ridge Andesite muß bereits begonnen haben, als die Bildung der Ansil-Sulfiderze noch nicht abgeschlossen war, da einer jener Basaltströme einen Teil der Lagerstätte unterlagert.

Auf den Rusty Ridge Andesite folgt die Formation des Amulet Rhyolithe, dessen unterer Teil aus Rhyolithen und der obere Teil aus silifizierten Basalten besteht. Die nächsthöheren Einheiten bilden der Waite Andesite und der Waite Rhyolithe. Der „Amulet Andesite“ besteht aus einer mächtigen basaltischen Abfolge und rührt von einer Eruption an einer ENE–WSW streichenden Spalte her. Er bedeutet wahrscheinlich das Ende des Noranda „caldera collapse“.

Lagerstättenverhältnisse

Die Lagerstätte besteht aus einer einzigen massiven Sulfidlinse mit Ausmaßen von ungefähr 120 m im Streichen und 350 m im Fallen. Der durchschnitt-

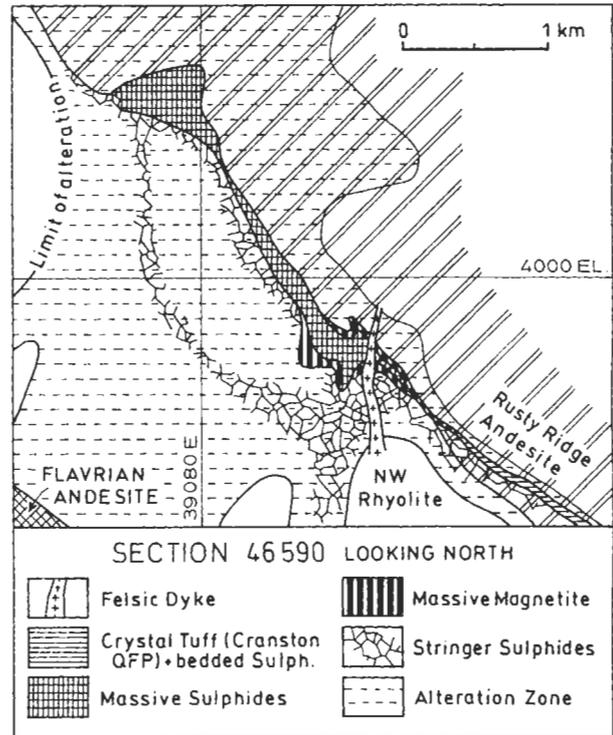


Abb. 19: Schematisches Profil durch die Lagerstätte Ansil.

Fig. 19: Simplified cross-section of the Ansil deposit.



Abb. 20: Ansil: Feederzone (links vom Hammer: netzwerkartige Kupferkiesvererzungen)

Fig. 20: Ansil: Feederzone (left of hammer: stringers of chalcopyrite).

liche Einfallswinkel beträgt 50°, der aber bedingt durch die unregelmäßige Form zwischen 0–60° variieren kann. Die Mächtigkeit der Sulfidlinse erreicht bis zu 35 m, welche sich jedoch abrupt in allen Richtungen ändern kann. Die Sulfidlinse besteht aus zwei „Sulfiddomen“ im Westen und Osten der La-

gerstätte, die durch einen dünnen, blattförmigen Teil miteinander verbunden sind.

Die hauptsächlichsten Bestandteile der Lagerstätte sind Kupferkies und Pyrrhotin, wenig Zinkblende und verschwindend wenig Pyrit. Im oberen Teil der Lagerstätte herrschen Kupferkies und Pyrrhotin vor, während in der blattartigen Verbindung zwischen den Domen größere Mengen Zinkblende mit Kupferkies und etwas mehr Pyrit zu finden sind. Weiters wurden im Sulfidkörper Spuren von gediegenem Gold, Elektrum, gediegenem Wismut, Kobaltit, Tellurobismutit und zahlreichen Seleniden festgestellt. Die Sulfide treten sowohl in massiver als auch in gebänderter Textur auf, wobei die gebänderte Textur in Ansil überwiegt. Man kann zwei Arten von Bänderungen unterscheiden, eine Pyrrhotin-Kupferkies-Bänderung, deren Ursache wohl in hydrothermale „Replacement“ oder Metamorphose zu suchen ist und eine Zinkblende-Kupferkies-Hornstein-Bänderung von sedimentärem Ursprung.

Ein charakteristisches Merkmal für Ansil ist die direkt unter dem östlichen Dom gelegene auffallende Anreicherung von massivem Magnetit. Eine ähnliche, nur viel kleinere Anreicherung findet sich auch unter dem westlichen Dom. Außerdem findet man kleinere Magnetit-Segmente oder Linsen mit einer maximalen Mächtigkeit von einem Meter sowohl im Liegenden als auch im Hangenden der massiven Sulfiderze. Dies ist aus physikochemischen Gründen schwer zu erklären. Die Annahme, daß Magnetit als „Replacement“ der Sulfide auftritt, wäre ungewöhnlich.

Unter der Sulfidlinse und zum Teil diese umgebend befindet sich eine ausgeprägte „feeder-zone“, welche in drei verschiedenen Erscheinungsformen ausgebildet ist. Als (1) diskordante Röhre unterhalb der Sulfidlinse, als (2) konkordante Zone direkt unterhalb der Sulfide und als (3) diffuse, diskordante Zone im Hangenden der massiven Sulfide.

Die Hauptzufuhrspalte, die einen elliptischen Querschnitt aufweist, konnte bis 400 m unter der Lagerstätte verfolgt werden, und durchschneidet sowohl den „Northwest Rhyolithe“ als auch den „Flavrian Andesite“. An Erzmineralen wurden dort Pyrrhotin, Magnetit, Kupferkies, Zinkblende und wenig Pyrit gefunden. Die Mächtigkeit der Feeder-Zone direkt unterhalb der massiven Sulfide ist sehr unterschiedlich, sie kann bis zu 10 m erreichen. Üblicherweise treten dort hohe Konzentrationen von Kupfererzen auf. Die Feeder-Zone kann bis 300 m über die Sulfidlinse verfolgt werden.

Die Lagerstätte weist charakteristische Zonierungen von Kupfer-, Zink-, Silber- und Golderzen auf. So ist Kupfererz vor allem in zwei Bereichen angereichert, welche sich mit den Domen der Sulfidlinse decken. Die höchsten Zinkerz-Konzentrationen tre-

ten im östlichen Teil der Sulfidlinse auf. Gold weist in seiner Verteilung eine Korrelation mit Kupfer auf, obwohl es keine systematische Verbindung zwischen Gold- und Kupferkonzentration gibt. In den Stringer Ores tritt praktisch kein Gold auf, es ist jedoch entlang der Scherzone zwischen „Northwest Rhyolithe“ und „Rusty Ridge Andesite“ lokal angereichert. Auch die Silberverteilung korreliert mit Kupfer, die Konzentration ist jedoch im östlichen Dom deutlich höher.

In Ansil gibt es ausgedehnte Nebengesteinveränderungen, vor allem in einer röhrenförmigen Zone unterhalb der massiven Sulfide und in einer kegelförmigen Zone über der Sulfidlinse. Am häufigsten sind Chloritneubildung und Serizitisierung zu beobachten, außerdem Silifizierung und Turmalinisierung.

Genese

Die Lagerstätte entstand wahrscheinlich als Folge eines besonders langlebigen submarinen hydrothermalen Systems, was sich aus der umfangreichen Nebengesteinsveränderung (300 m) vor allem im Hangenden der Lagerstätte, und dem hohen Cu/Zn-Verhältnis schließen läßt. Zumindest kurzzeitig muß dieses System aber unterbrochen gewesen sein, was zur Bildung des massiven Magnetites führte. Die normale Sulfidfällung setzte wohl aber sehr rasch wieder ein und dauerte zumindest solange an, wie für die Ablagerung von 300 m des überlagernden Andesits nötig war. Die Annahme, der massive Magnetit wäre erst im Nachhinein durch Verdrängung der Sulfide entstanden, erscheint unwahrscheinlich. Er ist mit großer Wahrscheinlichkeit auf ein höheres Sauerstoffdargebot zurückzuführen.

In Ansil gibt es sowohl schichtgebundene als auch diskordante „Feeder“-Zonen, außerdem Quarz-Sulfid-Adern entlang der Scherzone Northwest Rhyolithe – Rusty Ridge Andesite. Das Vorhandensein einer Feeder-zone setzt voraus, daß die Lagerstätte in einer geringen Meerestiefe gebildet wurde, also wahrscheinlich nicht tiefer als 600 m.

Die sulfidhaltigen Quarzadern entlang des Ansil-Horizontes stammen wohl von späten Fluids, die am Kontakt Northwest Rhyolithe – Rusty Ridge Andesite migrierten.

Bergbautätigkeit

Der sehr regelmäßige, plattenförmige Lagerstättenkörper mit einer streichenden Erstreckung von rund 100 m liegt in einer Teufe von 1200 bis 1450 m. Das Einfallen schwankt zwischen 50 und 70°. Die Mächtigkeit variiert zwischen 5 und 35 m. Probleme bereiten unter Tage der hohe Vertikaldruck, der aus der Teufenlage resultiert. Da das Gebirge relativ fest und offensichtlich auch einen hohen E-Modul aufweist,

treten fallweise Gebirgsschläge auf. Dafür wurden unter Tage 16 Überwachungsstationen eingerichtet, um nach Möglichkeit gebirgsschlaggefährdete Bereiche rechtzeitig erkennen und räumen zu können.

Die Lagerstätte ist von über Tage aus durch drei Schächte aufgeschlossen – einem Hauptförderschacht mit einer zweitrümmigen Skip- und einer Korbförderung, – einem Wetterschacht, der eine Einrichtung für eine Notfahrt aufweist und einem Versatzschacht. Die Schachtteufen liegen zwischen 1220 und 1500 m.

Im Liegenden des Lagerstättenkörpers ist eine 17% gewendelt aufgefahrene Schrägstrecke angelegt, die alle Sohlen miteinander verbindet. Die Sohlenabstände liegen bei 60 m. Insgesamt sind im Bereich des Lagerstättenkörpers 5 Sohlen angelegt. Teilsohlen mit unterschiedlichem Abstand – zwischen 15 und 30 m sind zwischen den Hauptsohlen angeordnet. Alle Haupt- und Teilsohlen sind über die Schrägstrecke verbunden. Das angewendete Abbaufahren ist ein Teilsohlenkammerbau mit querschlägig angeordneten Kammern von einer Breite von 15 m. Von der oberen Teilsohle aus werden die Kammern mit 114 mm Bohrlöchern fächerförmig abgebohrt. Der Abstand der Bohrfächer liegt bei etwa 1,5 m. Gebohrt wird mit Imlochhämmern, die auf relativ alten Bohrmaschinen montiert sind. Vor Abbaubeginn werden jeweils zwei übereinander liegende Teilsohlen durch einen Startaufbruch, der mit Langbohrlöchern durch Sprengarbeit hergestellt wird, verbunden. Auf diesen Startaufbruch hin erfolgt das reihenweise Hereinsprengen des Erzes. Die Sprengstofflademenge je Zündzeitstufe ist aus Stabilitätsgründen mit 100 kg begrenzt.

Die Kammern werden von unten nach oben in 2 bis 3 Abschnitten von Sohle zu Sohle durchgebaut. Das gesamte Erz einer Kammer wird über Abzugsquerschläge von einer Sohle aus weggeladen. Nach dem Auserzen einer Kammer wird diese mit Magerbeton versetzt. Bevor die nächste danebenliegende Kammer hereingewonnen werden kann, muß etwa 2 Wochen gewartet werden.

Das Erz wird über Abzugsquerschläge aus den Kammern geladen und zum Erzsturzschacht befördert. Über diesen fällt es auf die Hauptförder-sohle und gelangt in einen Roherzbunker, der über einem Brecher angeordnet ist. Vom Brecheraus-trag führt ein kurzes Förderband zum Füllort am Hauptförderschacht in einer Teufe von 1.480 m. Mit zwei 12 t Skips wird das Erz zu Tage gehoben.

Das Bergwerk Ansil ist hoch mechanisiert und voll für einen Gleislosbetrieb eingerichtet. Mit insgesamt 150 Leuten wird eine Mannstundenleistung von 1,8 t bzw. eine Mannschichtleistung von mehr als 14 t erzielt – bei der großen Teufenlage der Lagerstätte eine hervorragende Leistung. Die Gewinnungskosten liegen bei etwa 50 Can\$ je t Erz.

