

## II. Besprechungen.

### A. Unter der Redaktion der Geologischen Vereinigung.

## Die magmatischen Eisenerzausscheidungen Lapplands.

Von H. Rassmuss (Berlin).

### Literatur.

(Es ist nur die nach der STUTZERSchen Arbeit erschienene Literatur angegeben, die ältere findet sich dort angeführt. Die Zahlen im Texte verweisen auf die entsprechenden Nummern dieses Verzeichnisses.)

1. 1907. O. STUTZER, Geologie und Genesis der lappländischen Eisenerzlagerstätten. Neues Jahrb. f. Min. Beil.-Bd. 24. (auch englisch in Journ. Iron and Steel Inst. 1907).
2. 1907. P. GEIJER, Apatitgänge in den Porphyren bei Kiruna. Bull. Geol. Inst. Upsala, vol. VIII. S. 202.
3. 1908. M. P. NICOU, Les gisements de minerai de fer de la Laponie suédoise (technisch und wirtschaftlich). Ann. des mines sér. X. tome XIV.
4. 1908. R. BÄRTLING, Die nordschwedischen Eisenerzlagerstätten mit besonderer Berücksichtigung ihrer chemischen Zusammensetzung und ihrer bis jetzt nachgewiesenen Erzvorräte. Zeitschr. f. prakt. Geol. 16. Jahrg.
5. 1908. HJ. SJÖGREN, Till fragan om bildningen af det äldre urbergets jernmalmer. Geol. För. Förh. XXX. S. 115.
6. 1908. HJ. SJÖGREN, The geological relations of the scandinavian iron ores. Americ. Inst. Min. Eng. XXXVIII. S. 766.
7. 1909. R. BECK, Lehre von den Erzlagerstätten. 3. Aufl. S. 34.
8. 1910. The iron ore resources of the world. Vol. I u. II.
9. 1910. HJ. LUNDBOHM, Sketch of the geology of the Kiruna district, Geol. För. Förh. XXXII. u. Guide du Congrès géol.
10. 1910. A. G. HÖGBOM, The Gellivare iron mountain. Ebendorf.
11. 1910. P. GEIJER, Igneous rocks and iron ores of Kirunavaara, Luossavaara and Tuolluvaara. Scient. a. pract. researches in Lappland arrang. by Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag. Stockholm.
12. 1910. V. CARLHEIM-GYLLENSKÖLD, A brief account of a magnetic survey of the iron ore field of Kiirunavaara. Ebendorf.
13. 1910. J. H. L. VOGT, Norges Jernmalmforkomster. Norges geol. unders. 51.
14. 1910. BEYSCHLAG-KRUSCH-VOGT, Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien und Gesteine. S. 260.
15. 1911. H. ARLT, Geologie der Eisenerzlagerstätten von Kiruna und Gellivare. Glückauf 47. Jahrg.
16. 1911. A. BERGEAT, Die genetische Deutung der nord- und mittelschwedischen Eisenerze in der Literatur der letzten 10 Jahre. Fortschr. d. Mineral. I.
17. 1911. L. L. FERMOR, On the origin of the iron ores of Swedish Lappland. Journ. Iron and Steel. Inst.

18. 1911. D. N. NEWLAND, Notes on the origin of the Swedish magnetites. New York State Museum Bull. 149.
19. 1911. P. GEIJER, Ein Vorkommen von turmalinführendem Eisenerz in Diabas. Geol. För. Förh. XXXIII.
20. 1911. P. GEIJER, Contributions to the geology of the Sydvaranger ore field. Geol. För. Förh. XXXIII.
21. 1912. J. H. L. VOGT, Über die Bildung von Erzlagerstätten durch magmatische Differentiation. Fortschr. d. Min. II.
22. 1912. P. GEIJER, Basische Schlierengebilde in einigen nordschwedischen Syeniten. Geol. För. Förh. XXXIV. S. 183.
23. 1912. N. SUNDIUS, Pillow lava from the Kiruna district. Ebend. S. 317.
24. 1913. N. SUNDIUS, Pebbles of magnetite-porphyry in the Kuravaara conglomerate. Ebend. S. 703.
25. 1913. P. GEIJER, Studies on the geology of the iron ores of Lappland. Ebend. S. 727.

Die lappländischen Eisenerzlagerstätten nehmen nach dem hohen Prozentgehalt des Eisens und dem ungeheuren Erzvorrat eine besondere Stellung in Europa ein. Der Erzvorrat von Kirunavaara-Luossavaara beträgt nach der Berechnung in »The iron ore resources of the world« ca. 750 000 000 tons, der Vorrat von Gellivare einschließlich Koskulls-Kulle (mit 40 000 000 t) ist auf ca 270 000 000 t geschätzt, so daß sich für diese beiden bedeutendsten Erzlager zusammen über 1 Milliarde Tons ergibt. Dabei ist aber der Vorrat von Kiruna nur bis zu einer Tiefe von 300 m unter dem Spiegel des Sees Luossajärvi, bis zu welcher er bereits erbohrt ist, in Berechnung gezogen. Nach den magnetischen Untersuchungen reicht das Erz sicher bis 1000 m Tiefe, wahrscheinlich bis etwa 2000 m Tiefe herab. Unter Zugrundelegung dieser Zahlen steigt der wirkliche Erzvorrat auf 2,5 Milliarden Tons (14). Außerdem kommen noch zahlreiche, weniger bekannte, meist erst neuerdings aufgefundene kleinere Lagerstätten hinzu — die außer Tuolluvaara (mit 7 000 000 t Vorrat) noch nicht abgebaut werden — wie Ekströmsberg 50 000 000 t, Svappavaara 30 000 000 t, Leveäniemi 30 000 000 t, Mertainen und andere. Dabei beträgt der Prozentgehalt des Eisens 60 bis 70%, während die gewaltigen sedimentären Erzlager des Minette-distriktes im deutsch-französisch-luxemburgischen Grenzgebiet, deren Vorrat auf 1 850 000 000 t (8) geschätzt wird, nur 35—40% Eisen enthalten.

