



# NORGES GEOLOGISKE UNDERSÖGELSE

Om dannelse  
af  
jernmalmsforekomster.

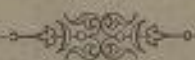
- I. Forekomster af titanrig jernmalm eller titanjernsten, dannede ved magmatisk koncentration i middels og stærkt basiske eruptiver.  
II. Jernmalmsforekomster dannede ved pneumatolytiske processer.

Med 2 plancher.

Af

J. H. L. Vogt.

(Mit einem Resumé in deutscher Sprache.)



Kristiania.

I kommission hos H. Aschehoug & Co.

1892.

Pris 1 Krone.

64/252

55(481)

# Norges geologiske undersøgelse.

Om dannelsen

af

de vigtigste i Norge og Sverige  
representerede grupper

af

## jernmalmsforekomster.

- I. Forekomster af titanrig jernmalm eller titanjernsten, dannede ved magmatisk koncentration i middels og stærkt basiske eruptiver.  
II. Jernmalmsforekomster dannede ved pneumatolytiske processer.  
2 plancher.

Af

J. H. L. Vogt.

(Mit einem deutschen Resumé.)



Kristiania.

I kommission hos H. Aschehoug & Co.

1892.

~~NORGES STATSBAKER~~  
~~HOVEDSTYRET~~

## Indhold.

	Side
Indhold . . . . .	III
Forord . . . . .	V
Oversigt over de vigtigste norske ertsforekomstgrupper . . . . .	1

### I

*Forekomster af titanrig jernmalm eller titanjernsten, dannede ved magmatisk koncentration i middels og stærkt basiske eruptiver; ex. labradorsten (norit), gabbro, olivinhyperit, olivindiabas o. s. v.*  
7—61, 130—136

Bergartgange med basiske grænsezoner: Kristianiafeltets glimmersyenitporfyrgange . . . . .	7
Titanjern-forekomsterne i noritfeltet ved Ekersund—Soggedal i Norge; labradorsten, norit, enstatit-granit; yngre gange; titanjern-forekomster, ilmenit-norit . . . . .	14
Taberg-typen i Sverige; Iron-mine hill, Rhode Island . . . . .	30
Oversigt over „basiske malmudsondringer“; lovene for diffusion, „Spaltung“, af eruptiv-magmaer; tilbageblik . . . . .	37

### II

*Jernmalnforekomster dannede ved pneumatolytiske processer . . . . .* 62—129

Oversigt over pneumatolytisk mineraldannelse, moderne vulkan-emanationer og til eruptiver „bundne“ ertsforekomster . . . . .	62
Ertsforekomster førende jernglans, magnetit, lokalt også overveiende meget kobber, bly- eller zink-erts, langs grænserne af Kristiania-territoriets postsiluriske granitfelter; Skreia, Feiring, Mistberget, SV for Hurdalsjøen, Hadeland, Alunsjø—Grorud, Gjellebæk, Horten, Drammen, Gjerpandalen; Gjelsen . . . . .	66
Ertsforekomster langs diabasgange, typus Konerud; Jarlsberg bly-sølv-verk S for Drammen . . . . .	96
Oversigt over de vigtigste til granit ved pneumatolytiske processer bundne mineraldannelser; tinsten-gange, tinsten-kobberkis-gange, kobberkis-gange; „tinsten-gange uden tinsten“; jernmalnforekomster . . . . .	98

## IV

	Side.
Jernmalmsforekomster ved pneumatolytiske processer bundne til gabbro (olivinhyperit); Langoens jernglans-albit-gange, sandsynligvis tilhørende „apatitgang-gruppen“; skapolitisation . . . . .	114
Øvrige pneumatolytiske jernmalmsforekomster; tillæg . . . . .	127
Tillæg til afsnittet „Forekomster af titanrig jernmalm, i basiske eruptiver“ . . . . .	130—136
Ilmenit-enstatit i olivinhyperit paa Langoen og Gomoen, ved Kragere . . . . .	130
Ilmenit-gabbro i gabbro, ved Bogstø, Skonevig . . . . .	133
„The gabbro titanite iron group“, Mesabi, Minnesota . . . . .	133
Perowskitførende magmatit-pyroxenit, Brasilien . . . . .	135
Resumé (in deutscher Sprache) . . . . .	137

