



Bergvesenet

Postboks 3021, 7002 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr BV 2175	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering	Gradering Fortrolig
Kommer fra ..arkiv Sulitjelma Bergverk A/S	Ekstern rapport nr 529300029	Oversendt fra	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Tittel Die regional metamorphosierten Eisenerzlager im nordlichen Norwegen. Metamorfose.				
Forfatter VOGTT J.	Dato 1903	Bedrift Sulitjelma Gruber A/S		
Kommune	Fylke	Bergdistrikt	1: 50 000 kartblad	1: 250 000 kartblad
Fagområde	Dokument type	Forekomster		
Råstofftype	Emneord			
Sammendrag Skildring av jernmalm feltene i Dunderland dalen, Ofoten og Salangen. Teori for dannelse.				

Die regional-metamorphosierten Eisenerzlager im nördlichen Norwegen.

(Dunderlandstal u. s. w.)

Von

J. H. L. Vogt (Kristiania).

[Schluß von S. 28.]

Über die Genesis
der nord-norwegischen Eisenerzlager.

(Siehe Fig. 8.)

In meinen früheren Abhandlungen⁶⁾ über diese Eisenerzlager habe ich hervorgehoben, daß das Erz als ein chemisches Sediment aufgefaßt werden muß. Weil ich durch meine fortgesetzten Untersuchungen neue Beweise



Fig. 8.
Übersichtskarte der Eisenerzlager im nördlichen Norwegen.

Die lagerförmigen Eisenerzlager sind mit dem Eisenzeichen, mit schwarzem Ring bezeichnet. M = Mosjöen; Sr = Sörranen; D = Dönnesö; T = Tomö; B = Befern; N = Näverhaugen; R = Roelö. — Auf der Karte sind auch einige Kies- und Kupfererzgerüttläten (Bm = Bosmo, Sulitelma; H = Hopen; Mk = Melkedal) wie auch in Lofoten einige Vorkommen von titanhaltigem Eisenerz in Gabbro-Labradorfels angegeben.

hierfür, besonders in Bezug auf die Niveau-beständigkeit des Erzes und die chemische Analogie mit den Seeerzen nachgewiesen habe, werde ich, obgleich ich mich hierdurch einer Wiederholung schuldig mache, hier eine ge- netische Charakteristik zusammenstellen.

⁶⁾ Salten og Ranen 1890; Dunderlandsdalens jernmalmfelt 1894. — S. d. Z. 1894 S. 30, 1895 S. 37, cfr. auch 1896 S. 78, 1897 S. 263.

1. Die Erzlager verlaufen immer parallel den Schichten und nehmen an allen Faltungen und Biegungen teil; Überschneidungen der Schichten sind bei den zahlreichen nord-norwegischen Erzlageren nie konstatiert worden.

2. Die Erzlager selbst sind in typischer Weise geschichtet, bestehen nämlich aus einer Reihe von chemisch und mineralogisch differierenden, willkürlich wechselnden Schichten.

3. Die Erzlager treten überall in engster Verbindung mit krystallinen Kalkstein- oder Dolomitlagern (s. Fig. 9), die oft sehr mächtig sind, auf, doch derart, daß das Erz von den Karbonatlagern im allgemeinen (nur mit einer einzelnen Ausnahme) durch zwischenliegenden Schiefer getrennt ist.

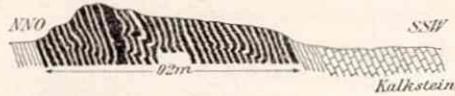


Fig. 9.
Querprofil eines Erzlagers bei Urvand im Dunderlandstal.

4. Die Erzlager gehören einer bestimmten geologischen Formation an, nämlich dem mittleren und oberen Teile der Glimmerschiefermarmorgruppe⁷⁾. — Die Erzlager erscheinen häufig in enger Wechsllagerung mit Schiefer (Glimmerschiefer) und Kalkstein (mit Dolomit) (s. Fig. 10).



Fig. 10.
Querprofil aus der Nähe des Hohen Dunderland, eine Wechsllagerung zwischen Erzlager, Glimmerschiefer und Kalkstein zeigend.

5. Zwischen den Erzlageren und den angrenzenden Glimmerschiefern, wie auch den innerhalb der Erzlager eingebetteten Schiefern finden wir im allgemeinen eine ganz scharfe Grenze.

6. Die Erzlager können ihrer Längsausdehnung und Mächtigkeit wegen als ein gesteinbildendes Glied angesehen werden.

7. Die Erzlager kennzeichnen sich im großen ganzen — sogar auf der weiten Entfernung zwischen 66° und 69° n. Br. — durch eine auffallende Eintönigkeit in chemischer und mineralogischer Beziehung: der Eisen-

⁷⁾ Besonders bemerken wir, daß der mächtige Kalkstein (und Dolomit) in dem unteren Teile der Glimmerschiefer-Marmor-Gruppe nicht von Eisenerzlagern begleitet ist; s. die Dunderlandstal-Karte Fig. 11 mit Profilen, Fig. 12 u. 13, wo der untere Kalkstein bei dem westlichen Teile von Langvand vorkommt; dann die Ofot-Karte Fig. 15, mit dem unteren Kalkstein (und Dolomit) in Ballangen und in Tjeldebotn; dann die Karte von Salten („Salten og Ranen“, Tafel I), mit dem unteren Kalkstein (und Dolomit) auf dem Fauskeid.

gehalt ist ziemlich niedrig; der Mangangehalt meist verschwindend klein, an den Vorkommen des nördlichen Teiles des Gebietes dagegen in der Regel höher; der Phosphorgehalt beträgt an den meisten Vorkommen 0,2 Proz. P (= ca. 1 Proz. Apatit); der Schwefelgehalt ist gering; Titansäure fehlt; das Erz ist hauptsächlich mit SiO_2 nebst etwas CaO , Al_2O_3 und MgO vermischt; Alkali fehlt völlig oder beinahe völlig. — Andere Schwermetalle als Fe und Mn fehlen in der Regel absolut; nur ist hier und da eine Spur von Cu nachgewiesen.

Die nord-norwegischen Eisenerzlager haben genetisch nichts mit den Eruptionen von Granit und Gabbro zu tun. In den meisten Erzgebieten fehlt Gabbro völlig; Granit ist freilich beinahe überall in Nordland vertreten, so auch mehrorts in der nächsten Nähe der Erzlager; in unseren anderen Erzdistrichen fehlen aber sowohl Granit, wie Granitgänge (z. B. bei den meisten Erzdistrichen in Ofoten, Karte Fig. 15, und in dem östlichen Teile von Dunderlandstal, Fig. 11). — Die in der Umgebung der Granitfelder auftretenden Erzlager werden häufig von Granitgängen durchsetzt; das Erz ist somit älter als die Granitapophysen.

Die oben zusammengestellten genetischen Kriterien der Erzlager lassen sich alle durch die Annahme einer chemischen Sedimentation erklären; und wir können wohl auch weiter behaupten, daß sie sich nur hierdurch erklären lassen.