Der Abbau ist seit der Eröffnung der Lapplandbahn im Jahre 1902 außerordentlich gestiegen. Von Narvik wurden im Jahre 1910 über 2 000 000 t verschifft. Diese kommen zum größten Teil von Kiruna. Vom Jahre 1916 an ist eine Erhöhung der Ausfuhr auf 3 200 000 t jährlich, entsprechend 2 000 000 t Eisen geplant (14). Der Export geht zu  $\frac{3}{4}$  nach Deutschland, das letzte Viertel verteilt sich zu ca.  $\frac{2}{3}$  auf England, zu  $\frac{1}{3}$  auf Frankreich und Belgien; ein geringer Teil geht sogar nach Nordamerika. In Schweden selbst wird fast nichts von diesem Erz verhüttet, da die schwedische Eisenindustrie auf Erze mit niedrigem Phosphorgehalt angewiesen ist, und die Transportkosten z. T. mit der

Eisenbahn zu den mittelschwedischen Eisenhüttenwerken ebenso hoch sind wie nach Deutschland (vgl. 4 S. 106—107). Nur einige 10 000 t der Gellivareerze werden in Karlsvik nahe Lulea verarbeitet. Lulea am Bottnischen Meerbusen ist der zweite Haupthafen für die lapp-ländischen Eisenerze. Über diesen werden die Erze der zweitgrößten Lagerstätte, des 200 km entfernten Gellivare, exportiert.

Die Ausbeute in Gellivare beträgt jetzt durchschnittlich 1 200 000 t jährlich (10). Der Export geht von Lulea zum größten Teil über Rotterdam nach Westfalen und über Stettin nach Schlesien. Die ca. 200 000 t, die die österreichische Grube Koskulls-Kulle produziert, gehen nach Witkowitz in Mähren.

Das Sydvarangergebiet im nördlichsten Norwegen nahe der russischen Grenze, das erst seit 1910 regelrecht abgebaut wird, verfügt nach VOGT (13, 14) über einen Vorrat von ca. 1 Milliarde Tons Quarzerz mit allerdings nur 35% Eisen, wenn man die Erzkörper bis 400—500 m Tiefe in Berechnung zieht. Ein Export von 500 000—600 000 t Konzentraten jährlich ist hier über den Hafen Kirkenaes geplant.

Als ein Teil des baltischen Schildes wird der Boden Lapplands aus archäischen Gesteinen aufgebaut. Diese sind — auch im Vergleich mit den mittelschwedischen — meist so wenig metamorphosiert, daß man oft geneigt wäre, ihnen jüngeres Alter zuzuschreiben. Im Westen, am Rand des schwedischen Hochgebirges, werden sie von Cambrium—Silur der schwedischen Geologen — überlagert, dessen über den Syenit transgredierendes Grundkonglomerat und hangende fossilführende — mit Trilobiten—Schichten z. B. in dem berühmten Profil am Luopahta südlich des Torne-Träsk prachtvoll aufgeschlossen sind. Sie treten nur in einem schmalen nord-südlichen Bande auf — vgl. TÖRNEBOHMS Geolog. Übersichtskarte von Skandinavien 1 : 1 Million — und sind im Westen von den metamorphen Seebildungen (Algonkium) des schwedischen Hochgebirges, deren liegende Urgesteine (Granite, Syenite und vielleicht auch archäische Schiefer) zu Kakirit und Hartschiefer zermalmt sind, überschoben. Das breite Gebiet zwischen dem schwedisch-norwegischen Hochgebirge im Westen und dem Bottnischen Meerbusen im Osten wird von archäischen Gesteinen eingenommen.

Im Norden des großen serarchäischen Granitmassivs des mittleren Norrland, das ungefähr am Skelleftea Elv endet, kann man<sup>1)</sup> drei komplexe archäische Gesteine unterscheiden, im Osten an der Ostsee eine Gruppe klastischer Gesteine, Kalk, Sandstein, Glimmerschiefer, Phyllite und Tonschiefer — die Skellefteaformation —, die von älterem Gneis unterlagert und von einzeln serarchäischen Graniten noch durchbrochen werden. Nach Westen machen sie, zuerst wechsellarnd, vulkanischen Auswurfsmassen und Gesteinen Platz; Tuffe, vulkanische Agglomerate,

<sup>1)</sup> HÖGBOM, Precambrian geology of Sweden. Bull. Geol. Inst. of Upsala, X, 1910. S. 64.

Porphyre und Porphyrite gewinnen hier größere Verbreitung. Noch weiter westlich bis zum Gebirgsrande treten Massive von Intrusivgesteinen — meist Granit und Syenit, nur selten Diorit und Gabbro — auf, die teils älter, teils gleichaltrig mit der Porphyrgruppe sind, jedenfalls aber zeitlich weit vor den erwähnten serarchäischen Granitintrusionen stehen, die nicht nur jünger als die Entstehung der drei hier betrachteten Gruppen, sondern auch als ihre Faltung und teilweise Metamorphose anzusehen sind.

Dieses von HÖGBOM für das Skellefteagebiet entworfene Bild gilt auch für das ganze nördliche Norrland. Die Porphyre und Porphyr-tuffe sind häufig zu granulitartigen Gesteinen metamorphosiert, die jetzt z. T. als Leptite bezeichnet werden. Man nennt danach die ganze jüngere Abteilung des schwedischen Archäicums auch die Porphyr-Leptitgruppe.