---

## Forord.

---

Som fortsættelse af dette arbeide påtænkes en fremstilling af de forskjellige jernmalforekomster i omegnen af Arendal, Tvedestrand og Kragerø (se denne afhandling s. 114—127 og s. 130—133).

Vedrørende de nordlandske jernmalforekomster, i Dunderlandsdalen (Ranen) og Næverhaugen (Salten), henvises til mit af „Den geologiske undersøgelse“ udgivne arbeide „Salten og Ranen, med særligt hensyn til de vigtigste jernmalm- og svovlkis-kobberkis-forekomster samt marmorlag“.

Det her foreliggende arbeide er særtryk af en i „Geologiska föreningens förhandlingar“ (Stockholm) indtagen afhandlingsrække, trykt i tidsskriftets mai- og december-hefte for 1891 og i marts-heftet for 1892.

Kristiania, april 1892.

J. H. L. Vogt.

## Om dannelsen af de vigtigste i Norge og Sverige repræsenterede grupper af jernmalmforekomster.

Af

J. H. L. VOGT.

De talrige norske og svenske forekomster af ertser og andre nyttige mineraler kan, idet vi her som ved de øvrige brancher inden de deskriptive naturvidenskabers område lægges det *genetiske* princip til basis for klassifikationen, deles i et forholdsvis lidet antal såvel mineralogisk som geologisk temmelig skarpt begrænsede og vel definerede grupper; de forskellige til hver enkelt gruppe henhørende forekomster er dannede ved i det hele og store samme processer, selvfølgelig dog med lokale, i principiel genetisk henseende underordnede modifikationer.

Til indledning skal vi levere en kort, schematisk oversigt over de vigtigste hidtil i Norge påviste forekomstgrupper:

Det *Kongsberg'ske* gangfelt; tilsvarende kalkspathgange med gediegent sølv på Hisø ved Arendal; — kvartsgange førende blyglans, fahlerts m.m. i Svenningdalen og Hatfjelddalen med øvrige lokaliteter i Nordlands amt; lignende forekomster også på Hitteren.

*Guldførende kvartsgange* m.m. på Bömmelöen med omgivelser samt i Eidsvold (desuden i Svartdal, Thelemarken).

Forekomstgrupper genetisk bundne til *granit*, — ertsen tilført ved pneumatolytiske processer under og efter graniteruptionerne; eksempel:

a) Den Thelemark-Sætersdal'ske ertsformation, förende kobberkis, brogetkobber, kobberglans, underordnet blyglans, zinkblende, jernglans, arsenikkis, vismuthglans, tellurvismuth, gediegent guld, sølv, kobber osv. Vedrørende relationen mellem disse forekomster og granit (med kvartsdiorit) henvises til ældre undersøgelser af TH. SCHEERER (1844—45 og 1863) og T. DAHLL (1860) samt til mine egne tidligere studier<sup>1)</sup> (1884 og 1887); geologisk ekvivalerer forekomsterne de bekjendte rundt om i verden til granit knyttede tinstengange (langs de i granit opsættende rene tinstengange og tinsten-kobberkis-gange, ex. Cornwall, såvel som langs de rene kobberkis-gange i Thelemarken er graniten overalt på samme vis omvandlet til greisen).

b) Diverse ertsforekomster, hovedsagelse förende magnetit og jernglans, lokalt overveiende meget kobber-, bly- eller zink-

<sup>1)</sup> Da jeg i det følgende gjentagende kommer til at henholde mig til mine egne undersøgelser over ertsforekomsters geologi, skal vi her af praktiske hensyn sammenstille alle mine tidligere publikationer på dette område:

Norske ertsforekomster, 1ste række (1884), indeholdende:

I. Jernertsler m.m. ved yngre granit og syenit.

II. Ertsforekomster ved grönstengange.

III. Den Thelemark-Sæterdal'ske ertsformation.

IV. De sølvertsførende gange ved Svenningdalen, Vefsen.

Norske ertsforekomster, 2den række (1887), indeholdende:

V. Titanjern-forekomsterne i noritfeltet ved Ekersund-Soggedal.

VI. Varaldsøens kislelt.

Tillæg till III. Den Thelemark-Sæterdal'ske ertsformation.

Norske ertsforekomster, 3die række (1889), indeholdende:

VII. Foldalens kislelt.

Disse tre arbejder er separataftryk af »Archiv for mathematisk og naturvidenskab», B. 9, 10; B. 12; B. 13.

I »Geologiska Föreningens Förhandlingar»: Et par bemærkninger om de norske apatitforekomster. B. 6 (1883). — Hisø sølvgrube pr. Arendal, Norge. B. 8 (1886).

I »Sveriges geologiska undersökning»: Om malmforekomster i Jemtland och Herjedalen. Ser. C, no. 89 (1887).

I »Norges geologiske undersøgelse»: Salten og Ranen, med særligt hensyn til de vigtigste jernmalm- og svovlkis-kobberkis-forekomster samt marmorlag (1891).

Desuden: Norges nyttige mineraler og bergarter (1882).

Udgivet sammen med W. C. BRÖGGER: Berättelse om undersökningar öfver malmforekomsten vid Klefva grafva (1887).



erts, langs Kristiania-territoriets postsiluriske granitfelt (omtales senere udførlig i denne afhandling).

Forekomstgrupper genetisk bundne til *gabbro* med *norit*, tildels også med *diabas* og *diorit*:

A. Titanrig jernmalm og ren titanjernsten, dannet ved magnetisk koncentration, uden stofftilførsel ved pneumatolytiske processer, i middels eller stærkt basiske eruptiver; typus Eker-sund-Soggendal i Norge og Taberg i Småland (omtales senere udførlig i denne afhandling).

B. Forekomster af nikkelholdig magnetkis m.m., fortrinsvis optrædende som kontaktdannelse ved (intrusiv) *gabbro*, særlig *norit*; ertsen muligens tilført(?) ved pneumatolytisk proces under og umiddelbart efter *gabbro*eruptionerne. Ex. Ertelien på Ringes-rike; Rømsås i Askim; Grågalten i Sigdal; Meinkjær og Nysten i Bamle; Flåd i Evje; Espedalsgruberne i Gausdal; Dyrhaug i Værdalen; Senjen i Tromsø amt, samtlige i Norge; videre Klefva i Småland; Kuso i Dalarne; Ruda i Østergötland. Se beskrivelse af J. DAHLL, T. DAHLL, TH. KJERULF, T. LASSEN, L. MEINICH, A. HELLAND, J. H. L. VOGT, HJ. SJÖGREN, VOGT & BRÖGGER med mange flere. Nöiagtig samme forekomsttype er også kjendt fra adskillige steder udenfor den skandinaviske halvö, ex. Varallo i Sesia-dalen ved Mont Rosa; Frankenstein i Schlesien; særlig kan også fremhæves de talrige og meget betydelige forekomster i Sudbury, Ontario i Canada, hvilke, at dömmе efter de foreliggende beskrivelser, nöiagtig ekvivalerer de oven nævnte norske og svenske nikkelgruber. Også typiske gange af diverse nikkelertser antræffes nogenlunde hyppig i forskellige basiske eruptiver, ex. Dillenburg i Nassau, Bellenhausen i Hessen, Dobschau i Ungarn; disse forekomster synes at danne det geologiske bindeled mellem typus Ertelien-Klefva-Varallo og typus Alten-Nischnetagilsk (se under D).