2.4.3. Kidd-Creek (Timmins)

Die Lagerstätte Kidd-Creek bei Timmins wurde 1963 durch geologische und geophysikalische Prospektion entdeckt und abgebohrt. Zwischen 1965 und 1979 erfolgte die Gewinnung mit Hilfe eines Tieftagebaus. Seit der Produktionsaufnahme wurden rund 85 Mio t Erz mit einem durchschnittlichen Gehalt von 2,2% Cu, 7,2% Zn, 0,28% Pb, 102 g/t Ag gewonnen (BRISBIN, D., et al., 1990)

Geologischer Rahmen

Die Lagerstätte von Kidd-Creek, die als eine der größten exhalativ-sedimentären Blei-Zink-Kupfererzanreicherungen der Welt gilt, befindet sich am W-Ende des Abitibi-Greenstonebelts, 27 km nördlich von Timmins in Ontario. Die E-W streichende Schichtfolge ist im Lagerstättenbereich lokal überkippt, steilgestellt und fällt mit 70°-80° gegen E ein. Die Schichtglieder der Kidd-Munro Serie, die als Erzträger fungieren, zeigen Mächtigkeiten im Bereich der Lagerstätte bis zu 300 m, während sie außerhalb der Lagerstätte bloß 100 m an Mächtigkeiten erreichen. Nebengestein und Vererzung sind Grünschiefer faziell metamorph überprägt (FYON, J.A. & GREEN, A.H., 1990).

Die Vererzung, im stratigraphischen Top einer lokal überdurchschnittlich mächtigen metavulkanischen Abfolge gelegen, zerfällt in folgende Schichtglieder: (1) „Rhyolithische Vulkanoklastika“, (2) polymikte Rhyolith-Brekzie, (3) „Massiver Rhyolith“, (4) „Cherty breccia“ (Kieselbreccie), (5) „Karbonathorizont“ (Abb. 21). Innerhalb der polymikten Rhyolith-Brekzie liegen die massiven Sulfidvererzungen. Vererzung und Nebengestein werden von gabroiden Ganggesteinen durchzogen.

B e m e r k u n g : Die lokalen Gesteinsbezeichnungen entsprechen nicht unbedingt der gebräuchlichen Terminologie. Sie sind eher als Arbeitsbezeichnungen zu verstehen.

Rhyolithische Vulkanoklastika

Diese Gesteinseinheit besteht aus Lapilli und rhyolithischen Bomben, die in einer rhyolithischen, tuffitischen Matrix eingebettet sind. Korngröße, -verteilung und Sortierung sind inhomogen. Je nach Art der Alteration (Serizitierung, Silifizierung oder Chloritisierung) zeigt das Gestein unterschiedliche Farben.

Rhyolith-Brekzie

Diese vulkanoklastische Breccie führt neben Dacit- und Tonschieferfragmenten vor allem Pyrit, Zinkblende, gebänderte Pyrit-Zinkblendekomponenten

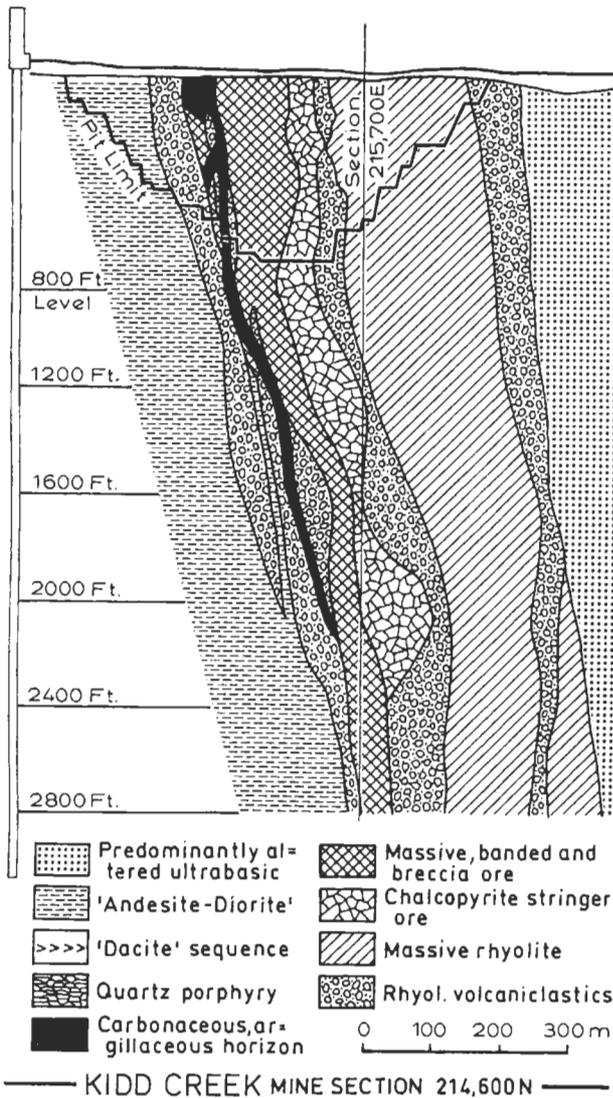


Abb. 21: Vereinfachtes Profil durch die Lagerstätte Kidd Creek

Fig. 21: Simplified cross-section of the Kidd Creek deposit

sowie untergeordnet Kupferkies. Dieses Gestein wird als Debris-Flow gedeutet.

Massiver Rhyolith

Dieser tritt in Sills und Gängen vor allem im Liegenden des nördlichen Erzkörpers auf. Die Farbe des Gesteines ist dunkelgrau bis schwarz. Häufig sind Einsprenglinge von Albit und Quarz, der Silikatchalt ist auffallend hoch. Gänge dieses „massiven Rhyoliths“ durchziehen die rhyolitischen Vulkanoklastika.

„Kieselbrekzie (Cherty breccia)“

Als „Cherty breccia“ werden hell- bis mittelgraue kieselsäurereiche, dichte, brekzierte Rhyolithe bezeichnet. Diese Gesteinseinheit befindet sich unmittelbar im Liegenden der massiven Vererzung und ist üblicherweise durch ein Netzwerk von Kupferkies, Pyrit, Magnetkies und Zinkblende mineralisiert. Das „Stringer ore“ ist reich genug, um abgebaut zu werden. Charakteristisch sind Nebengesteinsveränderungen wie Serizitisierung und Chloritisierung, die vor allem von Klüftchen ausgehen kann.

„Karbonathorizont“

Im Hangenden des nördlichen Erzkörpers findet sich ein karbonatisches Gestein. Diese Gesteinsabfolge kann in eine „kalkige Tonschieferzone“, einen „feinlaminierten Tonschiefer mit Pyrit und Zinkblende“, sowie in eine „kalkige, polymikte Brekzie“ untergliedert werden.

Andesit-Diorit

Drei Intrusionen gabbroider Gesteine, als „Andesit-Diorit“ (lokaler Arbeitsbegriff) bezeichnet, drangen in den Rhyolith im Westen, Norden und Südosten der Lagerstätte ein. Dabei handelt es sich einerseits um massive, mittel-feinkörnige, dunkelgrün-graue Gesteine mit rosa Körnchen aus Leukoxenen bis 2 mm Größe („Andesit-Diorit Type One“). Als „Andesit-Diorit Type Two“ werden schließlich jene Gesteine mit dunkelgrünen Phänokristallen bis zu 1 cm Korngröße bezeichnet. Diese Intrusionen sind meist konkordant im Rhyolith eingelagert.

„Quarzporphyr“

Dieses Schichtglied ist das westlichste und jüngste Gestein im Bereich der Lagerstätte. Typisch für dieses Gestein sind Einsprenglinge von Quarz und Plagioklas, die einige mm groß werden können. Serizitreiche Partien sind stark geschiefert.

„Dazit“

Die in der Bergbauterminologie als „Dazite“ bezeichneten Gesteine sind hell- bis mittelgrüne Metavulkanite, die örtlich gebleicht, karbonatisiert und serizitisiert sind. Pillows haben weniger als 1 m Durchmesser. Pillowlagen werden gelegentlich im Topbereich von kalkigen Tonschiefern überlagert, die Pyrit oder Magnetkies enthalten können.

„Serpentinit“

Im E der Lagerstätte existieren im stratigraphisch Liegenden des Rhyoliths dunkle, teilweise massive Serpentine. Sie zeigen unterschiedliche Texturen,

in Klüften Talk und Karbonat. Die Serpentinite werden entweder auf Komatiitströme oder auf eine Peridotitintrusion zurückgeführt.

Vererzung

Grundsätzlich werden drei verschiedene Vererzungstypen unterschieden: Vererzungen der Feederzone, Massive Sulfidvererzungen, Sulfidbrekzien.

Die Vererzungen der Feederzone sind mineralisierte, ehemalige Zufuhrspalten der Erzlösungen. Die Kluftweite liegt zwischen 2 cm und 1 m. Sie führen in erster Linie Kupferkies (3–30%), wobei der Metallgehalt mit der Teufe zunimmt. Zinkblende tritt disseminiert oder in Klüften auf. Die Metallgehalte schwanken zwischen 0.1–1%, wobei die höchsten Gehalte im Liegenden der Feederzone, am Rand der Kupferkiesvererzung zu finden sind.

Massive Sulfidvererzungen sowie Bändererze finden sich im Hangenden des Feederspaltensystems. Die Paragenese dieses Erztyps besteht entweder aus monomineralischen Anreicherungen von Pyrit, Zinkblende und Kupferkies, aber auch aus Bändererzen bestehend aus Pyrit, Zinkblende, Magnetkies, Kupferkies und Bleiglanz.

Sulfidbrekzien bestehen aus Fragmenten von Pyrit und/oder Zinkblende in karbonatischen Tonschiefern und sauren Tuffen im stratigraphisch Hangenden des Erzkörpers. Diese chaotische Brekzie mit metergroßen Komponenten ohne erkennbare Sortierung ist frei von Kupferkies und wird je nach Zn-Gehalt abgebaut. Der Transport dieser Brekzie wird als Debris Flow beschrieben.

Struktur der Lagerstätte

Die Lagerstätte ist störungsbedingt in einen nördlichen und einen südlichen Erzkörper gegliedert, wobei diese in fünf verschiedene Zonen eingeteilt werden.

Der nördliche Erzkörper streicht NW bis NE, ist überkippt und fällt mit 80° gegen E ein. Dieser Erzkörper wird in 2 Zonen untergliedert: Die Zone 1 stellt das östlichste, zugleich größte Kupferkiesvorkommen der gesamten Lagerstätte dar. In Zone 2 findet sich massiver Pyrit und Zinkblende. Der Pyritgehalt erreicht bis zu 55%, in Zinkblende finden sich die höchsten Konzentrationen von Blei, Silber und Zinn. Der Kontakt zu Zone 1 ist scharf, es treten aber auch Linsen von Kupferkies auf.

Der nördliche Erzkörper ist durch Bohrungen bis in eine Teufe von 1700 Meter nachgewiesen.

Die Zonen 3, 4 und 5 gehören zum südlichen Erzkörper. Dieser ist durch eine W–E streichende Störung gegen N begrenzt und zerfällt bruchbedingt in drei Zonen. Der Erzkörper ist bis zu einer Tiefe von 1040 m nachgewiesen.

Zone 3 liegt verkehrt, fällt mit 70° gegen E ein und führt hauptsächlich Pyrit, Zinkblende und Kupferkies. Teilweise erkennt man eine Bänderung im Randbereich. Eine Metallzonierung ist nur undeutlich entwickelt.

Zonen 4 und 5 sind durch gebändertes Erz bestehend aus Pyrit, Zinkblende und Kupferkies gekennzeichnet. Zwischengelagert sind rhyolithische Vulkanoklastika. Zone 4 streicht E–SE und fällt 80° gegen N ein; Zone 5 liegt verkehrt und streicht ähnlich wie Zone 3.

Im Liegenden des südlichen Erzkörpers wurde eine kupferreiche Mineralisation angefahren, die als Bornitzone bezeichnet wird. In dieser treten neben Bornit auch Kupferkies, Tennantit und Pyrit in geklüftetem Rhyolith auf. Die Erze sind durch einen hohen Indiumgehalt gekennzeichnet.

Etwas abseits liegt der südwestliche Erzkörper. Es handelt sich um einen massiven Sulfiderzkörper mit Pyrit, Zinkblende, Bleiglanz, Silber, jedoch frei von Kupferkies. Der 2–20 m mächtige Komplex wurde bis in eine Tiefe von rund 75 m nachgewiesen. Er kann als distales Event zum nördlichen und südlichen Erzkörper interpretiert werden.

Nebengesteinsveränderungen

Da Vererzung und Nebengestein metamorph überprägt sind, spiegeln die heutigen Nebengesteinsveränderungen nicht unbedingt vererzungsrelevante Alterationen wieder.

Die Rhyolithe sind üblicherweise an Na_2O , K_2O , CaO und Al_2O_3 abgereichert. FeO , MgO und SiO_2 sind verglichen mit den Gesteinen in einiger Entfernung zur Lagerstätte angereichert. Die Nebengesteinsveränderung ist in erster Linie durch einen Abbau des Feldspates und durch eine Silifizierung, Chloritisierung und Serizitisierung gekennzeichnet. Fe-reiche Chlorite pflegen üblicherweise im Bereich der Feederspaltensvererzungen aufzutreten, während der Mg-reiche Chlorit eher von dieser in einiger Entfernung auftritt. Die Bildung von Fe-reicherem Chlorit wird auf höhere Temperaturen und eisenreichere hydrothermale Lösungen und die von Mg-reichen Chloriten auf den Einfluß des kühleren, magnesiumreicheren Meerwassers zurückgeführt.