Die charakteristische Kombination von Eisen und Mangan mit Kieselsäure, etwas Phosphorsäure u. s. w. samt der engen Verknüpfung mit Karbonatlagern deutet auf einen Absatz aus wässriger Lösung. Daß aber das Erz nicht durch irgend welchen metasomatischen Prozeß entstanden ist, folgt aus der absoluten Konkordanz mit den umgebenden Schiefern in Verbindung mit der Schichtung des Erzes, der Wechsllagerung mit Schiefern und Kalksteinen und der scharfen Grenze zwischen Erzlager und Schiefer; auch muß betont werden, daß es nur die Kalksteine in den mittleren und oberen, nicht dagegen auch die in den unteren Stufen der Glimmerschiefer-Marmor-Gruppe sind, welche von Erzlagern begleitet sind.

Die Glimmerschiefer unserer Formation sind unzweifelhaft als regionalmetamorphisierte Tonschiefer zu betrachten; sie sind also metamorphisierte mechanische Sedimente. Wäre das Eisenerz ebenfalls ein mechanisches Sediment, so müßte man allmähliche Übergänge zwischen Erz und Schiefer erwarten; dies ist aber nicht der Fall, da die Grenzen

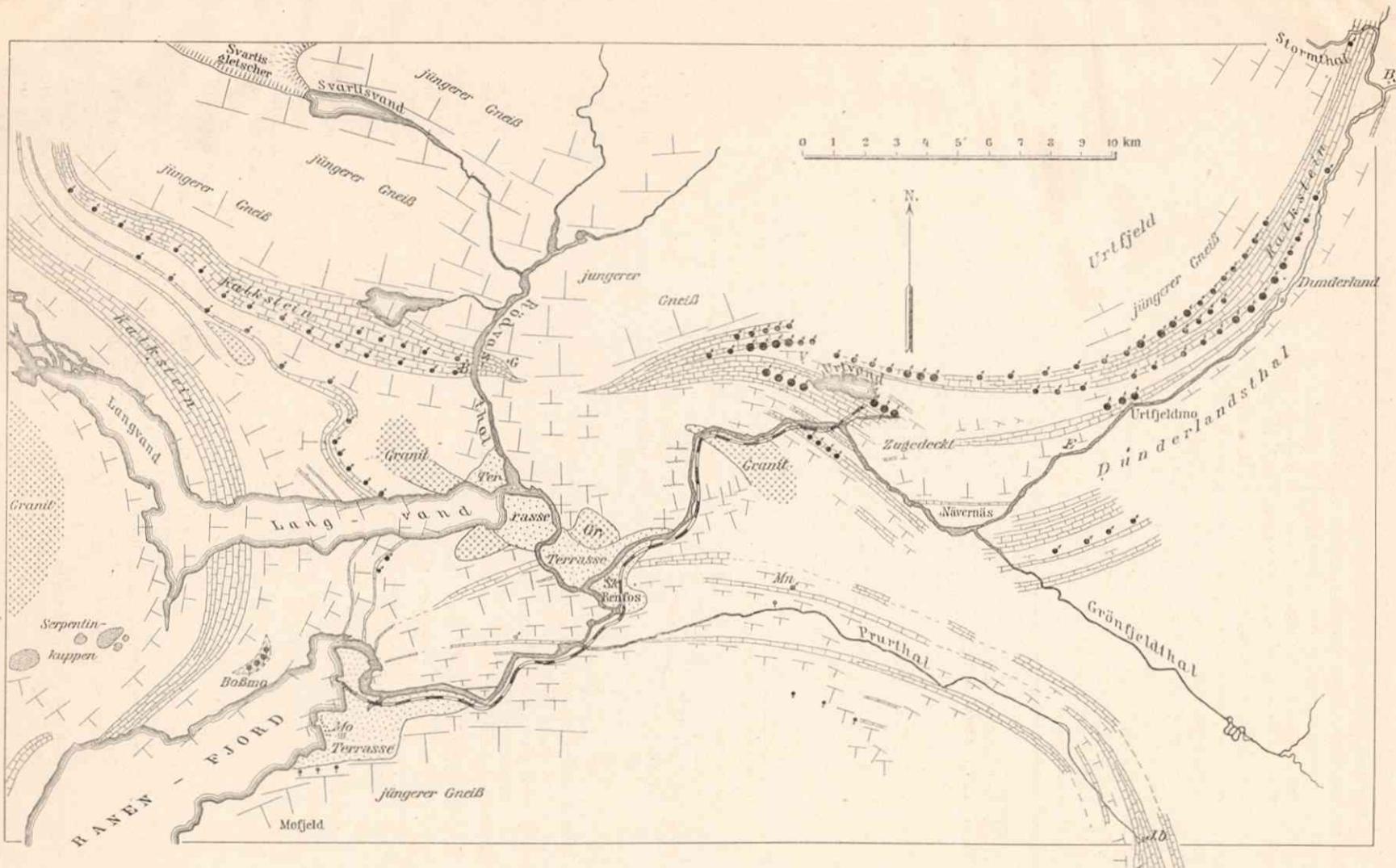


Fig. 11.

Geol. Karte des Eisenerzfeldes des Dunderlandstal.

Die Eisenerzlager sind durch das übliche Eisenzeichen bezeichnet (Mn bei einem Eisenzeichen bedeutet manganhaltiges Eisenerz). Die Bossmo-Kiesgrube und einige Kupfererzschürfe in Prurtal sind mit dem Kupferzeichen angegeben. — Der jüngere Gneiß ist durch große und der Schiefer der Glimmerschiefer-Marmor-Gruppe durch kleine Zeichen für Streichen und Fallen angegeben; je länger der Querstrich hier ist, je flacher ist das Fallen. — Sk = Skaanseng; B = Bjørnåa; G = Grönlid; V = Vesterålid; E = Eiteråa; Bj = Bjelaanäs; Jb = Jordbro.

im allgemeinen ganz scharf sind. Unsere Erze können somit nicht als metamorphisierte mechanische Sedimente von Quarzsand mit Magnetit-Eisenglanz-Sand betrachtet werden; dies würde auch nicht die ziemlich konstante, etwas hohe Phosphorsäuremenge erklären. — Sind die Erze nicht mechanische, so müssen sie chemische⁸⁾ Sedimente sein.

Hierfür spricht in erster Linie auch die auffallende Übereinstimmung in chemischer Beziehung mit den Seeerzen. Zur Erläuterung geben wir nach F. M. Stappf⁹⁾ eine Zusammenstellung von 30 von Svanberg ausgeführten (oder gesammelten) Analysen von schwedischen Seeerzen (nebst 2 Analysen von Wiesenerzen).

	Minim.	Maxi-	Durch-	Durchschnitt nach Abzug von H_2O ; auf 100 berechnet
F_2O_3	43,23	75,69	62,57	72,36
Mn_2O_3	0,46	34,72	5,58	6,45
SiO_2	5,49	41,26	12,64	14,62
Al_2O_3	1,23	7,89	3,58	4,03
CaO	0,27	3,10	1,37	1,59
MgO	0,02	0,73	0,19	0,22
P_2O_5	0,051	1,213	0,48	0,55
SO_3	Spur	0,43	0,07	0,081
H_2O (inkl. organ.)	7,58	17,81	13,53	
Summa		100,00		100,00

Als Normaldurchschnitt für die Seeerze (nach Berechnung auf trockene Substanz) können wir somit angeben:

50,65 Proz. Fe
4,49 - Mn
0,24 - P
0,03 - S.