C. Apatitgange, jævnlig med rutil, titanjern, magnetkis, i og ved *gabbro*, særlig olivingabbro (BRÖGGERs olivinhyperit), der som bekjendt langs gangene er omvandlet til skapolith-hornblendefels; apatiten undertiden som typisk grænsefacies-dannelse; erts-

bestanddelene tilført ved eftervirkning efter gabbroeruptionen. Talrige forekomster på kyststrækningen Bamle-Kragerø-Risør-Grimstad, enkelte også i Nissedal i Thelemarken, i Snarum i Modum, såvidt vides også i de indre dele af Söndmøre-Nordfjord; aldeles lignende forekomster som bekjendt også fundne i Gellivara-Dundret med omgivelser i svensk Norrland. Se undersøgelser af J. DAHLL, T. DAHLL, TH. KJERULF, W. C. BRÖGGER & H. H. REUSCH, MICHEL-LÉVY, HJ. SJÖGREN, J. H. L. VOGT, A. LACROIX, J. W. JUDD, G. LÖFSTRAND, HJ. LUNDBOHM m. fl. I Norge kan flersteds påvises geologiske mellemled mellem apatitgangene på den ene side og de under C opførte nikkelholdige magnetkis-forekomster på den anden. Udenfor den skandinaviske halvö gjænfundes apatitgange ekvivalerende de norske flersteds i Canada (Ottawa og Ontario); det tör neppe opfattes som nogen tilfældighed, at grundfjeldet i Ontario også udmærker sig ved talrige forekomster af nikkelholdig magnetkis, svarende til de norske.

D. Kvarts- eller kalkspath-gange förende diverse kobberertser, opsættende i gabbro, diorit osv.; ex. Alten i Finmarken, Årdal i Sogn. Denne mangesteds i udlandet hyppig repræsenterede forekomstgruppe antræffes forholdsvis sjelden i Norge og er derfor her i theoretisk henseende lidet undersøgt.

E. I regionalmetamorfoserede cambriske og siluriske skifere hjemmehørende kiskeforekomster, i regelen optrædende i umiddelbar nærhed af en bestemt slags »saussuritgabbro», som et dynamometamorft produkt af en (antagelig effusiv) basisk eruptiv, som i strukturel henseende synes at have ligget på grænsen mellem gabbro og diabas; ex. Vignæs-Varaldsöen i Karmö-Hardanger-distriktet, Grimelien på Söndmøre, Os-Röros-Sjöla-Ytteröen i det Trondhjem'ske, Sulitjelma i Nordland. Disse forekomster fremstilledes af geologer og norske bergmænd i den første del af dette aarh. som lagdannelser, hvilken forklaring senere med styrke er bleven hævdet af A. HELLAND (1871 og 1873); på den anden side har andre forskere, navnlig TH. KJERULF (1871, 76, 77, 79, 83, 85), hovedsagelig fæstet sig ved den intime tilknytning mel-

lem kiskeforekomsterne og forskellige eruptiver, særlig saussuritgabbro, der opfattedes som en intrusiv eruptiv; i overensstemmelse hermed blev udledet den slutning, at kisen måtte være et yngre, gangformigt produkt. I henhold til egne undersøgelser, se særlig »Salten og Ranen», anser jeg det for utvivlsomt, at kisen endelig er bleven afsat ved en sedimentationsproces; den påfaldende, næsten konstante tilknytning til saussuritgabbroen, der ved vore forekomster altid optræder følgende lagfladerne, løses derved, at den nævnte bergart er en submarin effusiv eruptiv, og at ertsens bestanddele (Fe, Cu, Zn osv.) fremkom ved emanationer under, lidt før eller lidt efter eruptionerne og senere udfældtes, f. ex. ved svovlvandstof-exhalationer. Kisleierne kommer på denne måde til at stå i et indirekte afhængighedsforhold til saussuritgabbroen. — Vedrørende den genetiske relation mellem de i skifer hjemmehørende kiskeforekomster og de i og ved norit optrædende forekomster af nikkelholdig magnetkis (gruppe B) henvises til mit oven citerede arbejde »Salten og Ranen».