Kommen im Diabas des Näsberg am Byske Elv — durch das Auftreten von Turmalin besonders interessante — »Aussonderungen« von Magnetit vor (19), so ist bemerkenswert, daß auch saure Tiefengesteine, die Syenite von Rödekornberg und Rackberg, basische durch allmähliche Übergänge verbundene und daher *in situ* entstandene magmatische Ausscheidungen führen (22). Diese bestehen aus Amphibol, Pyroxen, Fayalit — es findet sich reiner Fayalitfels ( $Fe_2SiO_4$ ) — und Magnetit. Sie bieten einerseits Analogien zu den Pyroxen-Olivin (der Fayalit vertritt hier den Olivin der Mg-reichen Gesteine) - Eisenerzausscheidungen der Gabbrogesteine und Nephelinsyenite. Auch der für jene charakteristische Titansäuregehalt steigt am Rödekornberg bis 7% (22. S. 191). Andererseits leiten sie zu den gewaltigen Eisenerzausscheidungen der sauren Gesteine über, die bei Kiruna und Gällivare an Syenit- und Quarzporphyre gebunden sind. Sind zwar die Beziehungen der Syenitmassive Norbottens zu den Syenitporphyren im allgemeinen noch nicht geklärt, so läßt sich doch bei Kiruna selbst ein Übergang des Syenitporphyrs in körnigen Syenit am ganzen Westabhang des Kirunavaara feststellen.

Der geologische Bau des Kirunadistrikts (9, 11) ist durch drei Gruppen steil mit ca  $60^\circ$  nach Osten einfallender jungarchäischer oder algonkischer (9) Gesteine gegeben, wie sie ein Profil durch den Luossavaara kennen lehrt. Die eben genannte Porphyrgruppe mit dem Erz wird an beiden Seiten von vulkanischen, auch einzelnen sedimentären Ablagerungen, dem Kurravaarakomplex im Westen, dem Haukikomplex im Osten, begrenzt. Nach Norden keilt die Porphyrgruppe aus, und der Kurravaarakomplex legt sich unmittelbar an den Haukikomplex. Doch verbirgt die Glazialbedeckung das Anstehende.

Der Kurravaarakomplex, an den sich im Westen Granite und Syenite, Gabbros und Diabase in weiter Ausdehnung anschließen, setzt sich aus dem Sodagrünstein im Liegenden und Konglomeraten im Hangenden zusammen. Er gilt als die älteste der drei Schichtgruppen.

Der Sodagrinstein, hauptsächlich aus sehr saurem Plagioklas, Hornblende und Chlorit bestehend und durch seinen hohen Natrongehalt (ca. 6%) ausgezeichnet, ist als ein metamorphes Effusivgestein anzusehen, das aus Lavadecken mit eingelagerten Tuffen gebildet wird. Einzelne Lavadecken zeigen — ähnlich unserem oberdevonischen Deckdiabas in Nassau — eine ellipsoidische Struktur, eine Absonderung in außen ursprünglich glasige »Kissen«, was SUNDIUS (23) auf die schnelle Abkühlung der vorwärtsströmenden Lava infolge submariner Entstehung zurückführt und mit rezenten Beispielen von Hawaii vergleicht. Die Zwischenräume sind mit neugebildetem Skapolith und Hornblende ausgefüllt.

Das hängende »Kurravaarakonglomerat« ist keine sedimentäre Bildung, sondern ein vulkanisches Agglomerat, das vielleicht durch Wasser umgelagert ist (9). Der Feldspat im Bindemittel ist unverwittert. Auch echte Tuffe, die zum Teil denen des Sodagrinsteins ähneln, finden sich eingelagert. Die Zusammensetzung meist aus Syenitporphyrstücken ist bemerkenswert, da dieser erst im Hangenden folgt. Auch dieses spricht nach LUNDBOHM für vulkanische Entstehung, da jene Stücke nicht aus dem Liegenden aufgearbeitet sein können. Noch auffälliger ist das reichliche Vorkommen von Magnetit-Syenitporphyrstücken, die nach SUNDIUS (24) auch mikroskopisch mit den von GEIJER (11) beschriebenen Schlieren von Magnetit-Syenitporphyr im hangenden Syenitporphyr übereinstimmen. Auch Stücke von reinem Apatiteisenerz finden sich dazwischen.

Der Haukomplex, im Osten der Porphyre gelegen, teilt sich in drei Glieder: dichte Quarzite, die verkieselte Tuffe darstellen, sericitische Schiefer und schiefrige Laven, meist Syenitporphyr, liegen zu unterst. Sowohl die liegenden Quarzite wie die sericitischen Schiefer enthalten dünne Einlagerungen von Hämatit, die aber vorläufig als nicht abbauwürdig gelten; an der unteren Grenze gegen den liegenden Quarzporphyr tritt am Luossavaara ein Magnetitlager auf. Diese ganze untere Schichtgruppe streicht nördlich von Kiruna, durch Verwerfungen abgeschnitten, am Haukivaara aus. Im Hangenden folgt eine Gruppe von Grauwacken, Konglomeraten und Phylliten. Eine Konglomeratlage, die wesentlich auf den Abhang des Luossavaara beschränkt scheint, besteht aus Geröllen von Hämatit und Porphyrr, von denen viele dem liegenden Quarzporphyr gleichen und das jüngere Alter dieser Schichten beweisen. Die oberste Gruppe besteht aus an 1000 m mächtigem, quarzitischem Sandstein mit Konglomeraten.