Die Seeerze enthalten häufig ein wenig CO_2 samt Alkali in winziger Menge; ferner sind gelegentlich Spuren einer ganzen Reihe anderer Elemente (Ti, As, Cu, Zn, Ni, Co, Cr, Mo, V, Cl u. s. w.) nachgewiesen worden.

Das nord-norwegische lagerförmige Eisenerz ist also durchschnittlich gerechnet nicht ganz so eisenreich wie die (auf trockene Substanz berechneten) Seeerze; der Unterschied ist aber — in theoretischer Beziehung — nicht wesentlich. — Auch ist der Mangangehalt der Seeerze im ganzen etwas größer als bei unserem Eisenerz; zahlreiche Lager der letzteren ergeben jedoch ziemlich genau dieselbe Manganmenge wie in den Seeerzen. — Bezuglich der Phosphorsäure finden wir

⁸⁾ In der chemischen Bildung ist auch die organogene einbegriffen. Weil Kohle in den Erzlagern — nicht dagegen in den angrenzenden Kalksteinen — fehlt, ist eine Mitwirkung organischer Tätigkeit bei der Ausfällung der Eisenoxide nicht anzunehmen.

⁹⁾ Jernkontorets Annalen 1865; Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1866.

eine beinahe mathematische Übereinstimmung (0,20 Proz. P als Mittel unserer Eisenerze; 0,24 Proz. P als Mittel der Seeerze). Dieselbe Übereinstimmung wiederholt sich auch bezüglich des Schwefelgehaltes. — Beide Arten von Erzen sind überwiegend mit SiO_2 vermischt; in beiden Fällen ist die Alkalimenge winzig; CaO ist in beiden Fällen entschieden reichlicher vertreten als MgO . Was das Verhältnis zwischen Al_2O_3 und CaO anbetrifft, so begegnen wir freilich einem Unterschied, da CaO durchschnittlich gerechnet bei unserem Eisenerz über Al_2O_3 überwiegt, während bei den Seeerzen das Umgekehrte in der Regel der Fall ist; dies kann vielleicht darauf beruhen, daß die Seeerze gern etwas mechanisch mit Tonschlamm vermischt sind.

Diese jedenfalls in den großen Zügen vorzügliche Übereinstimmung in chemischer Beziehung mit den Seeerzen ist ein kräftiger Stützpunkt für den oben auf geologischer Beobachtung basierten Schluß, nämlich, daß die nord-norwegischen Erzlager als chemische Sedimente aufzufassen sind.

Bezüglich derjenigen Vorstellungen, die man von der Ausfällung haben kann, verweise ich auf meine früheren Darstellungen hierüber (s. Referat in d. Z. 1894 S. 30; 1895 S. 37; 1896 S. 78; 1897 S. 263). Hier wiederhole ich nur, daß aus einer wässerigen Lösung (z. B. in kohlensäurehaltigem Wasser) von Eisen (als $FeCO_3$) mit Mangan, Kalk, Magnesia, Alkali, Kieselsäure, Phosphorsäure u. s. w. durch Oxydation hauptsächlich Eisen (als Oxyd) mit Kieselsäure, Phosphorsäure nebst etwas Mangan, Kalk und Magnesia ausfällt.

Es liegt ausserhalb des Rahmens dieser Abhandlung, auf den Vergleich zwischen dem nord-norwegischen Eisenerzlager und anderen in chemischer und geologischer Beziehung nahe übereinstimmenden lagerförmigen Eisenglanz-Magnetit-Vorkommen (z. B. den schwedischen sogenannten „Torstener“ oder Dürrerzen, dem Eisenglimmerschiefer in Brasilien und in vielen anderen Ländern, dem Eisenquarzitschiefer zu Krivoi Rog u. s. w.) näher einzugehen; vielmehr beschränke ich mich hier auf eine kurze genetische Darstellung der nord-norwegischen Eisenerze, da sich dieselben für das Studium der chemischen Sedimentation ganz besonders eignen.

Das Dunderlandstal-Feld, in welchem die mächtigsten und ausgedehntesten der bisher bekannten Eisenerzlager der nord-norwegischen Glimmerschiefer-Marmor-Gruppe auftreten, müssen wir, namentlich

wegen des sich an dieses Feld knüpfenden wirtschaftlichen Interesses, besonders erwähnen.

Wie sich aus der beistehenden (von mir aufgenommenen) geologischen Kartenskizze (Fig. 11) mit zugehörigen Profilen (Fig. 12 bis 14) ergibt, ist der Schichtenbau hier etwas



Fig. 12.

Profil des nordwestlichen Teiles des Langvands (R = Ravnaa) über Burfjeld nach Svartisvand.

kompliziert: Im zentralen Teil des Kartengebietes begegnen wir einer großen antikinalen Falte (Profil Fig. 13) mit der Glimmerschiefer-Marmor-Gruppe im liegenden und der (darauf liegenden) jüngeren Gneisgruppe. Dieser Sattel ist sowohl gegen W wie gegen O — wie ein wirklicher Pferdesattel — stark gehoben (also mit Einfallen der Fal-

W mit einer Breite von ca. 20 km (in nord-südlicher Richtung) sich in einer Länge von ca. 60 km erstreckt; rings um dieses große lakkolithische Granitfeld dreht sich der untere Kalkstein in einem großen Kreise; es ist somit das große Granitfeld, das die Schiefer gehoben oder aufgewölbt haben. In der Fortsetzung der ostwestlich verlaufenden Achse des großen Granitfeldes finden sich bei Langvand und in dem zentralen Teile des Dunderlandstales mehrere kleinere Granitfelder, deren Lakkolithnatur sehr schön zu sehen ist. — Gleichzeitig mit diesen kleineren Granitlakkolithen erwähnen wir (im südwestlichen Teile des Kartengebietes) auch einige Kuppen von Serpentin und von umgewandeltem Olivinfels, der durch magmatische Differentiation aus dem gemeinschaftlichen Magmaberde zu erklären ist¹⁾.

In der Fortsetzung der Längenachse des Eruptivfeldes — gerade an einer Stelle, wo die Schiefer im Streichen einen starken Bogen



Fig. 13.

Profil des östlichen Teiles des Mofjelds über den Dunderlandsflus (D) und Jamtid (J) nach dem östlichen Ende des Langvands, und weiter nördlich längs dem Rödvastal (G = Grönlid; B = Björnaa).