Forekomstgruppe genetisk bundet til Kristiania-territoriets diabasgange: førende blyglans, zinkblende osv., typus Konerudkollen ved Drammen (omtales senere i denne afhandling).

Forekomster af kromjernsten i serpentin, ertsen dannet ved en sekundærproces; talrige anvisninger i Rörös-Tönset-Foldal-Lesje-bæltet samt på adskillige steder i Nordlands amt. Selve serpentinen altid eller i regelen med en liden NiO-gehalt, derfor hist og her vandholdigt nikkel-magnesia-silikat (nikkelgymnit, analyseret af CHR. A. MÜNSTER) på spalter. Geologisk analoge forekomster, såvel af kromjernsten som af nikkel-magnesiasilikat (garnierit, nikkelgymnit, pimelit) i serpentin, antræffes på talrige steder rundt om i verden, ex. Ny-Caledonien, Ural, Schlesien, Texas, Oregon osv.

Foruden disse forekomstgrupper, som alle — muligens dog med undtagelse af sidstnævnte gruppe<sup>1)</sup> — dels direkte og dels indirekte (således som tilfældet er med de i regionalmetamor-

<sup>1)</sup> Oprindelsen af den eller de bergarter, hvoraf serpentinen er fremgæet, er ikke endelig fastslået.

foserede postazoiske skifere hjemmehørende kisleier) må sættes i forbindelse med eruptionsprocesser, forefinder vi også en række forekomstgrupper, der må opfattes som lagdannelser, uden påviselig kausal genetisk relation til eruptiver. Den vigtigste af disse grupper er de talrige i den cambriske og i den øvre del af den archæiske formation optrædende jernmalmforekomster, typus Arendal-Kragerö-Næverhaugen-Dunderlandsdal i Norge og Danne-mora-Persberg-Norberg-Grängesberg i Sverige (se »Salten og Rannen»; omtales senere udførlig i dette arbejde). — Videre kan medtages de såkaldte »falbånd», med tilhørende kompakte erts-partier; førende a) oftest overveiende meget magnetkis, svovlkis, kobberkis osv., ex. Kongsberg, Böilestad-Skyttemyr ved Arendal, Bodalen på Averöen ved Kristianssund, Eker kobberverks gruber ved Hougsund; b) undertiden overveiende meget kobolterts, nemlig koboltglans, koboltarsenikkis, tesseralkis osv., i Modum-Snarum; c) atter andetsteds overveiende meget blyglans med zinkblende, magnetkis, arsenikkis osv.; ex. Espeland ved Tvedestrand.

(Efter de foreliggende beskrivelser at dømme synes også Ammebergs-forekomsterne, som jeg ikke kjender ved personligt besøg på stedet, at måtte henregnes til samme kategori.)

Tilslut må vi også fæste opmærksomheden ved nogle forekomstgrupper, hvis geologiske optræden endnu er så lidet udredet, at vi på det nuværende stadium ikke tør udtale os om ertsens genesis:

Zinkblende-forekomsterne i Saude i Ryfylke;

titanrig jernmalm, følgende bestemte »skikt» i det »dybe» grundfjeld; ex. Tafjord og Ørskoug på Söndmöre, i »Rimdals-gneis»; ertsen efter al sandsynlighed dannet på samme vis som den omgivende gneis;

manganrig jernmalm i Lexviken nord for Trondhjem.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> For Sveriges vedkommende kan bl. a. bemærkes, at dannelsen af forekomsterne Gellivara, Kirunavara osv. i svensk Norrland endnu ikke tør fastslås med fuld sikkerhed.