Zwischen Kurravaarakomplex und Haukomplex liegt konkordant die Porphyrgruppe eingebettet, die das Erzlager umschließt. GEIJER hat sie in einer umfassenden Monographie (11) behandelt. Man unterscheidet einen Syenitporphyr mit ca. 60%  $\text{SiO}_2$  im Liegenden des Erzes und einem Quarzporphyr mit ca. 70%  $\text{SiO}_2$  im Hangenden. Beide sind natronreich ( $\text{Na}_2\text{O}$  ca. 5—7½%) und wurden daher früher als Keratophyr, bzw. Quarzkeratophyr bezeichnet. Der Syenitporphyr

geht, wie erwähnt, am Westabhang des Kirunavaara allmählich in feinkörnigen Augitsyenit im Liegenden über. Dieser besteht nach GEIJER meist aus ca. 65% perthitischem Feldspat, 15% oft uralitisiertem Augit, 10—15% Magnetit, etwas Apatit und Titanit, welcher zuletzt ausgeschieden ist und andere CaO-haltige Mineralien verdrängt zu haben scheint.

Der Syenitporphyr, im allgemeinen von grauer Farbe, zeigt ziemlich kleine Einsprenglinge von Feldspat — der weniger K-reich als die Grundmasse ist — und Augit oder Uralit in einer sehr feinkörnigen oder dichten Grundmasse. Nach STUTZER (1) ist primärer Magnetit allenthalben in die Feldspateinsprenglinge eingewachsen. In einzelnen Schlieren am Kirunavaara, sowie besonders im Gebiet zwischen Luossavaara und Nokutusjärvi nimmt der Magnetitgehalt bis auf 30% zu, so daß ein von GEIJER als Magnetit-Syenitporphyr bezeichnetes Gestein entsteht.

Der Magnetit ist meist erst nach dem Feldspat, der im allgemeinen reiner Albit ist — das Gestein enthält nach einer Analyse bei GEIJER 7,51%  $\text{Na}_2\text{O}$  —, auskristallisiert. GEIJER hat jüngst (25) gleiche Magnetit-Syenitporphyre von Njakak in der Nähe des Erzfeldes von Ekströmsberg, sowie HöGBOM (10) in den metamorphen Syeniten von Gellivare beschrieben. Von Wyssokoja Gora sind sie schon länger bekannt. LOEWINSON-LESSING hat sie dort durch Assimilation beim Durchbruch eines Syenitmagmas durch das Magnetitlager erklärt, eine Annahme, die sich einerseits durch die Struktur — die Feldspate sind zuerst auskristallisiert — wie andererseits durch das geologische Auftreten bei Kiruna als Schlieren in einem älteren Gesteine als die Erzmasse selbst verbietet. GEIJER hält sie vielmehr für durch magmatische Differentiation entstanden, bei niedrigerer Temperatur als der Porphyry auskristallisiert, da nach den Untersuchungen LENARCICS, DAYS und ALLENS im System Albit-Magnetit schon ein kleiner Gehalt von Magnetit die Viskosität des Albites stark herabsetzt und wohl die Schmelztemperatur erniedrigt. Auch das von DÖLTER angenommene eutektische Verhältnis von Albit zu Magnetit gleich 3 : 1 findet sich sehr häufig in den lappländischen Magnetit-Syenitporphyren. So sind wohl die Magnetit-Syenitporphyre als Übergang zu den Erzausscheidungen selbst anzusehen.

Hauptsächlich im liegenden Syenitporphyr, sehr selten im Quarzporphyr und niemals im Syenit, was vielleicht mit den Druckverhältnissen zusammenhängt, finden sich  $1/2$  bis einige Zentimeter große, rundliche Mandeln (nodules) von Magnetit, Hornblende — kein Augit, was wohl auf den Wassergehalt bei der Bildung hinweist — und Titanit, zuweilen auch Feldspat. Sie sind von hellen Höfen umgeben, die durch die Extraktion der dunklen Mineralien entstanden sind. Wie STUTZER hält GEIJER die Bildung dieser Mandeln für konkretionsartig noch in der magmatischen Phase erfolgt, wie sich aus der Struktur und dem Übergang zur Grundmasse selbst in Gestalt von »Embryonalmandeln« ergibt.

Sie sind als pegmatitische Bildungen, bei deren Kristallisation das magmatische Wasser sicher eine Rolle spielte, aufzufassen.

Der Quarzporphyr im Hangenden, im Osten des Erzlagers, im allgemeinen von rötlicher Farbe, ist ca. 10% saurer wie der Syenitporphyr ( $\text{SiO}_2 = 66,46-71,30$ ), ebenfalls natronreich ( $\text{Na}_2\text{O} = 3,97-6,40\%$ ). Er zeigt in dichter Grundmasse meist große Einsprenglinge (ca. 1 cm) von perthitischem sauren Feldspat, nie von Quarz. GEIJER unterscheidet 4 Typen. Der Magnetitgehalt steigt bis auf 10%, echte Magnetitporphyre finden sich aber nicht. Dagegen enthält der Quarzporphyr z. T. eckige Bruchstücke des liegenden Erzes, die ebenso wie einzelne Einschlüsse von Syenitporphyr auf das jüngere Alter des Quarzporphyrs hinzuweisen scheinen.

Am Luossavaara tritt eine ungefähr 100 m breite agglomeratische Zone auf, die in einem Porphyrbindemittel — kein rekristallisierter Tuff — meist runde Stücke von Quarzporphyr und syenitischen Gesteinen führt, auch 2 Quarzitstücke sind darin gefunden. Nach GEIJER ist sie eine Effusivbreccie, wahrscheinlich an der Grenze zweier nicht ganz gleichaltriger Quarzporphyrgüsse. Weiter nördlich tritt noch eine tuffartige Bildung auf.