Alter von Nebengestein und Vererzung

Das Alter des Nebengesteines, somit auch der syngenetischen Vererzung ist mit Hilfe des Zirkonalters (U/Pb) mit 2717 ± 2 Mio a anzugeben.

Bergbautätigkeit

Das Buntmetallbergwerk Kidd-Creek, das sich im Eigentum der Falconbridge Corporation befindet, ist eines der größten untertägigen Metallergbergwerke

der Welt. In den beiden Teilbereichen des Kidd-Creek Bergwerkes – Kidd-Creek 1 und Kidd-Creek 2 – werden rund 3,4 Mio t Sulfiderz mit folgenden Gehalten gefördert: 3,5% Kupfer, 5,6% Zink und geringen Mengen an Blei und Silber. Zur Zeit ist ein neuer, tiefer liegender Teil der Lagerstätte Kidd-Creek in Ausrichtung begriffen. Dieser wird die Bezeichnung Kidd-Creek 3 erhalten.

Das Bergwerk Kidd-Creek ging im Jahre 1966 zunächst als Tagebau in Betrieb. Später erfolgte mit der Ausrichtung von Kidd-Creek 1 der Übergang auf den Untertagebau.

Die Lagerstättenformation besteht im wesentlichen aus 4 einzelnen Lagerstättenkörpern, die eine streichende Länge von 100 bis 200 m aufweisen und etwa 10 bis 30 m mächtig sind. Der Abstand zwischen den einzelnen Lagerstättenkörpern liegt nur bei einigen 10 m.

Der Aufschluß der Lagerstätte erfolgt durch seigere und schräge Grubenbaue im Liegenden. Im wesentlichen sind dies 2 Tagesschächte mit Teufen von 900 und 1500 m, eine Schrägstrecke mit 18 % Neigung, die dem Einfallen der Lagerstätte bis in eine Teufe von 1500 m folgt, sowie zwei Wetterschächte. Von den Schächten führen auf den Hauptsohlenniveaus Querschläge bis zur Lagerstätte. Zusätzlich zu den genannten Tagesöffnungen besteht noch ein Ralsebohrschacht, über den das unter Tage benötigte Versatzmaterial in die Grube befördert wird.

Die Hauptsohlen sind im Abstand von 120 m angeordnet. Auf jeder Hauptsohle geht vom Schacht aus ein Hauptquerschlag bis nahe zum Liegenden des Erzkörpers. Von diesem Hauptquerschlag zweigt zweiflügelig eine Richtstrecke ab, die die beiden Enden der streichenden Erstreckung der Lagerstätte zugänglich macht. Von dieser Richtstrecke zweigen Vorrichtungsquerschläge in die Lagerstätte ab, die die oberen und unteren Abbaustrecken für das angewendete kammerartige Abbaufahren bilden.

Zwischen den Hauptsohlen werden jeweils 2 bis 3 Teilsohlen angeordnet. Die Teilsohlenniveaus haben keinen Schachtschluß sondern sind nur über die Schrägstrecke verbunden. Auf jedem Haupt- und Teilsohlenniveau bestehen Verbindungen zu den Erz- und Taubsturzschächten, Wetterbohrlöchern sowie Versatzschächten. Die Sohlen aller Strecken auf denen LHD Geräte oder SLKW für die Erzförderung eingesetzt sind, sind mit Beton befestigt. Dies erlaubt eine hohe Fördergeschwindigkeit und bewirkt auch geringere Instandhaltungs- und Reparaturkosten durch Schonung der Fahrzeuge. Bei der großen Betriebsgröße in Kidd-Creek rechnet sich die Investition für betonierete Fahrbahnen.

Die Abbaukammern sind querschlägig angelegt. Diese weisen eine Breite von etwa 18 m auf, eine Länge entsprechend der Lagerstättenmächtigkeit und eine Höhe von 100 bis 120 m. In einem er-

sten Abbaubereich werden Kammern in einem Abstand von 24 m mit dazwischen liegenden Pfeilern abgebaut. Diese Primärkammern werden mit Magerbeton versetzt. Nach dem Aushärten können dann die zwischen dem Beton liegenden Erzpfeiler abgebaut werden. Auch die dabei entstehenden Hohlräume werden aus Stabilitätsgründen mit Magerbetonversatz verfüllt. Nur selten kommt nicht bindemittelverfestigter Versatz zum Einsatz.

Auf den Hauptsohlen wird das Erz aus den Kammern über kurze Ladequerschläge mit LHD Geräten geladen. Diese befördern es zum nächsten Sturzschaft. Über diese gelangt das Erz auf eine der beiden Hauptsohlen in 850 m bzw. 1500 m Teufe. Nach dem Durchlaufen durch einen Backenbrecher wird das Erz in 26 t (im Füllort auf Sohle 850 m) bzw. 17 t Skips (im Füllort auf Sohle 1500 m) aufgegeben und zu Tage gefördert.

Die Material- und Personenbeförderung von über nach unter Tage erfolgt auf Schachtkörben. Unter Tage werden alle Förderaufgaben mit Gleislosfahrzeugen abgewickelt. Das Bergwerk Kidd-Creek ist hoch mechanisiert. Dies drückt sich in den erreichten Leistungen aus: mit etwa 975 Beschäftigten wird eine Werksleistung von mehr als 15 t je Mannschicht erzielt. Die Gewinnungskosten liegen bei etwa 30 Can \$/ t Erz.

2.4.4. Geco (Manitouwadge)

Die Cu-Zn-Ag Lagerstätte Geco (Abb. 22) liegt 5 km östlich der Stadt Manitouwadge im Thunder Bay Mining District, rund 320 km östlich von Thunder Bay. Durch den Bergbau ist der Geco Erzkörper auf etwa 800 Meter im Streichen und 1300 Meter im Einfallen nachgewiesen. An Erzen treten in erster Linie massiver Magnetkies, Pyrit, Zinkblende, Kupferkies und Bleiglanz auf, die von einer Kluftvererzung von Kupferkies und Pyrit begrenzt wird. Die Mächtigkeit der massiven Vererzung liegt bei durchschnittlich 20 Metern.

Geologischer Rahmen

Die Lagerstätte liegt in der Superior Province des Kanadischen Schildes im Norden des Wawa-Abitibi Greenstone Belts. Im Bereich um Manitouwadge sind vier E-W streichende Einheiten aufgeschlossen (vgl. WILLIAMS, H. R., BREAKS, F. W. et al., o. J., FRIESEN, R. G. et al., 1982):

- (1) Quetico Paragneis
- (2) granitisierte felsische und basische Gneise
- (3) Manitouwadge Mine Series

(4) Granitisierte felsische Gneise.

Die Gesteine der Manitouwadge Mine Serie – Metavulkanite, Paragneise und Schiefer – selbst sind in einen großangelegten Muldenbau („Manitouwadge Synform“) verformt. Im Umfeld der Lagerstätte läßt sich eine weitere Untergliederung durchführen:

- (a) „Hornblende Schist Group“ (1600 m Mächtigkeit)
- (b) „Gray Gneiss Group“ (1500 Meter Mächtigkeit)
- (c) „Sericite Schist Group“ (200 Meter Mächtigkeit)
- (d) „Granite Gneiss Group“ (700 Meter Mächtigkeit)

Die Vererzung liegt ausschließlich in der Sericite Schist Group. Der liegendste Erzhorizont ist die „4/2 Copper Zone“, eine wenige cm bis 5 m mächtige Lage disseminierten Kupferkieses, Magnetkieses und Pyrites. Diese Sulfiderzlage wird üblicherweise von einer 5 bis 20 m mächtigen Lage Quarz-Biotit-Anthophyllit-Hornfels überlagert. Über diesem Schichtglied lagert der typische Serizitschiefer, der wiederum in eine Serizit-Sillimanit Schiefer und den eigentlichen Serizitschiefer unterteilt wird.

Der bis zu 100 Meter mächtige „Main Orebody“ liegt im oberen Teil der Serizitschiefer-Gruppe und setzt sich aus einer 0,1–1 m mächtigen Zone massiven Pyrites, Magnetkieses, Zinkblende und Kupferkies zusammen, der von disseminierten Kupferkies-Magnetkies und Pyriterzen überlagert wird. Diese disseminierte Vererzung leitet in Serizitschiefer über, aus der sich schließlich die „8/2 Zinc Zone“ entwickelt. Diese erreicht Mächtigkeiten bis zu 5 Metern.

Die erzführende Sericite Schist Group wird von der „Grey Gneiss Group“ überlagert, die aber im Grubengebäude nicht aufgeschlossen ist.

Nebengestein und Vererzung werden von Quarz-Dioritgängen durchschlagen. Die Mächtigkeit dieser Gänge kann bis zu 10 m betragen.

Die beschriebenen Gesteinsabfolgen unterlagen mehreren Deformationsphasen. Nebengestein und Vererzung sind hochgradig metamorph überprägt (Amphibolitfazies).

Genese der Vererzung

Die schichtkonkordante Lage der Vererzung, Art und Genese des Nebengesteins sowie andere vererzungseminente Phänomene lassen den Schluß zu, daß es sich um eine typische SEDEX Lagerstätte handelt. Im Gegensatz zu den im Rahmen dieser Exkursion befahrenen anderen SEDEX Lagerstätten (Bousquet, Mobrun, Ansil, Kidd-Creek) wurde der Erzkörper

von einer starken Metamorphose überprägt. Bemerkenswert ist dabei zweifelsohne, daß Stoffwanderungen in größerem Ausmaße nicht erfolgten.

Bergbautätigkeit

Das Buntmetallbergwerk Geco der großen nordamerikanischen Bergbaugesellschaft Noranda fördert pro Jahr rund 1,2 Mio t Erz mit Gehalten von z. Zt. 1% Kupfer, 4,1% Zink und 20 g/t Silber.

Das Bergwerk wurde im Jahre 1957 in Betrieb genommen und verfügt heute noch über Resterzvorrate für weitere 5 Jahre Gewinnungstätigkeit.

Die Lagerstätte besteht aus 3 größeren plattenförmigen Lagerstättenkörpern, die in Teufen von 0 bis 1500 m liegen. Die Mächtigkeit der einzelnen Lagerstättenkörper erreicht höchstens 60 m. Die streichende Erstreckung liegt für die verschiedenen Erzkörper zwischen 500 und 1700 m. Das Einfallen schwankt zwischen 85 und 90°. Die Gebirgsverhältnisse sowohl in der Lagerstätte als auch im Nebengestein liegen zwischen I und II nach der ÖNORM B 2203. Das Gebirge ist weitgehend trocken.

Die Lagerstätte ist von über Tage durch zwei Schächte aufgeschlossen. Einer der Schächte dient sowohl der Erz- als auch der Personen- und Materialbeförderung. Der zweite Schacht ist ein reiner Personen- und Materialförderschacht. Eine Reihe weiterer Tagesöffnungen bestehen für Aufgaben der Wetterführung und der Versatzförderung. Diese wurden teilweise gebohrt, teilweise mit Alimakbühnen aufgebrochen.

Die gesamte Lagerstätte ist durch Sohlen im Abstand von 60 m unterteilt. Die Sohlenverbindung besteht fast ausschließlich aus Vertikalverbindungen in Form von Blindschächten. Nur in wenigen Teilbereichen der Lagerstätte bestehen 18 % geneigte Schrägverbindungen. Zwischen den einzelnen Hauptsohlen sind jeweils 1 bis 2 Teilsohlen angelegt. Die Ausrichtungsbaue sind in Nebengestein aufgefahren, sowohl im Liegenden als auch im Hangenden. Das weitgehende Fehlen von Schrägverbindungen zwischen den Sohlen bedeutet, daß die unter Tage eingesetzten Gleislosgeräte zunächst sehr mühsam zerlegt nach unter Tage befördert werden müssen und dann ebenso wieder mühsam zusammengebaut werden. Sehr zeitaufwendig ist zudem das Überstellen der Geräte von Sohle zu Sohle.