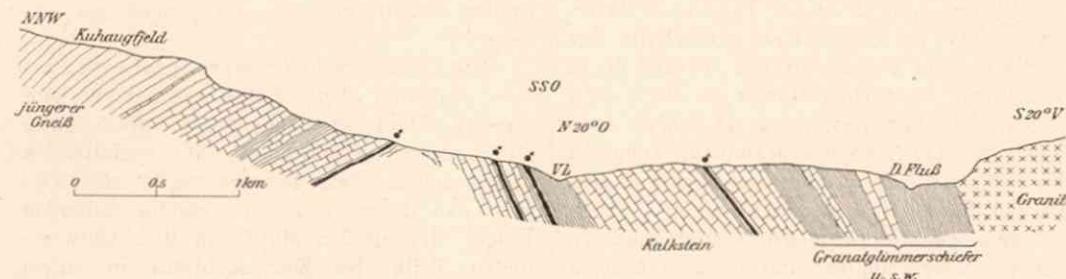


Fig. 14.
Detailprofil durch den zentralen Teil des Dunderlandstales, an der Westseite des Urvands.
(D. flus = Dunderlandsflus; VZ = Vesteraalid.)

tungssachse im westlichen Teile gegen O, im östlichen gegen W); daraus ergeben sich die zwei großen, gegen einander gebogenen Halbkreise der Kalksteine (Mächtigkeit bis zu $\frac{3}{4}$ —1 km) in dem nördlichen und in dem südlichen Teile des Kartengebietes. Im westlichen Teile tritt der untere Kalkstein (Mächtigkeit lokal bis zu etwa $\frac{1}{3}$ km) zu Tage, und zwar bildet dieser auch einen Halbkreis; die Schichtenfolge zwischen dem nördlichen Teil von Langvand und bis zu Svartisvand ergibt sich hier aus dem Profil Fig. 12. — Etwas westlich von Langvand sieht man auf der Karte den östlichen Teil eines sehr großen Granitfeldes, welches gegen

bilden — findet sich eine sehr bedeutende Kiesinjektion; hier arbeitet die Bossmo-Kiesgrube, ca. 1 km vom Hafen am Ranenfjord entfernt (jährliche Kiesproduktion ca. 30 000 tons).

Außerhalb der großen Falten der ersten Ordnung finden sich mehrorts, so namentlich im zentralen Teile des Dunderlandstales (Vesteraalid-Urvand-Nävernäs), mehrere Fal-

¹⁾ Eine vollständige Reihe petrographischer Übergangsglieder, von Olivinfels zu Olivengabbro, Gabbro, Quarzgabbro, Banatit, Adamellit bis zu Granit, läßt sich an anderen Eruptivgebieten in Nordland, so in Vefsen, Velfjorden und Bindalen, verfolgen.

tungen zweiter Ordnung; hier sind auch mehrere Faltenverwerfungen und andere tektonische Störungen wahrzunehmen (s. Fig. 14).

Wie es sich aus der Karte und den Profilen ergibt, tritt das Eisenerz in Verbindung mit den Kalksteinen in der mittleren und oberen Glimmerschiefer-Marmor-Gruppe auf. Die bedeutendsten Erzlager finden sich in dem zentralen und östlichen Teile des Dunderlandstales (bezw. bei Vesteraalid-Urvand-Björnehei und bei Urfjeldmo-Strandjord-Dunderland). — Die meisten, aber nicht alle Erzlager in dem Dunderlandstalgebiet sind, wie oben erwähnt, kürzlich von einer englischen Gesellschaft (Dunderland Iron Ore Company, Limited mit Kapital 2 Mill. £ = 40 Mill. Reichsmark) übernommen worden. Diese Gesellschaft beabsichtigt, das Erz nur durch Tagebau abzubauen. Die durchschnittliche Mächtigkeit (oder Breite) der Erzlager in den vorläufig geplanten Tagebauen beträgt nach den genauen Messungen von Dr. Th. Lehmann: 17, 20, 27, 28, 28, 31, 32, 33, 39, 39, 43, 47, 48, 50, 50 und 86 m. Einige der Erzlager sind bis zu einer Länge von etwa 3 km und darüber aufgeschürft worden; die Länge der zum Tagebau genügend mächtigen Partien der Erzlager schwankt zwischen 500 und 1500 m. Das Areal des Ausgehenden der Erzlager in dem vorläufig geplanten Tagebau erreicht 575 000 qm, und in diesen Tagebauen dürfte man — bis zu einer Tiefe unterhalb der Oberfläche von meist zwischen 30 und 60 m — in dem westlichen Revier ca. 40,7 und in dem östlichen Revier ca. 48,0 Mill. tons Roherz brechen können; zusammen, wenn ein relativ armes Lager außer Betracht gelassen wird, ca. 80 Mill. tons Roherz.

Dann hat die Gesellschaft auch mehrere mächtige Reservefelder, und einige mächtige Erzlager sind im Besitz anderer Kompagnien. Diese und die zahlreichen weniger mächtigen Erzlager mitgerechnet, beträgt das gesamte Erzareal in Dunderlandstal mindestens 1, vielleicht sogar 2 Mill. qm; die letztgenannte Ziffer hat jedoch in wirtschaftlichem Sinne keine Bedeutung, da es nur die mächtigen Erzlager sind, welche sich abbauen lassen.

Wie oben erwähnt, dürfte der durchschnittliche Eisengehalt des Roherzes zu 37,5—41 oder rund 40 Proz. Eisen angenommen werden; und der durchschnittliche Phosphorgehalt beträgt 0,2 Proz. (Phosphor).

Es ist die Absicht, dieses Roherz durch Edisons magnetische Separation anzureichern und in Briketts mit durchschnittlich etwa 67—68 Proz. Eisen und höchstens etwa 0,030 Proz. Phosphor umzuwandeln; ausgedehnt in Edisons Separationswerk in

New Jersey ausgeführte Versuche haben ergeben, daß eine solche Anreicherung sich in der Tat durchführen läßt²⁾.

Der Bau einer Eisenbahn bis zu dem westlichen Revier bei Vesteraalid-Urvand, rund 30 km lang, wurde im Frühling 1902 angefangen, und die Bahn wird wahrscheinlich 1903 fertig werden. — Der Plan ist vorläufig jährlich 1 500 000 tons Roherz zu brechen, eine Förderung, die 750 000 tons Konzentrat oder Briketteerz liefern wird³⁾. Dieses Erz ist selbstverständlich ein vorzügliches Bessemererz, das größtenteils oder ausschließlich nach England-Schottland exportiert werden wird.

Zu näherer Erläuterung der Geologie der nord-norwegischen Erzlager geben wir auch eine (von mir aufgenommene) geologische Kartenskizze des

Ofot-Feldes.

Im westlichen Teile des Kartengebiets finden wir einen archäischen Granit, der älter als die Glimmerschiefer-Marmor-Gruppe ist; gegen O erscheint ein jüngerer Granit (mit Syenit und Gabbro), der durch die regionalmetamorphosierten Schiefer hindurchsetzt; auch der Gabbro zwischen Ballangen und Skjomen — dem nördlichen Ausläufer eines von dem Gletscher Frostisen bedeckten großen Gabbrofeldes — ist jünger als die Schiefer.

Die Glimmerschiefer-Marmor-Gruppe, die den zentralen Teil des Kartengebiets einnimmt, bildet eine sehr große Mulde erster Ordnung, mit einer gegen NO einfallenden Muldenachse. Das letztere ergibt sich daraus, daß die zwei gegen einander fallenden Flügel der großen Mulde in dem südwestlichen Teile des Kartengebietes in einem spitzen Bogen zusammenlaufen. Bei dem kleinen, „Bogen“ genannten Fjordarm erscheint eine lokale Falte (s. Fig. 15).