Besonders in der Nähe der Ostgrenze durchkreuzen den Quarzporphyr zahlreiche Apatitgänge von im allgemeinen einigen Zentimetern bis Dezimetern Mächtigkeit. Sie bestehen aus Fluorapatit, Magnetit, Hämatit, Turmalin und selten Hornblende. Der Fluor- und Borgehalt weist auf pneumatolytische Vorgänge hin, doch glaubt GEIJER, wie schon in seiner früheren speziellen Bearbeitung (2), wegen der Fluidalstruktur und der granophyrischen Verwachsung die Auskristallisation aus dem Schmelzfluß selbst in den Vordergrund stellen zu müssen und die Entstehung etwa mit der Pegmatitbildung vergleichen zu können.

Am Kirunavaara werden die syenitischen Gesteine von Gängen von Quarzporphyr durchbrochen. Ebenso treten dort, zum Teil auch das Erz durchdringend, Gänge eines sauren magnetitarmen Syenitporphyrs mit größeren Einsprenglingen auf, die teils älter, teils jünger als die Erzlager sind. Auch ein Diabasgang ist durch eine Bohrung bekannt geworden.

Die Entstehung der Porphyre ist eine viel umstrittene Frage, die ja für die Deutung des Erzes besondere Wichtigkeit hat. Hatte BÄCKSTRÖM und LUNDBOHM sie früher für Effusivgesteine erklärt, so suchte STÜTZER ihren intrusiven Ursprung nachzuweisen, indem er besonders auch den Übergang des Syenitporphyrs in Syenit betonte. Dieser Ansicht haben sich viele Forscher angeschlossen, und ist sie von FERMOR (17) jüngst wieder vertreten. GEIJER dagegen, wohl der genaueste Kenner des Kirunadistriktes, stellt die Porphyre auch in seiner neuesten Arbeit als Ergußgesteine hin. Er führt mehrere Beispiele dafür an, daß der untere Teil von mächtigen Lavadecken, ebenso als wenn er unter einer Sedimentdecke läge, tiefengesteinsartig erstarrte. Besonders wichtig

ist das erwähnte Agglomerat am Luossavaara<sup>1)</sup>, an das sich tuffartige Bildungen anschließen. Auch die Mandeln scheinen mir für Oberflächenerguß zu sprechen, wenn sie auch im allgemeinen als syngenetisch mit dem Porphyrr verbunden angenommen werden müssen. GEIJER sieht sie in seiner letzten Veröffentlichung als aus gasig-wässerigen Lösungen auskristallisiert an (25, S. 783). Die Quarz-Hämatitmandeln am Hopukka mögen übrigens (GEIJER, 11, S. 239) doch durch post-vulkanische Ausfüllung von ursprünglichen Bläschen im Gestein entstanden sein. Endlich deuten auch die geologischen Lagerungsverhältnisse auf oberflächliche Lavaergüsse. Das scheinbar gangförmige Auftreten beruht ja auf nachträglicher Aufrichtung. Die Konkordanz mit den Nebengesteinen setzt eine ursprünglich horizontale Lagerung voraus. Die verschiedenen mächtigen Gesteinsmassen und zuletzt das Erz müßten sonst als Lagergänge, und zwar immer gerade in dieselbe Schichtfuge eingedrungen sein.

Die Erzlager des Kirunavaara und Luossavaara sind in Form einer mächtigen Platte zwischen die beiden Porphyre eingelagert. Die Eisenerzlager erstrecken sich in Nord-Südrichtung 8 km lang, im Kirunavaara ist die Eisenerzplatte ununterbrochen 3,5 km lang. Die Breite ist in der Horizontalen durchschnittlich fast 100 m oder die tatsächliche Breite rechtwinklig zu den beiden Grenzflächen — weil die Schichten ja geneigt sind — ca. 80 m, sie steigt aber bis auf fast 200, bzw. 160 m. Im Luossavaara, wo die Länge 1200 m beträgt, ist das Erz 25—50 m mächtig. Unter dem Spiegel des Sees Luossajärvi setzt sich das Kirunavaaraerz noch fort, so daß es eine ununterbrochene Länge von fast 5 km hat; erst dann folgt eine Unterbrechung bis zum Luossavaara. Diese Unterbrechung entspricht vielleicht einer Durchbruchstelle des Quarzporphyrs, denn gerade hier finden sich in diesem häufiger die erwähnten Erzbruchstücke (11, S. 157).

Durch Bohrungen ist das Erz am Kirunavaara bis in 300 m Tiefe unter dem Spiegel des Luossajärvi, also 548 m unter dem Berggipfel mit im einzelnen sehr wechselnder — also unregelmäßiger Oberfläche —, im ganzen aber ungefähr gleichbleibender Mächtigkeit nachgewiesen worden. In dieser Tiefe nimmt die Mächtigkeit sogar beträchtlich zu, so daß man daraus auf eine flach linsenförmige Gestalt des Erzkörpers schließt. Das Erz geht aller Wahrscheinlichkeit nach bis in beträchtliche Tiefen herab, sicher bis 1000 m. Wahrscheinlich liegt das Zentrum der Linse und damit die größte Mächtigkeit erst in 1000 m Tiefe, und reicht das Erz bis etwa 2000 m Tiefe, wie sich aus dem im Jahre 1900 von CARLHEIM-GYLLENSKÖLD (12) vorgenommenen ca. 60 000 magnetischen Messungen ergibt.

<sup>1)</sup> Das auch nach TERMIER (Bull. Soc. Géol. de France 1910, S. 770) den Quarzporphyrr als Lavaerguß kennzeichnet. Er erklärt beide Porphyre — ebenso wie das Erz — für Laven und nennt sie daher Rhyolite, bzw. Trachyte.