Das im Haupterzkörper bei der Gewinnung der Restpfeiler angewendete Abbauverfahren ist ein Teilsohlenkammerbau mit Versatz. Die Breite der querschlägig angelegten Kammern liegt bei rund 50 m, die Höhe bis zu 120 m und die Länge entsprechend der Lagerstättenmächtigkeit bei einigen 10 bis 50 m. Die Kammern werden aus Kostengründen fallweise über mehrere Sohlen gemeinsam abgebaut. Gebohrt wird von den Haupt- und Teilsohlen aus fächerförmig

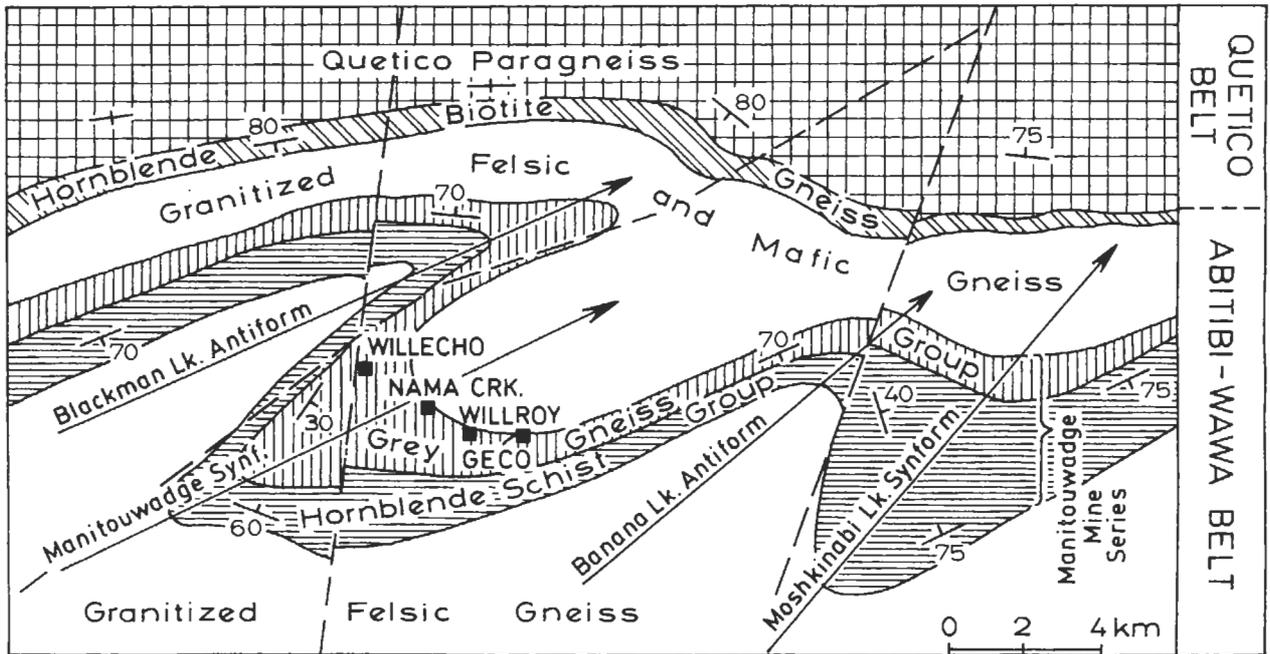


Abb. 22: Geologische Skizze des Umfeldes der Geco Erzkörper.

Fig. 22: Geological map of the surrounding of the Geco-orebody.

jeweils nach oben und unten. Beim Abbau der Weitung wird zunächst ein Verbindungsaufbruch über die gesamte Kammerhöhe mit Sprengarbeit hergestellt. Nach dem Hereingewinnen von 20 bis 30 % der Kammer wird der Rest in einem abgebohrt und hereingewonnen. Dabei werden fallweise bis zu einer halben Million t Erz hereingesprengt. Die größte Sprengung, die bisher unter Tage abgetan wurde, erbrachte 800.000 t Erz. Dazu bedurfte es 175 t Sprengstoff. Nach dem Hereinsprengen wird das Erz auf der untersten Sohle abgezogen. Als Ladegeräte werden in größeren Kammern Schrapper eingesetzt, in kleineren Kammern LHD-Geräte. Das Erz fällt über Sturzschächte auf die Hauptfördersohle und passiert dort einen Brecher. An den Brecher unter Tage ist ein Förderband angeschlossen, mit dem das Erz zum Füllort am Hauptförderschacht befördert wird. Mit einer zweitrümmigen 18 t Skipförderung erfolgt die Erzförderung im Hauptschacht.

Gleichzeitig mit dem Abziehen des Erzes aus den Kammern wird von oben über Sturzschächte Taubmaterial als Versatz nachgeschüttet. Auf diese Weise entsteht kein offener Abbauhohlraum. Dies ist auch eine Voraussetzung für die großen Dimensionen der Abbaukammern. Diese Vorgangsweise des gleichzeitigen Abbauens und Versetzens setzt ein entsprechend vorsichtiges Erzabziehen voraus, um eine Vermischung zwischen dem Erz und dem Versatz zu vermeiden.

Als neuestes Abbaufverfahren wird zur Zeit ein

Kammerbau von Aufbrüchen aus getestet. Dabei werden die Kammern nicht, wie bei Teilsohlenkammerbau von horizontalen Strecken aus abgebohrt, sondern von senkrechten Aufbrüchen aus. Für die Befahrung der Aufbrüche und als Plattform für die Bohrarbeit dienen Alimak Aufbruchbühnen.

Der Material- und Personentransport wird unter Tage auf den Sohlen gleisgebunden abgewickelt, zwischen den Sohlen im Hauptschacht oder über Blindschächte.

Insgesamt betrachtet ist das Buntmetallbergwerk Geco ein recht moderner Grubenbetrieb, der jedoch auf Grund seines Alters einige Schwachstellen im Grubenzuschnitt aufweist. Die Auslegung der Grube geschah vor mehr als 30 Jahren im Hinblick auf eine damals ganz andere zum Einsatz kommende Gewinnungstechnik als heute. Da die gesamte Maschinenteknik seit damals komplett geändert wurde, ergeben sich heute mit gleichem Grubenzuschnitt naturgemäß einige Schwachstellen.

Umso bemerkenswerter ist die auf den gesamten Bergbau bezogene Leistung von 2,7 t/ Mannstunde bzw. 22 t/ Mannschicht. Insgesamt arbeiten im Bergbau 220 Arbeiter (incl. Subunternehmer) und 40 Angestellte. Die Kosten des Abbaues liegen ohne Aufbereitung bei rund 30 Can\$ je t Roherz.

2.4.5. Wawa (G. McLeod Mine)

Die Eisenerzlagerstätten um Wawa liegen im Wawa-Abitibi Greenstone Belt in einer präkambrischen Gesteinsabfolge, die auch als „Michipicoten Serie“ bezeichnet wird (Abb. 23). Dabei handelt es sich um eine Folge vulkanischer und sedimentärer Gesteine. Die Vulkanite, die diese Serie zum überwiegenden Teil aufbauen, sind basaltischer bis rhyolithischer Natur. Innerhalb dieser Vulkanitabfolge liegen Sedimentgesteine, die sich in eine „Iron Formation“ und eine siliziklastische Formation untergliedern lassen. Die Iron Formation bildete sich offensichtlich zu einem Zeitpunkt vulkanischer Ruhe, aber anhaltender hydrothermalmer Aktivität. Die vulkanosedimentären Gesteine wurden schließlich von Plutoniten intrudiert, die Gänge und größere Intrusionskörper verursachten. Das Alter dieser Serie wird mit 2,7 Mrd a angegeben.

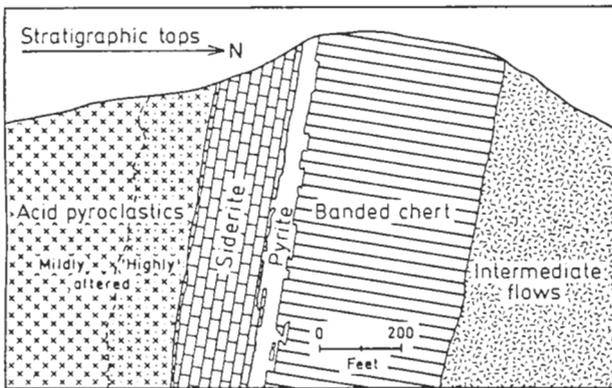


Abb. 23: Wawa: Schematisches Profil durch die Lagerstätte.

Fig. 23: Wawa: Simplified cross-section through the deposit.

Die Michipicoten Serie wird im Bereich der Lagerstätte in weitere kleinere Einheiten untergliedert:

Dore'-Formation, Basic Volcanics, Iron Formation, Acid Volcanics, Basic Volcanics.

Die basischen Vulkanite sind in zwei verschiedenen Horizonten aufgeschlossen: Sie liegen einerseits im Liegenden (Süden) der sauren Vulkanite, andererseits überlagern sie im Norden die Iron Formation. Die basischen Vulkanite sind zum überwiegenden Teil basaltischer Natur. Pillowstrukturen sind an zahlreichen Stellen hervorragend entwickelt.

Die sauren Vulkanite unterlagern üblicherweise die Gesteine der Iron Formation. Die Mächtigkeit kann im Bereich der Lagerstätte bis zu 2000 Meter betragen. Die zumeist rhyolithischen Tuffe wurden im Bereich der Lagerstätte von einer äußerst starken Alteration (Karbonatisierung) überprägt.

Die Iron Formation (Abb. 24) ist die Trägereinheit der berühmten Eisenvererzungen des Algoma Typs.



Abb. 24: Wawa: Bändereisenerz.

Fig. 24: Wawa: Banded-iron-ores.

Sie selbst wird vom Hangenden zum Liegenden in drei Einheiten untergliedert:

Banded Chert Member, Pyrite Member, Siderite Member.

Das „Banded Chert Member“ ist eine mächtige und anhaltende Einheit, während die Pyrit- und Siderit Member eher linsige Gestalt aufweisen.

Das Banded Chert Member wird aus dünnen Bändern reinen Cherts aufgebaut, die mit ebenso dünnen Bändern aus Siderit, Pyrit und Magnetit wechsellagern. Die Mächtigkeit im Lagerstättenbereich schwankt zwischen wenigen Metern und 300 Metern, ist im Durchschnitt aber mit rund 100 Metern anzugeben.

Der Siderit- und Pyritkörper erreicht im Bereich der Lagerstätte Mächtigkeiten bis zu 100 Metern. Der hellgraue bis beigefarbene, zum Teil undeutlich gebänderte Siderit ist auffällig feinkörnig, kieselig verunreinigt und führt gelegentlich Pyritlagen. Glimmer- und Chloritverunreinigungen sind die Regel. In der Nähe von „Diabasgängen“ wurde der Siderit in einem Abstand bis zu 8 Metern offensichtlich in Magnetit umgewandelt.

Eine typische Sideritprobe zeigt die nachstehende chemische Zusammensetzung: FeO 35,62%, SiO₂ 7,14%, S 2,93%, Mn 1,98%, CaO 2,38%, MgO 5,82%, Al₂O₃ 1,41%, (Rest CO₂).

Der Erzkörper wird schließlich von basischen Vulkaniten und den Gesteinen der Dore'-Formation überlagert. Die Dore'-Abfolge wird bis zu 1000 Meter mächtig und besteht vorwiegend aus Konglomeraten, Grauwacken, Schiefern, Arkosen und Quarziten.

Die gesamte Gesteinsvergesellschaftung einschließlich der Lagerstätte wird von Intrusivgesteinen durchzogen, die im wesentlichen aus Graniten, Granodioriten, Dioriten und „Diabasgängen“ bestehen. Ein größerer Granitplutonit liegt beispielsweise im Südosten der Lagerstätte Helen-Britannia.

Die tiefgründige Verwitterung des Lagerstätten-

körpers, die zur Bildung von Eisenhydroxiden und Hämatit führte, ist gelegentlich bis in eine Tiefe von 200 Metern erfolgt.

Verzerrung und Nebengestein wurden durch tektonische Ereignisse verfaltet, steilgestellt und örtlich sogar leicht überkippt, sodaß das stratigraphisch Liegende jeweils das bergmännisch Hangende darstellt. Die Intrusionsereignisse erfolgten dabei offensichtlich in einem späten Zeitpunkt der tektonischen Überprägung. Im Bergbaurevier sind 5 größere Verwerfungstypen bekannt geworden.

Die abbaubaren Vorräte an Eisenerz werden z. Z. mit rd. 90 Mio t beziffert. Die Jahresproduktion ist stark rückläufig und beläuft sich z. Z. auf rund 1 Mio Jahrestonnen. Hauwerk mit einem FeO Gehalt von 35%, 7,5% SiO₂, 2% Mn werden als „Direct Ore“ verhüttet. Ärmere Erze müssen aufbereitet werden.

Genese der Lagerstätte

Allgemein wird angenommen, daß Lagerstätten des Algoma Typs sedimentär entstanden sind. Der basische Vulkanismus wird als Quelle des Fe angeführt. An Nebengesteinsveränderungen sind eine Abfuhr von SiO₂, Na₂O, K₂O, in geringem Umfang auch CaO, hingegen eine Zufuhr von CO₂, FeO, MnO und in geringem Maße MgO zu beobachten.

Die Herkunft der ungeheuren Mengen an Kieselsäure ist auch heute noch spekulativ. GOODWIN 1960 glaubt an eine Herauslösung aus den liegenden Gesteinsabfolgen: „The weight of SiO₂ leached from the footwall volcanics is indicated to be of the same order of magnitude as the weight of SiO₂ present in the overlying iron formation“.

Bergbautätigkeit

Das Bergwerk, das 1951 in Betrieb ging, wurde zwischen 1973 und 1979 vollkommen umstrukturiert. Es dürften noch Vorräte vorhanden sein, die bei der jetzigen Betriebsgröße für mehr als 20 Jahre Abbau reichen.