Die Eisenerzlager sind auch hier — wie im Dunderlandstal — nur an die Kalksteine in dem oberen und mittleren Teile der Glimmerschiefer-Marmor-Gruppe gebunden; und zwar ist das Erzniveau hier auf eine sehr bedeutende Länge verfolgt worden; nämlich in dem östlichen Flügel zu Harjangen auf

²⁾ Viele Brikette-Analysen, die ich gesehen habe, zeigen nur 0,016—0,026 Proz. P.

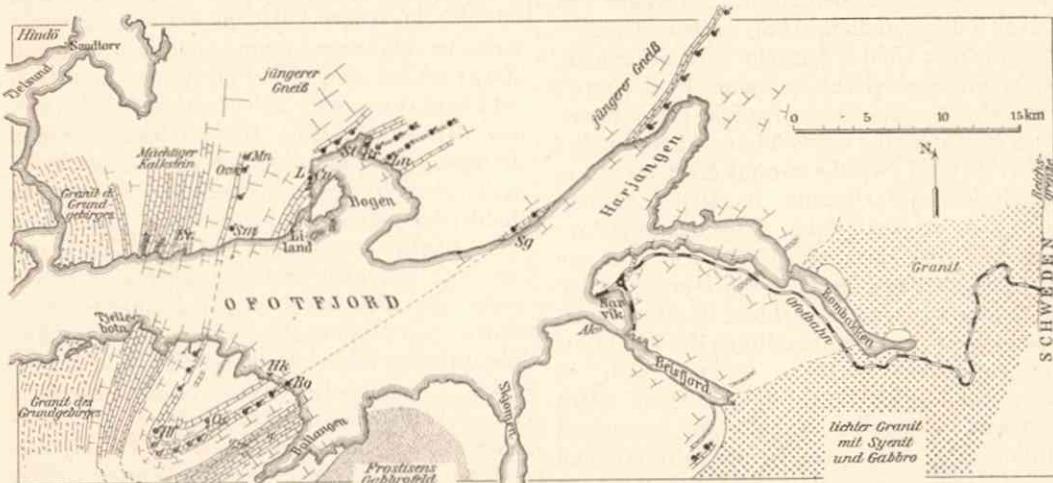
³⁾ In dem Aktien-Prospekt wird mit den folgenden Ziffern gerechnet: Produktionskosten der fertigen Briketts, ins Schiff im norwegischen Hafen geliefert, 8 sh pro ton; Fracht bis England 4 sh 6 d; Produktionskosten im englischen Hafen also 12 sh 6 d; Verkaufspreis im englischen Hafen durchschnittlich etwa 21 sh, alles pro englisches ton (1016 kg).

eine Länge von ca. 20 km; dann (auf der Südseite des Fjordes) in dem großen, spitzen Bogen im südwestlichen Teile des Kartengebiets auf eine Länge, wenn auch mit lokalen Unterbrechungen, von ca. 17 km; und in der Fortsetzung des westlichen Flügels, auf der Nordseite des Fjordes, noch auf ca. 5 km; dazu kommen die Erzlager in der Bogenfalte.

Die Erzlager in Ofoten sind im ganzen gerechnet nicht so mächtig wie im Dunder-

haltiges Eisenerz (mit ca. 66 Proz. Eisen, das meiste auch sehr reich an Phosphor, also ein Thomaserz), von Kiirunavaara-Luossavaara anfangen. Dieses Vorkommen gehört bekanntlich einer ganz anderen Erzlagerstättengruppe als die in dieser Abhandlung besprochenen lagerförmigen und mäßig reichen nord-norwegischen Erzlager an.

Bei der Erzversorgung der europäischen Großindustrie wird das nördliche Norwegen bald eine sehr wichtige Rolle spielen, einer-



Kirchen: Ev = Evenäs; Ak = Ankenäs. — Osm Mn = Osmark Eisenmanganerz; Sm = Sommervik; L Cu = Laxaa Kieslagerstätte; St = Strand; Br = Bergvik; Ln = Lenvik; Sg = Segernäs; A = Aspemoen; Hf = Haafjeld; Cu, Zn = Kupfer- und Zinkerze; Hk = Hekkelstrand Marmorbruch.

Fig. 15.
Karte des Eisenerzfeldes des Ofotfjords.

landstale; der Eisengehalt ist aber ungefähr derselbe. — Auch in Ofoten ist Eisenglimmerschiefer sehr häufig vertreten; dazu gesellen sich aber auch andere Erztypen. So führt das Erz — mit demselben durchschnittlichen Phosphorgehalt (rund 0,2 Proz. P) — zu Ofoten häufig einige bis 10 Proz. Mangan (siehe oben), und dieses manganreiche Erz ist neben Quarz namentlich mit Granat vermischt.

Die Vorkommen zu Ofoten haben zu ausgedehnten Schürfungen Veranlassung gegeben; Grubenbetrieb ist aber noch nicht angefangen. — Vielleicht wird hier später ein Eisenwerk, welches das verhältnismäßig arme, aber billige Ofoterz zusammen mit dem reichen Erz von Norrbotten, das über die Ofotbahn von Narvik aus transportiert werden soll, verschmilzt, gebaut werden.

Die Ofotbahn, deren norwegischer Teil auf der Karte Fig. 15 zu sehen ist, ist gerade jetzt (Nov. 1902) fertig geworden; am 1. Januar 1903 soll hier ein bedeutender Export, vorläufig 1 200 000 tons sehr reich-

seits durch den Transittransport von Norrbotten nach Ofoten und anderseits durch die Vorkommen in Dunderlandstal. Via Ofoten sollen, wie oben erwähnt, von 1903 ab rund mindestens 1 200 000 tons verschifft werden (in den ersten Jahren vielleicht etwas weniger) und von Dunderlandstal (von ca. 1905 ab) werden vorläufig rund 750 000 tons Erz verschifft — das erstere Quantum hauptsächlich Thomaserz für Deutschland, das letzteren Bessemererz namentlich für England-Schottland —, also in einigen Jahren zusammen rund 2 Mill. tons. Ziemlich sicher wird dies Quantum, teils durch Erweiterung des Betriebes zu Kiirunavaara-Luossavaara und zu Dunderlandstal und teils durch die Aufnahme anderer Lagerstätten, innerhalb weniger Jahre nicht unwesentlich vergrößert werden.

1903

Die regional-metamorphosierten Eisenerz-
lager im nördlichen Norwegen.
(Dunderlandstal u. s. w.)

Von
J. H. L. Vogt (Kristiania).