Eine der hervorragendsten und wirtschaftlich wichtigsten Eigenarten des Eisenerzes ist seine fast völlige Reinheit von taubem Gestein. Das Erz selbst besteht aus einem feinkörnigen (Tuolluvaara) bis dichten (Kiruna), sehr harten Gemenge von Magnetit und Fluorapatit. Hämatit ist selten und wohl sekundär entstanden. Mit Ausnahme des Apatits fehlen nichtmetallische Beimengungen fast vollständig: Kieselsäure ist nur äußerst gering vorhanden, Titansäure im Gegensatz zu den Eisenerzausscheidungen der basischen gabbroiden Gesteine gewöhnlich unter  $1/2\%$ , Schwefel 0,05% oder weniger. Der Apatit und damit der Phosphorgehalt des Erzes ist dagegen meist sehr beträchtlich. Es kommen zwar Erze mit nur 0,16% Apatit in größerer Menge am Kirunavaara vor, im allgemeinen beträgt der Phosphorgehalt bei Kiruna aber 1,5 bis 2% und steigt bis 4 oder 5 %, was einer Beimengung von 21,6 bis 27% Apatit entspricht.

Die Verwachsung ist meist sehr innig. Eine skelettartige Struktur ist häufig, bei der der Apatit in schriftgranitischer Weise die Zwischenräume eines Magnetitskelettes ausfüllt. Schlierige Zusammensetzung leitet allmählich zu schichtartiger Aufeinanderfolge von Apatit und Magnetit über. Im mikroskopischen Bilde tritt häufig trachytoidale Fluidalstruktur in der Anordnung langer Apatitprismen hervor. Auch sphärolitische Struktur wird von GEIJER (S. 113) erwähnt. Weitere Beispiele von Fluidalstruktur mit z. T. quirlartiger Anordnung der Apatitprismen hat GEIJER in seiner letzten Arbeit (25) gegeben. Aus künstlichen Schmelzversuchen glaubt er sie auf eine schnelle Erkaltung zurückführen zu müssen, während im Tiefengestein, einem Nephelin-syenit von Alnö, das Apatiteisenerz eine Art Pflasterstruktur mit isometrischen Individuen zeigt. Außer mit dem Magnetit verwachsen tritt der Apatit in Hohlraumausfüllungen aller Art, Gängen und Adern auf.

Von den anderen spärlichen Mineralien sind Augit und Hornblende die wichtigsten. Der Augit tritt in ophitischer Verwachsung im Erz auf.

Die Grenze des Nebengesteines gegen den Erzkörper ist im allgemeinen recht scharf. Sie beweist, daß die Erzlagerstätte nicht an Ort und Stelle syngenetisch entstanden sein kann. Am Kontakt gegen den liegenden Syenitporphyr kommt vielfach eine Breccie von Porphyr mit Magnetit als Bindemittel vor, zahlreiche Magnetitgänge dringen, wenn auch nicht weit, in den Porphyr ein, wie man am Luossavaara gut beobachten kann. In schmaler Zone ist der Porphyr häufig zu einem skarnartigen Hornblendegestein umgewandelt. Auch Chlorit und große Quarzbrocken findet man am Luossavaara, das Auftreten von Turmalin-nadeln dabei ist bemerkenswert. Ist aus der deutlichen Beeinflussung des Syenitporphyrs am Kontakt mit dem Erz das jüngere Alter des letzteren zu schließen, so beweist das Auftreten von ganz gleich zusammengesetzten Syenitporphyrgängen, die in das Erz am Kirunavaara eindringen, daß der Altersunterschied nicht groß sein kann. Noch

geringer dürfte dieser zum hangenden Quarzporphyr sein, wo stellenweise am Kontakt eine Durchtrümerung mit Erz — am Luosavaara tritt auch eine Art Breccie auf — und eine gewisse Amphibolitisierung auf ein jüngeres Alter des Erzes zu deuten scheinen, während andererseits die zahlreichen Einschlüsse von Erz dem Quarzporphyr die spätere Entstehung zuweisen.

Geht aus der Zusammensetzung des Erzes aus Mineralien, die alle in den umgebenden Eruptivgesteinen vorkommen, der oben beschriebenen eruptiven Struktur, der geologischen Position innerhalb von Eruptivgesteinen, sowie dem Auftreten ebenso zusammengesetzter Schlieren und Eruptivgänge von Erz in den umliegenden Porphyren der magmatische Ursprung des Apatiteisenerzes klar hervor, so geben uns die neuen Studien von SJÖGREN, GEIJER u. a., denen sich BERGEAT (16) anschließt, auch über die Art des Differentiationsvorganges Aufschluß. Der Kiruna-typus, der »spätmagmatisch« als pegmatitische Phase den letzten Erguß des Stammagmas darstellt und schon pneumatolytische Mineralien enthält, steht in der Mitte zwischen der Titaneisenerzgruppe die als eine basische Abscheidung im Tiefengestein noch bei hoher Temperatur entsteht, und der Emanationsgruppe, die die Kontakterze liefert (25, S. 779).

Bei der Differentiation ist dem magmatischen Wasser, das den Schmelzpunkt erniedrigte, eine besondere Rolle zuzuschreiben. GEIJER (11, S. 266) nimmt an, daß die Abscheidung des Apatiteisenerzes vom Muttermagma in der Tiefe und etwa in der gleichen Phase erfolgt sei, in der sich das Stammagma in das kieselsäureärmere und das kiesel-säurereichere Teilmagma trennte, und daß das Erz mit der letzteren Komponente zusammengeblieben sei. Es sei dann bis zuletzt in Lösung geblieben und schließlich etwa nach Art der »Wasserschmelzen« SJÖGRENs »diamagmatisch« emporgestiegen. Es entspricht die Erzbildung der »pegmatitischen Phase« eines Granitmagmas<sup>1)</sup>.

Die Apatitgänge stellen die letzten Nachschübe dar. Einzelne Hämatitadern sind ebenso wie die Hämatitlager im Haukikomplex postvulkanischen, pneumatohydatogenen Ursprungs.