Die sehr regelmäßige plattenförmige Lagerstätte weist eine streichende Erstreckung von 1500 m auf, ist rund 50 m mächtig und fällt mit etwa 55° ein. Die Teufenerstreckung liegt bei etwa 800 m. In streichender Richtung ist die Lagerstätte durch eine nicht bauwürdige Zone in zwei Bereiche unterteilt.

Die Lagerstätte ist durch einen 890 m tiefen Schacht und zwei geradlinige 18% geneigte Schrägstrecken von der Tagesoberfläche aus zugänglich gemacht. Der Schacht ist im Hangenden angesetzt und quert die einfallende Lagerstätte. Die beiden parallelen Schrägstrecken folgen im Liegenden dem Einfallen der Lagerstätte bis in eine Teufe von etwa 800 m.

Der Schacht dient der Personen- und Materialförderung sowie der Wetterführung. Zu-

dem wird das unter Tage anfallende Taubgestein über den Schacht zu Tage gefördert. In einer der beiden Schrägstrecken ist ein 4,5 km langes Förderband für die Erzförderung installiert. Die zweite Schrägstrecke dient als Servicestrecke für die Bandförderstrecke und als Zugang für Gleislosfahrzeuge.

Insgesamt stehen unter Tage drei Baufelder in Verhieb. Das angewendete Abbauverfahren ist ein Weitungsbau. Dabei werden zunächst von streichenden Richtstrecken im Liegenden der Lagerstätte aus kurze Querschläge in den Erzkörper vorgetrieben. Die auf verschiedenen Teilsohlen übereinanderliegenden Querschläge werden in einem nächsten Schritt durch Bohren und Sprengen miteinander verbunden. Der dabei entstehende Schlitz von rund 90 m Höhe wird durch das Hereinsprengen von fächerförmig angelegten Bohrungen auf eine Breite von rund 20 m aufgeweitet. Zwischen zwei Weitungen bleibt zunächst ein 25 m breiter Pfeiler stehen. Nach dem Auserzen der querschlägig angelegten Weitungen werden in einem nächsten Schritt die zwischen den Weitungen verbliebenen Pfeiler abgebohrt und hereingesprengt. Dies geschieht häufig in größeren Abschnitten bei denen 200.000 bis 300.000 t Erz anfallen. Die bisherige Erfahrung hat gezeigt, daß die dabei entstehenden riesigen Weitungen – einige 100 m Länge und einige 100 m Höhe – offen bleiben und nicht verbrechen.

Das Erz wird aus den Weitungen auf den Hauptsohlen über Querschläge mit LHD Geräten weggeladen. Diese fördern das Erz zu Sturzschächten, über die es auf die Hauptfördersohle gelangt. Dort wird das Erz über Ladeschurren in 8,5 m³ Erzwaggons abgezogen und gleisgebunden mit Elektroloks zu einer zentralen Brecherstation unter Tage befördert. Durch den Brecher gelangt das Erz zunächst in zwei 4.400 t Bunker und von diesen auf ein 4.800 m langes Schrägstreckenförderband, mit dem es zu Tage gefördert wird.

Der gesamte Personen- und Materialtransport unter Tage wird gleislos abgewickelt. Es stehen dafür eine Reihe von Kleinlastkraftwagen im Einsatz. Die gesamte Personenbeförderung ist so organisiert, daß jeder Punkt des Grubengebäudes innerhalb von 15 Minuten erreicht werden kann – bei der großen streichenden Erstreckung der Lagerstätte eine bemerkenswerte Leistung.

Das Eisenerzbergwerk MacLeod vermittelt den Eindruck eines hoch mechanisierten Bergwerkes. Obwohl der Zuschnitt der Grube bereits vor mehr als 20 Jahren festgelegt wurde, genügt er noch immer den heutigen Ansprüchen moderner Gewinnungstechnik. In den letzten 20 Jahren wurden unter dem Druck des Preisverfalles für Eisenerz einschneidende Rationalisierungsschritte unternommen. So arbeiten heute im Bergbau, in der Aufbereitung und in der Verwaltung zusammen nur 250 Leute; 50 davon un-

mittelbar im Bergbau, 32 davon unter Tage. Auf den Bergbau bezogen, ergibt sich eine Mannschaftsleistung von beinahe 90 t; eine Leistung, die umso bemerkenswerter ist wenn man bedenkt, daß das Bergwerk nur zu einem Drittel seiner technischen Kapazität von 3 Mio t/ Jahr, ausgelastet ist.

Die Kosten der untertägigen Gewinnung einschließlich der Förderung nach über Tage liegen bei nur rund 6 Can\$ je t Erz.

2.4.6. Hemlo

Das Hemlo Gold Vorkommen befindet sich in der Nähe des NE Ufers von Lake Superior, 35 km östlich Marathon, Ontario, im Bereich der Trans-Canada Highway 17 (Abb. 25).

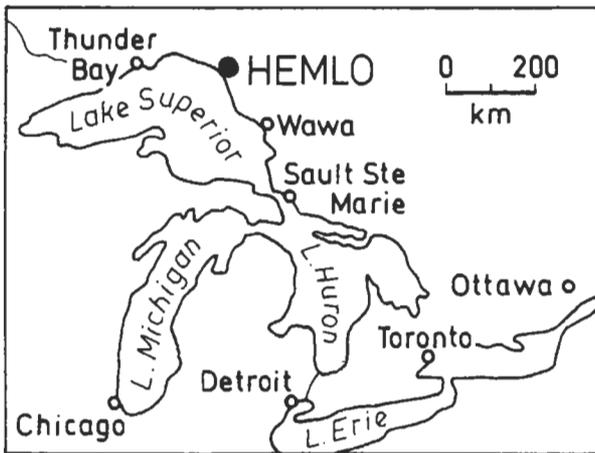


Abb. 25: Hemlo; Lageskizze.

Fig. 25: Location of the Hemlo deposit.

Der Erzkörper setzt sich aus einer Reihe mineralisierter Zonen zusammen, die im Kontaktbereich mäßig bis hochgradig metamorpher, felsitischer Metavulkanite und pelitischer Metasedimenten des Schreiber-Hemlo Greenstonebelts liegen. Dieser Greenstonebelt, der eine Breite von 8-20 km aufweist, befindet sich innerhalb der Superior Province des Kanadischen Schildes als Teil des nach Osten ziehenden Schreiber-White River Abschnitts der Shebandowan-Wawa Subprovince. Westlich von Hemlo, in der Nähe der Heron Bay, erfährt der Belt eine Untergliederung in einen südlichen und nördlichen Abschnitt: Der Playter Harbor Abschnitt, als südlichster und stratigraphisch liegendster, beinhaltet eisenreiche tholeiitische Basalte, mit Mo- und Cu-Vorkommen im Bereich der Heron Bay. Der Heron Bay Abschnitt liegt nördlich des Playter Harbor Abschnitts und überlagert diesen stratigraphisch. Definiert wird dieser durch das Auftreten kalkalkalischer intermediärer bis felsitischer Vulkanite, Vul-

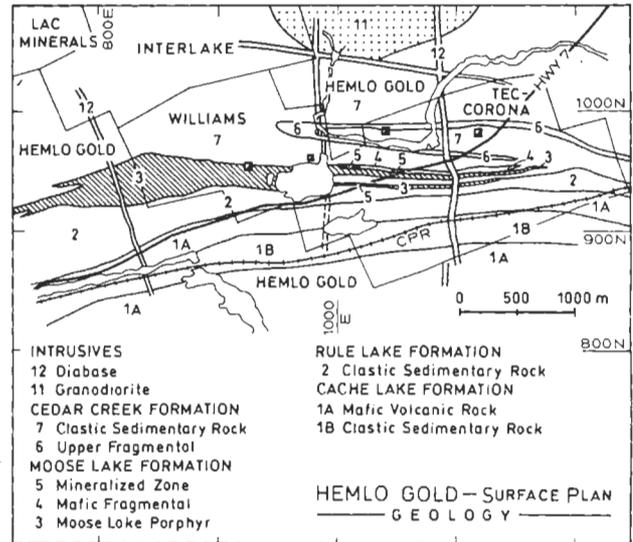


Abb. 26: Geologische Übersichtsskizze.

Fig. 26: Simplified geological map of the Hemlo deposit.

kanoklastika und Sedimentgesteine. Sie bilden das Trärgestein für die Hemlo Erzkörper einerseits, als auch weiterer Gold- sowie Barytvorkommen in diesem Raum (Abb. 26).

Die Hemlo Syncline besteht strukturell aus unter tektonischen Einfluß geratene und in weiterer Folge deformierte Gesteine des Heron Bay Abschnitts. Sie zeigt einen E-streichenden Charakter, welcher zum Teil mit der NE gerichteten Störungszone der Heron Bay-Black River Störung übereinstimmt. In weiterer Folge intrudierten am Ende des Archäikums eine Anzahl von Granitoidplutonen in der näheren Umgebung der heutigen Erzlagerstätte. Es sind dies der Gowan Lake Quarz Monzonit im Norden, der Heron Bay Granodiorit im Südwesten und die Cedar Creek und Cedar Lake Granodiorite im Norden. Der südliche Abschnitt des Greenstonebelts wird durch den Pukaskwa Granodiorit-Gneis Komplex gebildet. Im Norden als auch im Osten wird er von den mit proterozoischen Alter belegten alkalischen Port Coldwell Komplex (im Westen), sowie einer Reihe weiterer (vermutl.) archaischer granitoider Intrusivkörper und Migmatite durchschnitten.

Die Hemlo-Gruppe befindet sich im tieferen Teil der Heron Bay Group, entlang der südlichen Flanke der Hemlo Syncline. Die Gesteine des Haupterzkörpers zeigen ein Streichen zwischen 110°-115° und ein Einfallen von 60°-70° nach Nordosten.

Untergliedert wird dieser geologische Körper von Norden nach Süden durch vier bedeutende Formationen. Es sind dies die (1) Cache Lake, (2) Rule Lake, (3) Moose Lake und (4) Cedar Creek Formationen. Der Haupterzkörper sowie eine Reihe weiterer mineralisierter Zonen sind Teil der Moose Lake Formation (Abb. 27).

Die tektonisch Liegendste der vier ist die Cache Lake Fm., mit mafischen metavulkanischen Schiefern, sowie Granofelsen. Diese erreichen im Bereich des Hauptabbaubereiches des Erzkörpers Mächtigkeiten bis zu 150 m.

Die Rule Lake Fm., die wiederum in zwei Abschnitte untergliedert wird, beinhaltet laminierte metasedimentäre Schiefer und Gneise. Dominiert wird die Tiefere von einem Amph-Fsp-Bi führenden Gneis; der obere Abschnitt besteht aus kalksilikatreichen metasedimentären Gesteinen, die gegen das Hangende zu Staurolith, Kyanit und Granat führen.

Im Bereich der Lagerstätte wird die Moose Lake Fm. in vier Subeinheiten unterteilt, die von Norden nach Süden wie folgt benannt sind: die „Lower Mineralized Zone“, die „Footwall Schists“, die „Mafic Fragmental“ und die „Main Ore Zone“.

Die Lower Mineralized Zone (Einheit 5) beinhaltet feldspatführende sowie serizitische Gesteine, die lokal Baryt- und/oder Pyritgehalte aufweisen und im Kontaktbereich zwischen der Moose Lake und Rule Lake Formation bevorzugt auftreten. Eine abbauwürdige Mineralisation tritt im tieferen Teil der Lagerstätte auf, wo eine beginnende Auskeilung der Main Ore Zone zu beobachten ist. Der Erzkörper wird der Länge nach von Feldspatporphyr führenden Sills durchsetzt.

Tektonisch hangend befinden sich die Footwall Schists, die auch als dünne Zone im liegenden Abschnitt der Lower Mineralized Zone auftreten. Diese Einheit wird in drei Subeinheiten unterteilt: (3a) Quarz Augenschiefer, (3b) Feldspatschiefer (3c) Biotitschiefer.

Die Mafic Fragmental Unit (Einheit 4) setzt sich aus feldspatporphyrführenden linsenförmigen Fragmenten, Quarz-Granofels und Biotitschiefern innerhalb einer stark geschieferten biotitreichen Matrix zusammen. Ihr Auftreten beschränkt sich auf den Bereich zwischen den liegenden Schiefern und den tektonisch darunterliegenden Metasedimentgesteinen der Cedar Creek Formation. Diese Einheit wird ebenfalls in drei Subeinheiten aufgegliedert: (4a) „Biotitic Fragmental“ (4b) „Sericitized Fragmental“ (4c) „Fine-grained Fragmental“.