Diese Vorkommen und zwar namentlich Dunderlandstal, bei welchem die Anwendung der magnetischen Separation nach dem System Edison geplant ist, haben in der letzteren Zeit in hohem Grade die Aufmerksamkeit in wirtschaftlicher Beziehung auf sich gezogen. Teils aus diesem Grunde und teils des an diese Vorkommen sich knüpfenden geologischen Interesses wegen ist eine Beschreibung in dieser Zeitschrift berechtigt. — Die folgende Darstellung ist zum Teil ein Referat eines Vortrages von mir, über die Erzlagerstätten und den Bergbau im nördlichen Norwegen, in der zweiten Landessitzung

der norwegischen Techniker (Aug. 1901) gehalten¹⁾. Außerdem verweise ich auf die Referate früherer Arbeiten von mir über die nordnorwegischen Eisenerzlager²⁾, d. Z. 1894 S. 30; 1895 S. 37; siehe auch 1898 S. 4; 1899 S. 356; 1890 S. 392.

Die nord-norwegische Bergkette, die eine unmittelbare Fortsetzung der süd-norwegischen bildet, und die sich gegen N bis zum Nordmeer bei Hammerfest-Nordkap erstreckt, besteht aus sehr stark regionalmetamorphosierten Schiefern und krystallinen Kalksteinen nebst Dolomiten mit zahlreichen Durchbrüchen von Eruptivgesteinen, und zwar namentlich von lichtem, natronreichem Granit und Gabbro, welche durch petrographische Übergänge mit einander verbunden sind und derselben Eruptionsepoke angehören. Aus Funden von Fossilien an mehreren Lokalitäten in dem Trondhjemgebiet und sonst in der süd-norwegischen Bergkette, dann auch in den regionalmetamorphosierten Schiefern im nördlichen Schweden und an einer Stelle in Norwegen (bei Sulitelma, unmittelbar an der Reichsgrenze gegen Schweden) darf man den Schluß ziehen, daß die Schiefer und Kalksteine der nord-norwegischen Bergkette hauptsächlich dem Cambrium und Silur angehören; ob sich an diese auch einerseits algonkische und anderseits devonische Ab Lagerungen anschließen, ist noch nicht entschieden worden.

Die Gebirgsfaltung fand wahrscheinlich im Devon oder Devonkarbon statt. Die zahlreichen, zum Teil sehr großartigen Durchbrüche von Granit und Gabbro waren im großen ganzen gleichzeitig mit der Bergkettenfaltung. — Die jetzige Bergkette ist zu einem Rumpfgebirge denudiert worden mit sehr charakteristischen Quertälern und Längentälern, welche vorzugsweise den mächtigen Kalksteinzügen folgen.

Nach meinen Untersuchungen in den späteren Jahren zerfallen die regionalmetamorphosierten Schiefer und Kalksteine in Nordlands Amt (65—69° n. Br.) in die folgenden Hauptabteilungen:

1. (am ältesten) eine Glimmerschiefermarmorgruppe, unter anderem mit großartigen Lagern von Kalkspat- und Dolomit marmor³⁾ und in den mittleren und oberen Horizonten mit zahlreichen Eisenerzlagen;

¹⁾ Siehe die Verhandlungen der Sitzung. — Der Vortrag (in der norwegischen Sprache) wird auch separat, unter dem Titel „Det nordlige Norges malmforekomster og bergverksdrift“ (Kristiania 1902), erscheinen.

²⁾ Salten og Ranen 1890; Dunderlandsdalens jernmalmfelt 1894; ferner Norsk marmor 1897; Søndre Helgeland 1900.

³⁾ Siehe namentlich meine Arbeiten Salten og Ranen (1890) og Norsk marmor (1897).

2. eine jüngere Gneisgruppe (oder Glimmerschiefergneisgruppe);
3. die Sulitelma-Schiefergruppe.

In der Glimmerschiefermarmorgruppe begegnen wir besonders Granatglimmerschiefer und anderen Glimmerschiefern, häufig mit Staurolith, Disthen, Andalusit u. s. w., ferner Hornblendeschiefer, Quarzschiefer, bisweilen Phylliten, dann auch mehreren Konglomeraten und, wie schon erwähnt, verschiedenen Marmorarten und Eisenerzlagern.

Durch meine geologische Kartierung (namentlich in den Jahren 1901 und 1902) von Ranen (66—66½° n. Br.) und Ofoten (68½° n. Br.) betrachte ich es als sicher bewiesen, daß die oben erwähnte Gneisgruppe jünger als die Glimmerschiefermarmorgruppe ist. Die Gneisgruppe ruht konkordant auf der Glimmerschiefermarmorgruppe, und zwar auf deren oberster Etage; dies gilt von der großen Ofotmulde und dem ca. 125 km langen Ranengebiet (zwischen Bjelldaanäs-Dunderland und Tomö-Dönnese); ferner stimmen hiermit auch die Beobachtungen in anderen Gebieten (Vefsen, 65½° n. Br., und Salten, 67½° n. Br.) überein. — Daß diese Überlagerung nicht durch eine Überschiebung erklärt werden kann, ergibt sich nach meiner Meinung mit voller Sicherheit aus den folgenden Gründen:

die Gneisgruppe ruht konkordant auf einem bestimmten Niveau — nämlich auf dem eisenerzführenden Niveau — der Glimmerschiefermarmorgruppe;

es gibt keine ganz scharfe Grenze zwischen den zwei Gruppen; vielmehr gehen diese petrographisch allmählich in einander über, und auch in der Gneisgruppe begegnen wir bisweilen Einlagerungen von krystallinen Kalksteinen; der Gneis hat keinen archäischen Charakter.

Die nord-norwegischen Eisenerzlager.

Nach dieser kurzen geologischen Übersicht geben wir eine Zusammenstellung der bisherigen Funde von in der Glimmerschiefermarmorgruppe auftretenden lagerförmigen Eisenerzlagerstätten:

Dolstadaasen und Högaasen, einige Kilometer östlich von der Stadt Mosjöen, Vefsen (65½° n. Br.);

Fuglestrand auf der Westseite und Seljeli auf der Ostseite von Elvsfjorden, Hemnäs im südl. Ranen (66½° n. Br.);

Tomö und Dönnese; Inseln an der Mündung des Ranenfjords (66½° n. Br.);

Dunderlandstal mit Rödvastal und Langvand, in Mo in Ranen (66½—66½° n. Br.); die nördlichsten dieser Vorkommen liegen unmittelbar am Polarkreis);

einige Vorkommen in Beiern (67° n. Br.);

Näverhangen in Skjärstad, Salten ($67\frac{1}{3}^{\circ}$ n. Br.); zahlreiche Vorkommen an beiden Seiten des Ofotfjords ($68\frac{1}{3}^{\circ}$ — $68\frac{2}{3}^{\circ}$ n. Br.); Rollöen in Ibbestad; ein langes und großes Feld in Salangen, die beiden letzteren im südlichen Teile von Tromsö Amt ($68\frac{5}{6}^{\circ}$ — 69° n. B.).

Der Abstand zwischen den südlichsten und nördlichsten dieser Vorkommen beträgt in gerader Linie nicht weniger als 400 km.