Über die »mise en place« vertritt GEIJER im Gegensatz zu STUTZER die BÄCKSTRÖMSche Auffassung eines lavaartigen Oberflächenergusses des Magnetitmagmas, doch weist er selbst auf die Schwierigkeit hin, diese Auffassung mit der Annahme eines hohen Druckes, den die Injektion der Magnetitgänge am Kontakt mit dem Nebengestein, sowie das Festhalten der pneumatolytischen Agentien voraussetzt, in Einklang zu bringen. BERGEAT (16) sieht das Erz daher als »pegmatitische Injek-

<sup>1)</sup> NEWLAND, Geology of the Adirondack magnetic ores. New York State Museum Bull. 119. 1908, weist ebenfalls (S. 32) auf die Bedeutung heißer Dämpfe und Wasser für die Bildung der Magnetitlager in den Augitsyeniten der Adirondacks, in denen auch Fluorit vorkommt, hin und vergleicht diese mit den Pegmatitgängen.

tion an, was den effusiven Ursprung der Nebengesteine nicht ausschließt. Diese noch unentschiedene Frage verliert an Bedeutung, wenn man in Betracht zieht, daß das Empordringen des Quarzporphyrs und des Erzes, wie erwähnt, fast gleichzeitig stattfand, so daß die Unterschiede einer effusiven Ausbreitung des Quarzporphyrs über das Magnetitlager oder einer sogleich folgenden lagerförmigen Intrusion des Erzes unter die Porphyrdecke sich verwischen, und sich wohl in allen Fällen eine Anordnung nach dem spezifischen Gewicht einstellen mußte.

Scharf getrennt zeigen sich diese beiden Entstehungsarten dagegen bei zwei anderen nicht weit entfernten Lagerstätten. Bei Ekströmsberg, über das wir GEIJER eine neue Studie (25, I) verdanken, sind in effusiven Quarzporphyren mit zwischengeschalteten untergeordneten Syenitporphyren Magnetit-Apatitlager, das größte von über 1200 m Länge, eingebettet, die ausgezeichnete Fluidalstruktur aufweisen. Andere Partien des Erzes sind größer kristallin von porphyrischer Struktur mit scharf begrenzten Apatitkristallen. Auch STUTZER hat hier einen Magnetiterguß angenommen, der gleichzeitig mit dem Porphyrr erfolgte. Die Hämatitlager sind hier im Gegensatz zu Kiruna mit dem Porphyrr und auch mit dem Magnetit eng verbunden, so daß man sie ebenfalls als primäre Ausscheidungen ansehen muß (25). In dem ziemlich reichlichen primären Vorkommen von Orthit, der sich auch bei Kiruna findet, sieht GEIJER als einem der zuletzt auskristallisierenden Mineralien eine Bestätigung der Annahme der spätmagmatischen Entstehung der ländischen Erze.

Bei Tuolluvaara, nur 5 km östlich von Kiruna, ist das apatitärmore Erz in Form unregelmäßiger Linsen und Gänge in einen Quarzporphyrr von ungefähr gleicher Zusammensetzung wie der von Kiruna eingelagert. Einzelne Pegmatitgänge, die Apatit und Magnetit führen, durchschneiden ihn. Von den Erzkörpern dringen zahllose Magnetitgänge jeder Größe in das Nebengestein und verwandeln es im Kontakt in eine Erzbreccie. Man sieht alle Übergänge in der Durchhäderung des Porphyrs bis zum reinen Erz. Der intrusive Ursprung der Erzmassen — den auch GEIJER annimmt — ist hier überzeugend erkennbar.

Bei Mertainen, wo daneben Erzbreccien sehr verbreitet sind, die STUTZER (1, S. 662) durch Druckwirkung auf den noch flüssigen Magnetit erklärt, und besonders bei Painirova tritt das Erz schlierenförmig, durch Übergänge mit dem Nebengestein verbunden, auf und wird daher von STUTZER als magmatische Ausscheidung *in situ* aufgefaßt.

Alle bisher beschriebenen magmatischen Ausscheidungen, seien sie *in situ* gebildet wie Painirova, intrusiv wie Tuolluvaara, effusiv wie Ekströmsberg oder dem Übergangstypus angehörig wie Kirunavaara-Luossavaara liegen in nachträglich nur wenig veränderten Gesteinen, intensive Metamorphose kennzeichnet dagegen die nach Kiruna bedeutendste Lagerstätte Lapplands Gellivare. Die syenitischen natronreichen Gesteine, an die auch hier das Erz gebunden ist, sind vielfach in lepti-

tische, granulitische oder gneisartige umgewandelt und werden daher von HÖGBOM als Metasyenite bezeichnet. Einzelne von diesen lassen noch porphyrische Struktur erkennen. Man kann den Syenitporphyren (mit ca. 60%  $\text{SiO}_2$ ), den Quarzporphyren (70%  $\text{SiO}_2$ ) und den Magnetitsyenitporphyren [32,83%  $\text{SiO}_2$ ; 35,77%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; 14,84%  $\text{FeO}$  (Analyse II bei HÖGBOM)] von Kiruna entsprechende Gesteine unterscheiden. Andere sind aus echten Syeniten entstanden. Auch Hornblende-Titanitmandeln sind besonders bei der Grube Koskulls-Kulle verbreitet. Interessant ist das wenn auch nur untergeordnete Auftreten von Sillimanitgneiss. HÖGBOM glaubt diese durch Druckmetamorphose aus ursprünglich infolge hydrothermaler Prozesse im Anschluß an die Erzbildung teilweise kaolinisierten syenitischen Gesteinen erklären zu dürfen, wie man unveränderten Kaolin auch in einzelnen Gruben beobachten kann. Ganggesteine treten zahlreicher als bei Kiruna auf. Die basischen, die z. T. zu früher als »graue Gneisse« bezeichneten Gesteinen verändert sind und von HÖGBOM daher Metabasite genannt werden, sind die ältesten. Sie werden ebenso wie das Erz oft von jüngeren Granitgängen durchschnitten, die ihre ursprüngliche Struktur deutlicher bewahrt haben. Die jüngsten sind Pegmatitgänge, die Ausscheidungen von Apatit und Hämatit, seltener von Flußspat, Turmalin und Titanit führen.