Die Main Ore Zone (Einheit 5) besteht aus einer Reihe markanter einander gegen das Hangende zu verschneidender, und aufgrund ihrer charakteristischen Mineralogie auszeichnenden Subeinheiten. Tendenzen einer stratiformen oder schichtgebundenen Ausbildung sind nicht nachvollziehbar. Feldspatporphyrreiche, sowie mafische Sills zerschneiden diesen geologischen Körper in der gleichen Weise w.o., allerdings in einer unregelmäßigeren Orientierung. Die Subeinheiten selbst enthalten Molybdän und zeichnen sich durch das Vorhandensein feldspat-, serizit- oder barytführender Erzkörper aus. Das Auftreten von optisch sichtbarem Gold ist an Feldspat-

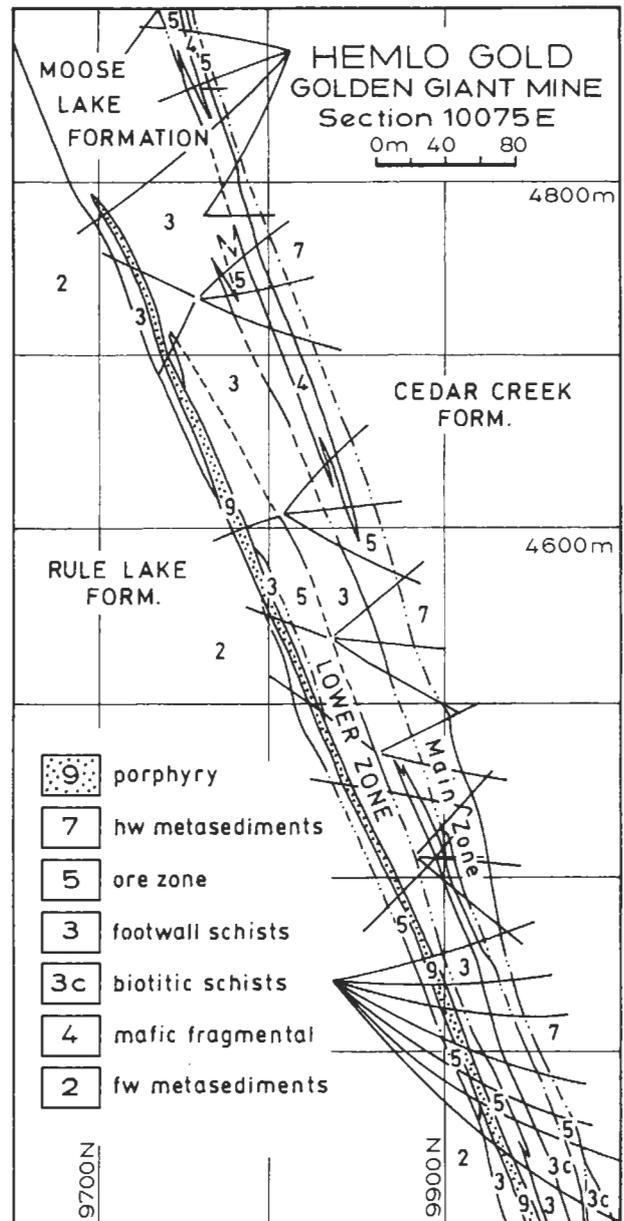


Abb. 27: Hemlo: Schematisches Profil durch den Erzkörper.

Fig. 27: Hemlo: Simplified cross-section through the ore body.

und Quarzlinsen oder an biotitgebundenen Scherzonen innerhalb der Erzkörper gebunden, stellt aber eher die Ausnahme dar. Hauptindikatorminerale für Gold sind: grauer Molybdänit, grüner vanadiumführender Muskovit, sichtbares Gold, Pyrit und weißer Baryt. Von diesen sind visuell erkennbarer Molybdänit und vanadiumführender Muskovitglimmer die Indikatorminerale schlechthin. Hohe Goldgehalte stehen daher in direkter Relation zum verstärkten Auftreten dieser beiden Minerale. Mit freiem Auge ausnehmbares Gold tritt eher bevorzugt

an Silikatkorngrenzen auf. Hingegen stellen Pyrit und/oder das verstärkte Aufscheinen von Baryt Gegenindikatoren dar. Antimonit, Realgar, Zinnober, Arsenkies und Turmalin sind eher unbedeutende Indikatorminerale.

Die klastischen metasedimentären Gesteine der Cedar Creek Formation (Einheit 7), von denen der Rule Lake Fm. makroskopisch nicht zu unterscheiden, sind hier in 14 Subeinheiten unterteilt. Im Laufe der Abbautätigkeit werden davon zwei immer wieder angetroffen: (7d) die Kalksilikat Subeinheit und (7e), die sog. „Alterierte Subeinheit“. Erstere dominiert in ihrem Auftreten gegenüber 7e und besteht hauptsächlich aus einem braunschwarzen, laminierten und gebänderten, feinkörnigen, granoblastischen Quarz-Biotit-Feldspat-Schiefer. Durchzogen werden diese von mittel- bis dunkelgrünen Amph-Fsp-Bi-Granofelse. Geringe Gehalte von Kyanit, Granat sowie Staurolith sind ebenfalls zu beobachten. Gegen die Moose Lake Fm. hin kommt es zu einer deutlichen Zunahme an Aluminosilikaten. In tieferen Abschnitten des Bergwerkes treten die kalksilikatreichen gebänderten Bereiche verstärkt auf. Kalksilikatminerale, Pyrit sowie Kupferkies sind in fast allen Subeinheiten vertreten. Subeinheit 7e zeichnet sich aus durch granoblastische, hellbraun-graue, laminierte und pyritführende Quarz-Feldspat-Muskowit-Schiefer, die in engem Zusammenhang mit der Main Ore Zone stehen. Gradierte Übergänge zu anderen(Sub-)einheiten sind gegeben und stellen wahrscheinlich alterierte oder gebleichte Bereiche derselben dar. Lokal auftretend sind hier Quarz- oder Feldspatlinsen mit geringen Realgar- und Antimonitgehalten. Weiters charakteristisch für diese Subeinheit sind die geringen Gehalte an Molybdänit, grünem Glimmer und Arsenkies.

In großem Maße geprägt wird diese Lagerstättenform durch das Auftreten einer Reihe markanter Intrusivkörper. Untergliedert werden diese in vier Einheiten:

Einheit 9: es handelt sich hierbei um fast konkordant verlaufende, Feldspatporphyr führende Qu-Monzonit- und Monzodioritgänge, die innerhalb sowie tektonisch unterhalb der Main Ore Zone einzeln oder in sog. Schwärmen von bis zu 20 Stück auftreten können. Zumeist sind sie stark verschiefert und erreichen Mächtigkeiten von 0,5–30 m. Bereiche von 5–30 m zeigen im geringen Maße serizitierte Feldspatkristalle und werden an manchen Stellen von Quarz-Orthoklas-Fluorit Adern durchzogen. Die Hangenden metasedimentären Gesteine sind hingegen fast frei von Gängen.

Einheit 10: Basaltische bis dazitische Gänge durchschneiden sämtliche mit der Lagerstätte in Zusammenhang stehende mineralisierte und alterierte Bereiche.

Einheit 11: Der Cedar Creek Stock, der in seinem Umfang das drittgrößte Intrusivereignis darstellt, ist ein kleinräumiger, ovaler, granitoider Intrusivkörper 800-850 m nördlich der „Main Ore Zone“.

Einheit 12: Basische Gänge stellen mafische Intrusionen proterozoischen Alters dar, die das Gestein in einem ziemlich vertikalen Winkel durchsetzen. Vier solcher Gänge mit Mächtigkeiten von 1–3 m haben die „Main Ore Zone“ durchschlagen.

Disseminiertes Gold und Molybdänit sind die dominierenden Mineralisationsformen im Golden Giant Erzkörper und befinden sich innerhalb folgend zusammengesetzter Gesteine: Mikroklin-Quarz, Muskowit-Quarz, Biotit-Mikroklin-Quarz, sowie eher selten anzutreffende Kalksilikatminerale. Zurücktretend und daher wirtschaftlich unbedeutender sind die Goldvorkommen, die gemeinsam mit Antimonit und Zinnober innerhalb deformierter Quarz und Feldspat Linsen auftreten.

Hinsichtlich der Genese des Lagerstättenkörpers werden zwei Modelle diskutiert. Der früheren Vorstellung einer syngentischen Entstehungsart wird die einer epigenetischen gegenübergestellt. Die Mineralanreicherung erfolgte wahrscheinlich durch Ausfällung aus hydrothermalen Lösungen im Gefolge eines Intrusionereignisses. Die Mineralisationen sowie Alterierungsvorgänge werden in ursächlichem Zusammenhang mit der Lake Superior Störungszone als Steuerungsmechanismus gesehen.

Bergbautätigkeit

Die plattenförmige, mit 60 bis 65 ° nach Westen einfallende Lagerstätte weist eine gesamte streichende Erstreckung von 2.500 m auf. Der mittlere Teil der Lagerstätte wird über eine streichende Länge von rund 500 m von der Golden Giant Grube abgebaut. Die Lagerstättenmächtigkeit schwankt zwischen 20 und 30 m. Die Teufenerstreckung beträgt rund 1.000 m.

Die Lagerstätte ist von der Tagesoberfläche aus durch einen Hauptförderschacht, drei Wetterschächten und einem Versatzschacht aufgeschlossen. Gemeinsam mit den beiden anderen Bergwerken wurde eine Schrägstrecke von über Tage angelegt, die einen Zugang für Gleislosgeräte zu allen Sohlen ermöglicht. Alle Haupt- und Teilsohlen sind durch eine 16% geneigte spiralförmig angelegte Schrägstrecke im Liegenden der Lagerstätte verbunden. Auf jeder Teil- und Hauptsohle ist im Liegenden im Abstand von 20 bis 30 m zur Lagerstätte eine streichende Richtstrecke angelegt. Von dieser Richtstrecke aus zweigen im Abstand von 15 m Querschläge ab, die den unmittelbaren Zugang zum Abbauhohlraum herstellen. Um die Verdünnung des Erzes durch brechendes Nebengestein zu minimieren wird das Hangende vor Abbaubeginn von einer streichenden Hangendstrecke

aus mit 8 bis 10 m langen Seilankern gesichert.

Abgebaut wird die Lagerstätte im Teilsohlenkammerbau. Die Kammern haben eine Breite von rund 15 m, sind bis zu 100 m hoch und weisen eine Länge entsprechend der Lagerstättenmächtigkeit von 20 bis 30 m auf. Mit hochmodernen elektrohydraulischen Abbaubohrwägen werden 89 mm Bohrlöcher im Abstand von 2 bis 3 m hergestellt. Je Abschlag werden etwa 20.000 bis 30.000 t Erz hereingewonnen.

Nach dem Abbau werden alle Kammern mit Margerbeton versetzt. Dazu muß von einem Steinbruch über Tage gebrochenes Material über einen Versatzschacht nach unter Tage befördert werden. Dieses Material wird mit Zement, der über eine Pipeline nach unter Tage gelangt, gemischt und mit SLKW in die ausgeerzten Abbaukammern gestürzt. Es dauert etwa 2 Wochen, bis der Betonversatz fest genug ist und mit dem Abbau der danebenliegenden Abbaukammer begonnen werden kann.

Das Wegladen des Erzes geschieht mit LHD Geräten, die das Erz aus den Kammern zu Sturzschächten befördern. Aus allen Abbauen fällt das Erz über einen zentralen Sturzschacht auf die in rund 1000 m Teufe liegende Hauptfördersohle. Dort wird das Erz aus dem Sturzschacht über Ladeschuren in Erzwaggons mit 20 t Fassungsvermögen geladen. Gleisgebunden erfolgt die Förderung zu einem Backenbrecher in der Nähe des Hauptförderschachtes. Kurze Förderbänder befördern das Erz vom Brecherausstrag zum Füllort. Dort erfolgt vollautomatisch die Beladung der 16 t Skips im Hauptförderschacht.

Das Bergwerk Golden Giant ist ein hoch moderner Betrieb. Insgesamt sind unter Tage 85 dieselbetriebene Geräte – Bohrwägen, Ladegeräte, SLKW, Fahrzeuge, etc. – eingesetzt.

In Summe arbeiten im Bergbau, in der Aufbereitung und in der Verwaltung 322 Personen, davon 167 unmittelbar im Bergbau. 30 bis 40 Personen sind über Subunternehmer im Betrieb tätig. Dies ergibt auf den Bergbau bezogen eine Mannstundenleistung (bei geschätzten 1700 Arbeitsstunden je Jahr) von rund 3t und eine Mannschichtleistung von rund 24 t. Für den gesamten Betrieb liegt die Mannschichtleistung bei recht bemerkenswerten 13 t/Mannschicht. Die Kosten der untertägigen Gewinnung betragen rund 31 Can\$ je t Erz. Die Gestehungskosten für eine Feinunze Gold lagen 1990 bei nur 124 US\$.

2.5. Southern Province

2.5.1. Elliot Lake–Blind River (Stanleigh Mine)

Elliot Lake befindet sich etwa 130 km westlich von Sudbury, 20 km nördlich des North Channel im Norden des Lake Huron.

Elliot Lake wird von seiner Bevölkerung „Uranium Capital Of The World“ genannt, wenn auch heute die Bedeutung der Stadt als Zentrum des Uranbergbaues längst nicht mehr so groß ist, wie zu Beginn der Abbautätigkeit.