Das Erz erscheint als ein gesteinsbildendes Glied in verschiedenen, jedoch nahe aneinanderliegenden Niveaus in dem mittleren und oberen Teile der Glimmerschiefermarmorgruppe (gleich unterhalb der oberliegenden jüngeren Gneisformation); und zwar tritt das Erz auf als Einlagerung in der unmittelbaren Nähe mächtiger Kalksteine oder Dolomite, jedoch derart, daß das Erz von den Kalksteinen oder Dolomiten beinahe immer durch zwischenlagernde Glimmerschiefer (von häufig nur 1—10 m Mächtigkeit) getrennt ist⁴⁾. Die Grenze zwischen dem Erz und dem Schiefer ist im allgemeinen ganz scharf; häufig begegnet man einer Wechsellagerung von Erz, Schiefer und Kalkstein, jedes für sich in selbständigen Lagen.

Die Erzlager erreichen meist eine ganz beträchtliche Länge, sehr oft von 1 bis 2 km, gelegentlich selbst von 5—8 km, vielleicht darüber; und innerhalb jedes Erzgebietes begegnet man meist einer ganzen Menge separater Erzlager (so in Dunderlandstal, kleine und große Vorkommen mitgerechnet, etwa fünfhundert).

Die Mächtigkeit der Erzlager ist gelegentlich, so namentlich in Dunderlandstal, sehr beträchtlich, nämlich 30—60 m, ausnahmsweise selbst 75—100 m und darüber; das Übliche ist jedoch eine Mächtigkeit von etwa 3—10 m.

Die Erzlager führen meist neben Eisenglanz und Magnetit Quarz in sehr reichlicher Menge; dazu gesellt sich auf einigen Vorkommen namentlich Epidot, auf anderen — und zwar besonders auf den manganreichen Lagerstätten — hauptsächlich Granat; dann häufig auch etwas Hornblende, Pyroxen, ein wenig Glimmer, Feldspat u. s. w.; mikroskopisch fein verteilter Kalkspat ist auch häufig vertreten. Das Übliche ist ein feines Gemenge von Eisenglanzmagnetit und Quarz

⁴⁾ Unter den vielleicht tausend verschiedenen Eisenerzlagern, die ich besucht habe, kenne ich von dieser Regel nur eine einzige Ausnahme (bei Fuglevik in Ranen); hier tritt das Erz in dem Kalkstein selber auf.

mit anderen Silikaten; häufig findet man auch, in ähnlicher Weise wie z. B. in den Phylliten, linsenförmige Aussonderungen von Quarz mit Epidot u. s. w.

Im großen ganzen gerechnet, ist Eisenglanz reichlicher vertreten als Magnetit; so findet sich im Dunderlandstal etwa zweimal so viel Eisenglanz als Magnetit. Der Eisenglanz ist sehr häufig als blatt- oder schuppenförmiger Eisenglimmer entwickelt; das Eisenerz hat dann den Charakter des Eisenglimmerschiefers (Itabirit) und dieser ist eigentlich der typische Präsentant der meisten Vorkommen. Auf einigen Lagerstätten hat allerdings das Erz einen etwas anderen Charakter.

Der hohen Beimischung von Quarz, Epidot, Granat u. s. w. wegen ist der durchschnittliche Eisengehalt der Erzlager nur mäßig; meist handelt es sich um etwa 40 Proz. Eisen, bisweilen sogar nur um 30—35 Proz. Eisen; andererseits steigt doch der durchschnittliche Eisengehalt (ohne Scheidung) in einigen Lagern auf etwa 45 Proz., ja sogar 55 Proz.

Als Beispiel geben wir das Resultat der von der Edisongesellschaft (Dunderland Iron Ore Company) unter der Leitung von Dr. Th. Lehmann mit großer Sorgfalt ausgeführten Durchschnittsanalysen der wichtigsten Erzlager in Dunderlandstal; im westlichen Teile des Tales 38,3, 39,8, 41,0, 41,2, 41,3, 42,2 und 53,0, durchschnittlich (unter Berücksichtigung der Größe der verschiedenen Lager) 40,5 Proz. Eisen; und im östlichen Teile des Tales 32,5, 36,5, 36,5, 37,4, 38,9, 39,6, 40,4, 40,6 und 41,4, durchschnittlich 37,55 Proc. Eisen; oder als Gesamtdurchschnitt der zukünftigen Tagebrüche im Dunderlandstal 39,55 Proc. Eisen.

Eine andere Reihe, unter der Leitung von Professor Henry Louis, ausgeführter Durchschnittsproben von verschiedenen Lagern im Dunderlandstal ergibt: 29,95, 33,38, 33,50, 37,00, 38,54, 38,83, 39,07, 39,08, 39,71, 40,20, 40,25, 40,36, 40,62, 42,02, 42,78, 43,21, 44,83, 44,99, 48,55, 49,51, 53,07 und 54,49, also im Mittel 41 Proc. Eisen.

Diese Zahlen sind auch maßgebend für die meisten der übrigen hier besprochenen Erzlager (in meiner in norwegischer Sprache veröffentlichten Originalarbeit finden sich hierüber zahlreiche Detailangaben).

Was den Mangangehalt anbetrifft, begegnen wir einer etwas auffallenden Erscheinung: die Erzlager in dem südlichen und zentralen Teile von Nordlands Amt (Vefsen, Ranen, Salten) sind, soviel bisher bekannt, durchgängig nur — mit einer einzigen Ausnahme (Schürf bei Berg im Prurtal) — sehr arm an Mangan; unter den weiter nördlich liegenden Vorkommen haben einige ebenfalls einen ganz kleinen Mangangehalt, andere, vielleicht

sogar die meisten, dagegen eine nennenswerte Manganmenge, häufig 3—5 Proz. Mn, gelegentlich darüber, ausnahmsweise sogar 10—12 Proz.

So ergeben: 17 Durchschnittsproben des Erzes vom Dunderlandstal und Umgebung 0,14—1,00, meist 0,20—0,35 Proz. Mangan.

13 Durchschnittsproben von Fuglestrand, Tomö und Dönnessö Spur — 0,21, meist 0,1—0,15 Proz. Mangan.

4 Durchschnittsproben von Naverhaugen — 0,44 bis 1,00 Proz. Mangan.

Eine Reihe Durchschnittsproben von Ofoten, Ibbestad und Salangen dagegen: wenig; wenig; wenig; 0,94, 2,33, 3,08, 4,14, 4,38, 4,66, 4,97, 8,44, 10,01 und 11,38 Proz. Mangan.

Auf einer und derselben Lagerstätte dieser manganführenden Vorkommen, z. B. in Ofoten finden wir häufig einen Wechsel von Schichten mit sehr variierenden Mangangehalten: bald Eisenglimmerschiefer mit einem ganz niedrigen Mangangehalt, bald Magnetiteisen-glanzerz mit bis zu etwa 10 Proz. Mangan. — Das manganführende Erz ist, in ähnlicher Weise wie das gewöhnliche Eisenerz, in der Regel hauptsächlich mit Quarz vermischt; daneben begegnen wir aber auch häufig einer ganz beträchtlichen Beimischung, namentlich von Granat. — Die Manganmenge sitzt jedenfalls zum Teil in Manganmagnetit, von der Formel $(Fe, Mn)(Fe_3, Mn_2)O_4$. So ergeben zwei von meinem jetzigen Assistenten R. Stören ausgeführte Analysen⁵⁾ dieses Minerals von Osmark in Ofoten in Proz.:

	I	II
MnO	3,29	3,31
FeO	27,70	27,69
Fe ₂ O ₃	69,00	68,97
Summa	99,99	99,97

Andere Proben von Manganmagnetit mögen vielleicht eine noch höhere Manganmenge ergeben, oder es sind andere bisher nicht näher erforschte Manganmineralien vertreten.