Skarngesteine spielen hier eine größere Rolle wie bei Kiruna, und kann man alle Übergänge zum Syenit einerseits, der durch Skarnbreccien vermittelt wird, zum Erz andererseits beobachten. Durch den starken Druck können sie zu gneisartigen Gesteinen umgewandelt sein.

Das Erz tritt infolge tektonischer Verquetschung in zahlreichen meist länglichen Linsen — die längste Tingvalls-Kulle ist etwa 1 km lang und im Maximum ca 60 m breit — auf, die in mehreren Zonen angeordnet sind. Es unterscheidet sich von dem Erz von Kiruna — ebenfalls infolge Dynamometamorphose — durch seine Grobkörnigkeit und besteht aus etwa reiskorngroßen, länglich gestreckten schwarzen Magnetikörnern und hellen gelbgrünen Apatitkörnern, die sich oft zu Streifen zusammenschließen. Der Prozentgehalt der nicht metallischen Beimengungen ist etwas größer (4—6%), der des Phosphors, der sehr wechselt, im Durchschnitt (ca. 1%) etwas geringer als bei Kiruna, kann aber bis 20% Apatit steigen.

Die Erklärung der Entstehung der Erzlager von Gellivare wird durch die Metamorphose des Erzes wie besonders der Nebengesteine erschwert. Da aber beide im allgemeinen ursprünglich denen von Kiruna entsprechen, und alle geologischen Verhältnisse mit Ausnahme des stärkeren Gebirgsdruckes die gleichen sind, wird man für beide auch die gleiche Entstehung, d. h. »gewanderte magmatische Ausscheidung«, annehmen müssen, wie STUTZER hervorhob.

Bekanntlich werden die Apatiteisenerzlager von Grängesberg im mittelschwedischen Erzdistrikt, die ebenfalls in granulitische Gesteine eingelagert sind und in ihrer Zusammensetzung und geologischen Posi-

tion den Gellivaraerzen sehr ähneln, von JOHANSSON<sup>1)</sup> und auch von SJÖGREN für magmatische Ausscheidungen erklärt.

Der Stribergtypus Mittelschwedens, der die Torrstenar, die Dürrerze — die aus abwechselnden Lagen von Quarz und Hämatit bestehen — umfaßt, findet in Lappland sein Äquivalent in den eigentümlichen Quarzbändereisenerzen des Sydvarangerdistriktes im nördlichsten Norwegen. Die Erze bestehen aus abwechselnden, meist 1—5 mm dicken Lagen von Magnetit und Quarz, beide mit etwas Hornblende. Sie sind in Form langer Züge in metamorphe Gesteine eingelagert, die VOGT (13, 14) für gepreßte Granite hält, und werden von jüngeren Granitgängen durchsetzt. Aus diesen Gründen, sowie wegen des Fehlens pneumatolytischer und Kontaktmineralien glaubt VOGT auf magmatische Differentiationsvorgänge als Ursache schließen zu müssen. SJÖGREN sieht sie als vielleicht später injizierte »diamagmatische« Gänge an. GEIJER dagegen, der das Sydvarangergebiet kürzlich untersucht hat (20), erklärt das Nebengestein als umgewandelte suprakrustale Bildungen, das Erz als chemischen Absatz. Die granitisch-aplitischen Gänge sind nach ihm viel jünger sowohl als das Nebengestein wie als das Erz.

---

## B. Unter der Redaktion der Deutschen Geologischen Gesellschaft.

# Erdbeben und Gebirgsbau in Südwestdeutschland.

Vorläufige makroseismische Ergebnisse des Erdbebens vom 16. November 1911.

Von W. von Seidlitz (Straßburg).

### Literatur:

1. C. BOTZONG, Über die Erdbeben Südwestdeutschlands insbesondere über die der Rheinpfalz. Pfälzische Heimatkunde 1912.
2. W. DEECKE, Einige Bemerkungen zu den Beben im badischen Oberlande. Mitt. d. bad. Landesver. f. Naturkunde 1909, S. 285.
3. E. KAYSER, Lehrbuch der Allg. Geologie, 4. Aufl. 1912. S. 722/23 m. Karte von A. Sieberg, Fig. 563.
4. R. LAIS und A. SIEBERG, Das mitteleuropäische Erdbeben vom 16. Nov. 1911 und seine Beziehungen zum geolog. Aufbau Süddeutschlands mit 1 Karte und 2 Figuren. Beitr. z. Geophysik. XII, S. 186, 1912.
5. R. LAIS, Die Erdbeben des Kaiserstuhls. Beitr. z. Geophysik. XII. 1. S. 45. 1912.
6. R. LANGENBECK, Die Bildung der Rheintalspalte und die Oberrheinischen Erdbeben. Aus Schule und Leben II, 2, Straßburg 1911.
7. R. LAUTERBORN, Wirkungen des Erdbebens vom 16. Nov. 1911 unter dem Spiegel des Bodensees. Jahresber. Oberrh. Geol. Ver. N. F. Bd. 24, S. 10, 1912.

---

<sup>1)</sup> JOHANSSON, Die eisenerzführende Formation in der Gegend von Grängesberg. Geol. För. Förh. XXXII. 1910.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Geologische Rundschau - Zeitschrift für allgemeine Geologie](#)

Jahr/Year: 1913

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Rassmuss Hans

Artikel/Article: [Die magmatischen Eisenerzausscheidungen Lapplands 250-262](#)