Die Uranerzlagerstätten liegen in der Southern Province des Kanadischen Schildes in Gesteinsabfolgen der Elliot Lake Group, einem Teil der Huronian Supergroup, deren Alter zwischen 2,2 und 2,45 Mrd. Jahre eingestuft wird. Bei der Lagerstätte handelt es sich um ein hervorragendes Beispiel des oligomikten Konglomerattyps. Der uranerzführende Konglomeratkörper fällt an seiner Ausbissstelle mit etwa 20° nach Norden ein. Mit zunehmender Tiefe wird das Einfallen flacher, bis es in einer Tiefe von 1000 m, der oberen Grenze der Stanleigh Mine (Abb. 1), 11° und in 1300 m Tiefe 7° hat (Abb. 28).



Abb. 28: Elliot Lake: Main Reef.

Fig. 28: Elliot Lake: Main Reef.

Die Lagerstätte ist nicht einheitlich aufgebaut. Abgebaut wird die Lagerstätte in drei Horizonten, die als Upper-, Main- und Lower Reef bezeichnet werden. Das Upper Reef erreicht lokal Mächtigkeiten bis zu 21 m, wobei aber nur 2–3 m im Liegenden je nach Erzgehalt abgebaut werden. Die durchschnittliche Korngröße der Konglomeratkomponenten beträgt 3.8 cm.

Zwischen dem Upper-Reef und den liegenderen Vererzungen liegt ein bis zu 7 m mächtiges Gesteinspaket, welches als „Dividing Quarzit“, besser als Arkose zu bezeichnen, beschrieben wird. Im Liegenden dieses Schichtgliedes sind das Main-Reef und das Lower Reef entwickelt, die nach Ansicht

der kanadischen Geologen eine Einheit mit einer Gesamtmächtigkeit von etwa 10 m darstellt. Sie werden durch den Parting Quarzite getrennt. Das Lower Reef selbst erreicht eine Mächtigkeit von etwa 3 Metern. Das Main Reef selbst kann wiederum durch cm bis mehrere m mächtige Quarziteinschaltungen in zwei oder drei Horizonte unterteilt werden. Diese einzelnen Konglomerathorizonte sind etwa 0.3 bis 1 m mächtig. Aus abbautechnischen Gründen müssen auch diese an sich wertstofffreien Quarzitzwischenlagen mitabgebaut werden. Die durchschnittliche Komponentengröße der Konglomeratlagen beträgt etwa 5 cm.

Innerhalb der einzelnen Konglomerathorizonte konnten keine Imbrikationen festgestellt werden, Gradierung ist nur im Lower Reef zu sehen. Zwischen den Quarzit- und Konglomeratlagen sind die Grenzen sehr scharf ausgebildet. Nicht selten sind auch schrägschichtungsähnliche Strukturen im Quarzit zu beobachten.

Die Komponenten des oligomikten Konglomerats bestehen zum größten Teil aus sehr gut gerundeten Quarzgeröllen, sowie aus einzelnen dunklen, wahrscheinlich ultrabasischen Geröllen. Die Matrix setzt sich aus sehr feinkörnigem Quarzit, sowie im Vererzungsbereich aus Pyrit, Kupferkies, Bleiglanz, detritischen Mineralen der SEE-Gruppe, sowie nicht frei sichtbarem, feinst verteiltem Uraninit, dem Wertmineral, zusammen. Der Quarzit zwischen den einzelnen Reefs ist praktisch frei von Erzmineralen.

Lagerstättengenesse

Ein Teil der Pyritkörner ist mehr oder weniger gut gerundet, was auf einen mechanischen Transport vom Hinterland schließen läßt. Uraninit und Pyrit wären somit als Schwermineral im anoxischen Milieu transportiert worden. Die Lagerstätte stellt somit eine fossile Seifenlagerstätte dar.

Die Lagerstätte erstreckt sich über eine Fläche von ca. 5 x 10 km. Bei einer durchschnittlichen Gesamtmächtigkeit von etwa 40 m sind die Vorräte an abbaubarem Material entsprechend groß.

Interessant ist ein Anreicherungsverfahren, das hier in den Armerzonen betrieben wird: Durch das Schießen entsteht Haufwerk mit einer Korngröße von etwa 15 cm und Mikrorissen. Dieses wird bewässert und auf einen pH von 2.3–2.6 eingestellt. Anschließend impft man das Haufwerk mit einer Kultur von *Thiobacillus ferrooxidans*; diese anaeroben Bakterien oxidieren Sulfid zu Sulfat auf. Dabei geht Uraninit wieder in Lösung und kann abgezogen werden. Nach 18 Monaten sind etwa 70% des Urans auf diese sehr wirtschaftliche Weise herausgelaut.

Das Erz der reichen Zonen wird auf herkömmliche Art aufbereitet.

In der Stanleigh Mine in Elliot Lake liegt ein

Beispiel einer Konglomeratlagerstätte, ganz ähnlich den Goldlagerstätten des Witwatersrandgebietes Südafrikas vor. Der einzige Unterschied zu den südafrikanischen Lagerstätten ist der Gehalt von Seltenerdmineralen sowie das Fehlen jeglicher Goldspuren.

Bergbautätigkeit

Das Uranerzbergwerk Stanleigh der Bergbaugesellschaft Rio Algom Ltd. fördert jährlich rund 630.000 t Erz mit einem U_3O_8 Gehalt von 0,1 %. Aus dem Roherz werden 1,2 Mio lbs U_3O_8 hergestellt. 95 % der U_3O_8 Menge kommen aus der Aufbereitung des Roherzes, 5% aus der bakteriellen in-situ Laugung von niedrighaltigem Erz.

Zur Zeit erstreckt sich die Abbautätigkeit über eine Fläche von 2,4 x 2 km. Im Regelfall werden zuerst die beiden unteren Reefs abgebaut. Dann wird von den Abbauhohlräumen aus mittels Bohrungen untersucht, ob das darüberliegende Reef bauwürdig ist.

Die Lagerstätte ist durch zwei 1300 m tiefe Förderschächte aufgeschlossen. Einer der beiden Schächte ist für die Zwecke der Erzförderung und der Personen- und Materialbeförderung mit einer zweitrümmigen Skipförderung und einer Korbförderung ausgestattet. Weitere Tagesöffnungen dienen der Wetterführung. Teilweise werden Tagesöffnungen anderer, bereits stillgelegter Bergwerke in der Umgebung zu Wetterführungszwecken und als Fluchtwege genützt.

Von den Schächten aus sind direkt im Lagerstättenkörper im Abstand von 150 m Richtstrecken angelegt. Diese Richtstrecken sind für Gleislosgeräte ausgelegt und daher ist ihre maximal zulässige Neigung mit 20 % über kürzere Distanzen und 14 % im Mittel begrenzt. Probleme mit der Ausrichtung ergeben sich in den welligen Bereichen des Lagerstättenkörpers, wo das Einfallen stark schwankt. Um die Maximalneigung von 20 % nicht zum überschreiten sind die Richtstrecken teilweise im Zick-Zack angelegt.

In Bereichen des Lagerstättenkörpers, wo auch das obere Reef in Verhieb steht, werden vom unteren Reef aus 16 bis 18 % geneigte Schrägstrecken als Zugang in das obere Reef vorgetrieben.

Die Uranerzgewinnung erfolgt im Örterbau. Das Erz wird in den Örtern mit Schrapfern oder mit LHD Geräten geladen und zu Sturzschächten gefördert. Über diese gelangt das Erz auf den unter dem Abbauhorizont – der an die Lagerstätte gebunden ist – im vertikalen Abstand von einigen 10 m streng sölhlig angelegten Förderhorizont. Dort wird das Erz über Ladeschurren in Hunte abgezogen. Gleisgebunden erfolgt die Förderung zu einem Roherzbunker. Aus diesem gelangt das Erz in einen

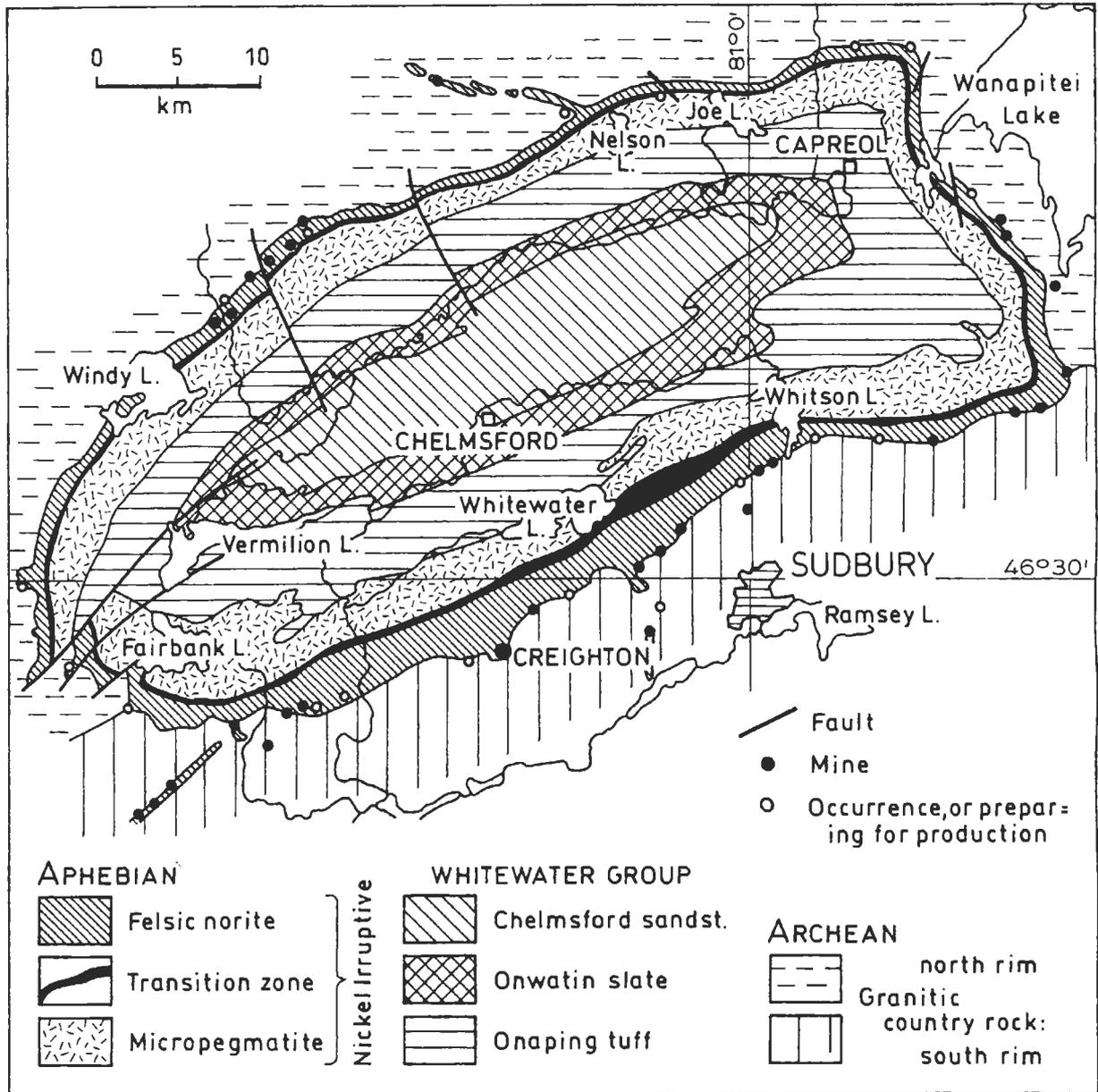


Abb. 29: Geologische Übersichtsskizze des Sudbury-Komplexes.

Fig. 29: Simplified geological map of the Sudbury District.

Backenbrecher. Der Backenbrecherausstrag mündet in ein Förderband, mit dem das Erz zum Füllort am Hauptförderschacht befördert wird. Die Befüllung der Skips, mit denen die Förderung nach über Tage durchgeführt wird, erfolgt automatisch.

Die gesamte Personen- und Materialbeförderung zwischen der Tagesoberfläche und dem Abbauhori-zont wird über Schachtförderkörbe abgewickelt. Unter Tage erfolgt die Personen- und Materialbeförderung mittels dieselbetriebener Kleinlastkraftwagen.

Im Uranerzbergwerk Stanleigh sind 500 Leute beschäftigt, 230 Personen davon im Abbau. Bezo-

gen auf die unmittelbare Bergbaubelegschaft beträgt die Mannschichtleistung etwa 12 t. Die Gewinnungskosten einer t Roherz liegen zwischen 11 und 12 Can\$/t. Ein lb U_3O_8 kann zu Kosten von etwa 40 Can\$ erzeugt werden (im Vergleich dazu liegen die Gesteungskosten für 1 lb U_3O_8 im Bergwerk Key Lake zwischen 7 und 12 Can\$/ lb). Ohne fixen Abnahmevertrag wäre die Gewinnung im Stanleigh Bergwerk, so wie in den, in der näheren Umgebung liegenden Gruben, wohl schon eingestellt worden.