Anfangs erwartete ich, daß diese manganführenden Lagerstätten sich durch einen verhältnismäßig niedrigen Phosphorgehalt kennzeichnen würden; dies ist aber nicht der Fall.

Die von mikroskopisch beigemengtem Apatit herrührende Phosphormenge wechselt freilich, doch innerhalb mäßig engen Grenzen, von Schicht zu Schicht, oder von Lagerstätte zu Lagerstätte; wenn wir aber eine hinreichend genügende Anzahl Durchschnittsproben in Betracht ziehen, ergibt sich beinahe bei den sämtlichen Lagerstätten ein

⁵⁾ Siehe eine zur Veröffentlichung in Nyt Magazin for Naturvidenskaberne (1902 oder 1903) abgelieferte Abhandlung.

auffallend konstanter Phosphorgehalt, nämlich durchschnittlich ziemlich genau 0,2 Proz. Phosphor (P).

So zeigen 97 (bis zum Jahre 1894 ausgeführte) Phosphorbestimmungen in Stufproben und kleineren Durchschnittsproben vom Dunderlandstal und Umgegend das folgende Resultat in Proz.:

12	Analysen	zwischen	0,053	und	0,099	Phosphor
13	-	-	0,100	-	0,149	-
21	-	-	0,150	-	0,199	-
25	-	-	0,200	-	0,249	-
11	-	-	0,250	-	0,299	-
9	-	-	0,300	-	0,349	-
5	-	-	0,350	-	0,399	-
1	-	-	0,45	-	-	-

Das Mittel sämtlicher Analysen ist 0,20 Proz. Phosphor. — Die vielen seit 1894 ausgeführten Bestimmungen haben dasselbe durchschnittliche Resultat ergeben; dabei hat man jetzt auch Erz mit ungefähr 0,5 Proz. P. nachgewiesen.

Naverhaugen: 46 Bestimmungen, schwankend zwischen 0,062 und 0,365 Proz. P., ergaben als Mittel 0,192 Proz. P.

Fuglestrand, Seljeli, Tomö, Dönnessö: 19 Bestimmungen, zwischen 0,073 und 0,350 Proz. P.; Durchschnitt 0,202 Proz. P.

Ofoten, Ibbestad und Salangen, hauptsächlich mit manganführendem Erz: 15 Bestimmungen zwischen 0,125 und 0,35 Proz. P.; Durchschnitt 0,232 Proz. P.; also wie oben.

Einen etwas höheren Phosphorgehalt finden wir in dem Magnetiterz von Dolstadaasen; 16 Bestimmungen schwanken zwischen 0,24 und 1,14 Proz. P.; Durchschnitt 0,45—0,50 Proz. P.

Nach der mikroskopischen Untersuchung sitzen die kleinen Apatitkristalle (mit einem Durchmesser parallel der Basis zwischen 0,02 und 0,4, meist zwischen 0,05 und 0,15 mm) in dem Dunderland-Eisenglanzerz vorzugsweise nicht in den feinen Erz-, sondern in den feinen Quarzstreifen. In technischer Beziehung ist dies von einer nicht unwesentlichen Bedeutung, da der Apatit bei der magnetischen Separation leicht zusammen mit dem Quarz entfernt wird.

Der Schwefelgehalt des Erzes ist sehr gering, so in dem Eisenglanzerz meist zwischen 0,010 und 0,025 Proz. S, in dem Magnetiterz durchschnittlich vielleicht ein bisschen höher. Titansäure fehlt ganz oder ist hier und da nur in winziger Menge nachgewiesen worden.

Zu näherer Kenntnis des Erzes geben wir einige vollständige Analysen, die meist von verhältnismäßig reichen Proben ausgeführt sind (siehe umstehend).

Die „schlackenbildenden Bestandteile“ — also das Erz nach Abzug der Eisenoxyde — enthalten meist 65—80 Proz. SiO₂, und zwar das arme Erz durchschnittlich etwa 80 Proz., das reichere Erz, das neben Quarz verhältnismäßig bedeutendere Mengen von Epidot,

Granat, Pyroxen u. s. w. führt, durchschnittlich etwa 65 Proz. — Unter den Basen (Al_2O_3 , Ca O, Mg O, Alkali) ist Ca O in der Regel am reichlichsten vertreten; unter 34 vollständigen Erzanalysen zeigen so 28 Analysen mehr Ca O als irgend eine der anderen Basen und 21 Analysen sogar mehr Ca O als Al_2O_3 und Mg O (mit Alkali) zusammen. Die Alkalimenge ist verschwindend (0 bis etwa 0,1 Proz.).

Dunderlandstal (mit Umgebung).

	Überwiegend Eisenglanz, wenig Magnetit				Über- wiegend Magnetit
Fe_2O_3 . . .	68,30	70,91	74,86	84,14	55,68
FeO . . .	3,08	1,35	2,57	1,54	21,63
SiO_2 . . .	22,80	20,35	15,20	10,85	13,55
Al_2O_3 . . .	1,07	1,79	0,96	0,34	1,22
Mn O . . .	0,38	0,27	0,27	0,23	0,46
Ca O . . .	2,50	3,80	4,20	2,25	3,90
Mg O . . .	0,83	0,75	0,84	0,14	2,25
P_2O_5 . . .	0,520	0,565	0,568	0,197	0,716
S . . .	0,018	0,025	0,010	0,010	0,023
Summa	99,50	99,81	99,48	99,70	99,73
Fe . . .	50,20	50,68	54,40	60,10	55,89
P . . .	0,227	0,248	0,248	0,086	0,314
S	0,018	0,025	0,010	0,010	0,023
	Näver- haugen	Tomö		Dönn- nesö	Ibbe- stad
Fe_2O_3 . . .	59,60	59,47	68,44	58,43	58,10
FeO . . .	1,58	1,81	1,61	25,59	4,38
SiO_2 . . .	30,40	28,62	22,23	7,80	21,50
Al_2O_3 . . .	2,56	3,48	2,36	1,74	3,79
Mn O . . .	0,95	0,16	0,18	0,28	3,97
Ca O . . .	2,91	3,17	2,59	3,20	4,00
Mg O . . .	1,58	0,80	0,78	1,04	2,29
P_2O_5 . . .	0,58	0,476	0,636	0,465	0,59
S . . .	Spur	Spur	Spur	0,146	0,02
TiO_2 . . .		Null	Spur	Spur	
Cu . . .		2,09	1,33	0,30	1,08
Summa	100,77	100,06	100,15	99,00	99,72
Fe . . .	42,95	43,03	49,17	60,80	44,08
P . . .	0,25	0,208	0,278	0,204	0,26
S	Spur	Spur	Spur	0,146	0,02

In meiner in norwegischer Sprache veröffentlichten Abhandlung sind noch eine Reihe anderer vollständiger Analysen mitgeteilt.

[Schluss folgt.]