2.5.2. Sudbury (Creighton Mine)

Die zahlreichen Kupfer- und Nickellagerstätten von Sudbury, Ontario, liegen im sog. „Sudbury Irruptive Komplex“. Dieser Gesteinskomplex liegt in Form einer elliptisch geformten, symmetrisch aufgebauten Mulde vor, dessen liegendste Gesteinseinheiten aus Noriten bestehen, die auch in den basalsten Abschnitten als Trägergestein der Vererzungen fungieren (Abb. 29; s. S. 251).

Während langer Zeit wurde versucht, das Sudbury-Becken als Caldera zu deuten. Insbesondere das großräumige Aufbrechen der Gesteinsformationen unter Bildung olivinhaltiger Brekzien und deren Deponierung entlang der Beckenränder konnte jedoch nicht gedeutet werden.

Heute wird aber der Impakttheorie der Vorzug gegeben. So wird die Entstehung des Sudbury Komplexes auf einen gewaltigen Meteoriten zurückgeführt, der vor etwa 1,7 Mrd Jahren eingeschlagen haben soll. Dieser schlug einen Krater von rund 80 km Durchmesser. Dadurch wurde das Hochdringen von Magma aus dem Mantelbereich ermöglicht, aus dem Kupfer-, Eisen- und Nickelsulfide differenzierten. Die Sulfide enthalten bemerkenswerte Gehalte an Silber, Gold und Platinmetallen.

Beim Aufprall verdampfte der Meteorit unter Freisetzung von großer Energie. Die dadurch erfolgte Aushebung eines 5 bis 6 km tiefen Sudbury-Kraters und die damit verbundene Zertrümmerung und Aufschmelzung des Gesteins bis in sehr große Tiefen ermöglichte das Aufsteigen metallreichen Magmas aus dem Mantelbereich. Der Intrusionskörper besteht aus Norit, der in größerer Tiefe zu Gabbro übergeht. Er entstand aus einer Schmelze, die einige hundert ppm Ni und Cu, einige ppb Pt und Pd sowie 0,15 % Sulfid enthielt.

Der ursprüngliche Krater wurde durch vorwiegend vom Südosten kommende tektonische Kräfte zum elliptischen Sudbury-Becken zusammengestaucht, das heute 27 mal 60 km mißt. Erosion und zahlreiche Vergletscherungen bewirkten das Abtragen des Ringberges sowie das Auffüllen des Kraters mit Sand und Lehm, die zu Sandstein und Schiefer umgewandelt wurden.

Der Aufprall des Meteoriten erfolgte im Grenzbereich zwischen verschiedenen Gesteinsformationen: Granit und Granitgneis im Norden, Grünschiefer und Metasedimente im Süden. Der Einschlagkrater ist von radialen Spalten umgeben, die im Abstand von 15 Grad oder dessen ganzzahligem Vielfachen angeordnet sind. In die mehrere Kilometer langen Spalten wurde Magma eingepreßt, das während des Erstarrungsvorgangs flüssig geblieben war. Dieser Teil ist besonders reich an Kupfersulfiden, die beim Abkühlen zu den spät ausfallenden Phasen gehören.

Aus diesem Grund werden speziell diese Teile der Intrusion abgebaut, die als „Offsets“ bezeichnet werden. Dort ist auch der Edelmetallgehalt der Sulfide überdurchschnittlich hoch.

Der Creighton Orebody liegt wie alle anderen vergleichbaren Vererzungen des Sudbury Komplexes in den äußersten Gesteinen des „Irruptivkomplexes“ (Abb. 30). Diese Gesteine sind Norite. Die Vererzung liegt an der Basis dieser Norite im unmittelbaren Grenzbereich zu den Gesteinen des Untergrundes, der hier aus unterhuronischen Vulkaniten (Metabasalte) zusammengesetzt wird.

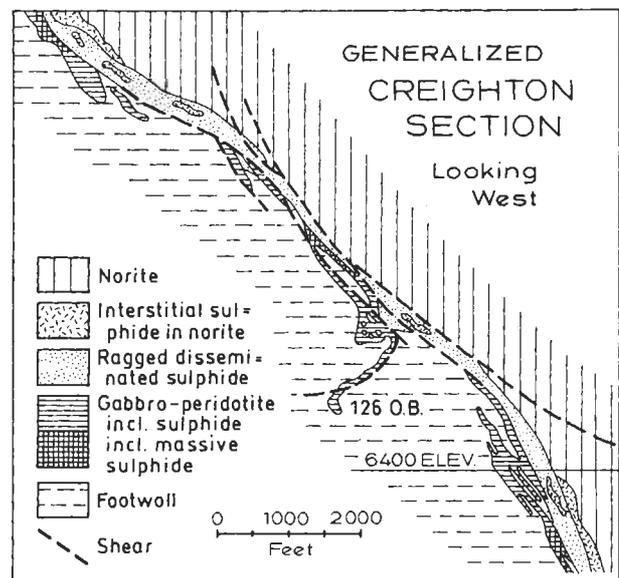


Abb. 30: Sudbury: Schematisches Profil (Creighton-Mine).

Fig. 30: Sudbury: Generalized cross-section of the ore body.

Die Vererzung tritt in Form von disseminierten Sulfiden, aber auch massiver, linsenförmiger Vererzungen auf.

An Erzmineralen sind größtenteils Magnetkies, Kupferkies und Pentlandit bekannt. Die Platinmetalle sind natürlich von besonderem wirtschaftlichem Interesse.

Das Hauwerk enthält im Durchschnitt neben 1,24% Cu, 1,30% Ni, 0,045% Co, und nur insgesamt 1,3 ppm Platinmetalle. Der Au-Gehalt beträgt 0,2 ppm, Ag ist mit 6,5 ppm relativ häufiger. Der Ertrag dieser Nebenprodukte ist aber für die Wirtschaftlichkeit der Cu- und Ni-Produktion ausschlaggebend.

Bergbautätigkeit

Das Nickelerzbergwerk Creighton der großen Kanadischen Bergbaugesellschaft INCO, ist ein riesiges Verbundbergwerk bestehend aus mehreren Schachtanlagen, aus dem seit dem Jahre 1901 bereits Nickel abgebaut wird. Zuerst wurde das Erz im Tagebau gewonnen. Später, mit zunehmender Teufe entwickelte sich die Gewinnung nach unter Tage.

Zur Zeit werden aus den Schächten Nr. 3, 5, 7 und 9 täglich rund 7.300 t Erz gefördert.

Die steil einfallenden Lagerstättenkörper erstrecken sich von der Tagesoberfläche bis in eine Teufe von rund 2000 m.

Die Lagerstätte ist über Schächte von der Tagesoberfläche aus ausgerichtet. Die in verschiedenen Abständen angelegten Sohlen sind zum Teil über wendelförmig angelegte Schrägstrecken für den Einsatz von Gleislosfahrzeugen miteinander verbunden. Der Großteil des Erzes wird kammerartig im VCR (Vertical Crater Retreat) abgebaut. Für die Bohrarbeit sind großteils elektrohydraulische Bohrgeräte eingesetzt. Die Lade- und Förderarbeit wird mit LHD-Geräten ausgeführt. Mittels Skips wird das Erz nach über Tage befördert.

Dank:

Besonderer Dank am Zustandekommen dieser Exkursion gebührt Herrn Dir. Dipl. Ing. Dr. H. DERBUCH (Noranda Minerals - Toronto), der es übernahm, die Kontakte zu den einzelnen Unternehmen herzustellen. Dem Institut für Geologie sei für die großzügige Subvention ebenso gedankt wie den Sponsoren: Fachverband der Bergwerke und Eisen erzeugenden Industrie, Graz-Köflacher Eisenbahn und Bergbaugesellschaft, Österreichische Salinen, Aspanger, sowie Erste Österreichische Sparkasse. Ohne deren aktive Hilfe und großzügige Unterstützung hätte die Exkursion nicht stattfinden können. Herrn Dr. B. DRESSLER gebührt Dank für die Organisation des Besuches beim Geological Survey of Ontario in Toronto.

3. Literatur

- ALEXANDER, R. (o. J.): Madawaska Uranium Mine. — Unveröffentl. Führer, 19 S., Bancroft.
- ALGOMA ORE DIVISION (1970): The Algoma Steel Corporation, Limited, Geo. W. McLeod Mine. — Unveröffentl. Zusammenstellung, Wawa.
- BEDELL, R. L., SCHWERTDNER, W. M. (1981): Structural Controls of Uranium Orebodies in the Madawaska Mines Area, Bancroft, Ontario. — Ontario Geol. Surv., Misc. Paper, **98**, 13–17, Toronto.
- BRISBIN, D., KELLY, V., COOK, R. (1990): Kidd-Creek Mine. — [In:] FYON, J. A., GREEN, A. H. (1990): Geology and Ore Deposits of the Timmins District, Ontario. — 66–76, 8th IAGOD Symposium, Field-Trip Guidebook, Ottawa.
- CAUMARTIN, C., CAILLE', M.-F. (o. J.): Volcanic Stratigraphy and Structure of the Moberly Mine. — 10 p.
- EISBACHER, G. H. (1988): Nordamerika. — 176 S., Enke, Stuttgart.
- FAIRBAIRN, H. W., FAURE, G., PINSON, W. H., HURLEX, P. M., POWELL, J. L. (1963): Initial ratio of Strontium 87 to Strontium 86, whole-rock age, and discordant biotite in the Montereignian Igneous Province, Quebec. — J. Geophys. Res., **68**, 6515–6522.
- FRIESEN, R. G., PIERCE, G. A., WEEKS, R. M. (1982): Geology of the Geco Base Metal Deposit. — Precambrian Sulphide Deposits, H. S. Robinson Memorial Volume, (ed.) by R. W. HUTCHINSON, C. D. SPENCE and J. M. FRANKLIN, Geological Association of Canada, Special Paper **25**, 343–363.
- GIBSON, H. L. (1989): The Mine Sequence of the Central Noranda Volcanic complex: Geology, Alteration, Massive Sulphide Deposits and Volcanological Reconstruction. — Unpubl. Ph. D. Thesis, Carlton Univ., Ottawa, Ontario, 715 pp.
- GOODWIN, A. M. (1961): Genetic Aspects of Michipicoten Iron Formations. — Canadian Mining and Metallurgical Bulletin, January, Toronto.
- HARRIS, D. C. (1989): The Mineralogy and Geochemistry of the Hemlo Gold Deposit, Ontario. — Economic Geol. Rep. **38**, 88 S., 79 Abb., 14 Tab., Geol. Surv. Can., Ottawa.
- HEWITT, D. F. (1955): Geology of Monteagle and Carlow Townships. — 63 Annual Report Ontario Department of Mines, LXIII, Part 6, 1954, Toronto.
- MUIR, T. L. et al. (1991): Geology and Gold Deposits of the Hemlo Area. — Geol. Assoc. Can., Toronto 1991 Comm.; 33 S., 13 Abb., Toronto.

- N. N. (o. J.): The Jeffrey Mine of Canadian Johns-Manville Company, Limited, Asbestos, Quebec and its geology. — Public Relations Department, Canadian Johns-Manville Co. Limited, Asbestos, Que.
- N. N. (1990): General Data on Sigma Mines (Quebec) Limited, Val d'Or, P.Q., 39 S., Val d'Or.
- RIORDON, P. H., LALIBERTE', R. (1972): Asbestos Deposits of Southern Quebec. — Guidebook, Intern. Geol. Congr., Exc. B-08, Ottawa.
- RIVERIN, G., LaBRIE, M., SALMON, B., CAVAZANT, A., ASSELIN, R., GAGNON, M. (o. J.): The Geology of the Ansil Deposit, Rouyn-Noranda, Quebec.
- SHAFFIQULLAH, M. et al. (1970): K-Ar age of the carbonatite complex, Oka, Quebec. — Can. Mineral., **10**, 541-552.
- SMITH, R. L. & BAILEY, R. A. (1968): Resurgent cauldrons. — [In:] R. R. COATS, R. L. HAYS and C. A. ANDERSON (eds.): Studies in Volcanology, Geol. Soc. Am., Mem., **116**, 613-662.
- THURSTON, P. C., CHIVERS, K. M. (1990): Secular Variation in Greenstone Sequence Development Emphasizing Superior Province, Canada. — Precambrian Research, **46**, 21-58, Amsterdam.
- TOURIGNY, G. (o. J.): The Cadillac-Bousquet Gold District. — Unveröffentl. Führer, 9 S., Val d'Or.
- VERPAELST, P., RACIOT, D. (o. J.): Geology of the Southern Part of the Abitibi Belt in Quebec. — Unpubl. Rep., 8 p., Quebec.
- WILLIAMS, H. R., BREAKS, F. W., SCHNIEDERS, B. R., SMYK, M. C., CHARLTON, S. G., LOCKWOOD, H. C. (o. J.): Field Guide to the Manitouwadge Area. — Unpubl. Führer.