Efter dette orienterende overblik skal vi gennemgå de forskellige genetiske grupper, hvortil de vigtigste hidtil i Norge og Sverige undersøgte jernmalmsforekomster samler sig; særlig skal omhandles forekomster:

I, dannede ved magmatisk koncentration i middels og stærkt basiske eruptiver;

II, dannede ved pneumatolytiske processer;

III, dannede ved sedimentation, i cambriske og i den øvre del af de archæiske skifere.

Tilslut skal også berøres nogle jernmalmtyper:

IV, dannede ved metasomatiske processer;

V, ved spalteafsætning af jernoxydulkarbonat osv., — hvilke hidtil ikke eller i alle fald kun rent underordnet er påviste i Norge eller Sverige.

### I.

**Forekomster af titanrig jernmalm eller titanjernsten, dannede ved magmatisk koncentration i middels og stærkt basiske eruptiver; ex. labradorsten (norit), gabbro, olivinhyperit, olivindiabas osv.**

(*Typus Ekersund-Soggendal i Norge; Taberg i Småland; Ironmine-hill i Rhode Island, De forenede stater*).

Individualisationsprocesserne i eruptive magmaer indledes som bekendt ved udsondring af »ertser» og de såkaldte »accessoriske mineraler», — magnetit (titanomagnetit), titanjern, jernglans, svovlkis, magnetkis, apatit, zirkon, spinel, titanit, perowskit osv.; — på næste krystallisationsstrin følger i sin almindelighed, alt efter magmaens kemiske sammensætning og de forhåndenværende fysiske betingelser, de forskellige magnesia- og jern-rige silikater, — olivin, glimmer, pyroxener og amfiboler; — derefter kommer de forskelligartede »feldspath-mineraler» samt kvarts, i de porfyriske led med reccurrens af de først udskilte mineraler. De forekomster, vi i dette afsnit skal beskæftige os med, må fortolkes derved, at *første*, noget underordnet også *andet* kry-

stallisationstrins forbindelser, er blevne koncentrerede, ved endnu lidet kjendte diffusionsprocesser, i den endnu smeltende magma; med andre ord, vore forekomster blir at stille i klasse med de så bekjendte »basiske udsondringer», som man møder i de fleste eller vel i alle eruptiv-bergarter, kun er koncentrationen ved vore malm-udsondringer mere fremskreden end i de fleste øvrige fald.

For nærmere at illustrere den oven skitserede dannelsesproces skal vi her i største korthed minde om, at der af et og samme magmabassin, således som i den senere tid nærmere fremholdt af flere forskere, A. GEIKIE, J. W. JUDD, H. ROSEBUSCH, J. ROTH, J. J. H. TEALL og særlig W. C. BRÖGGER,<sup>1)</sup> kan udsondre sig en række kemisk differente lokal-magmaer, som ved påfølgende eruption giver anledning til dannelse af en flæthed ofte stærkt forskjelligartede, men dog genetisk med hinanden forbundne eruptiv-bergarter. — Og hvad særlig angår koncentration af de først udskilte mineraler, — magnetit, svovlkis, apatit, underordnet også det påfølgende magnesia-jern-silikat, — har vi et udmærket smukt og lærerigt eksempel i de af W. C. BRÖGGER<sup>2)</sup> foreløbig beskrevne »basiske grænsezoner» ved Kristiania-feltets glimmersyenitporfyr-gange: i midten af gangene den normale bergart, mod siderne derimod en stærk ansamling særlig af magnetit, desuden også af svovlkis, apatit, glimmer, tildels også plagioklas.<sup>3)</sup> For at anskueliggjøre dette interessante forhold, som gjentager sig med stor regelmæssighed ved de mange, oftest temmelig mægtige glimmersyenitporfyr-gange i omegnen af Kristiania (ved Huk og söbadet på Bygdö, Killingen, Vækkerö, Næsodden osv.), kan henvises til hosstående tegninger,<sup>4)</sup> fig. 1 og 2, af den bekjendte, omkring 10 m mægtige gang ved Huk.

<sup>1)</sup> Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge (1890), første del, s. 80—90.

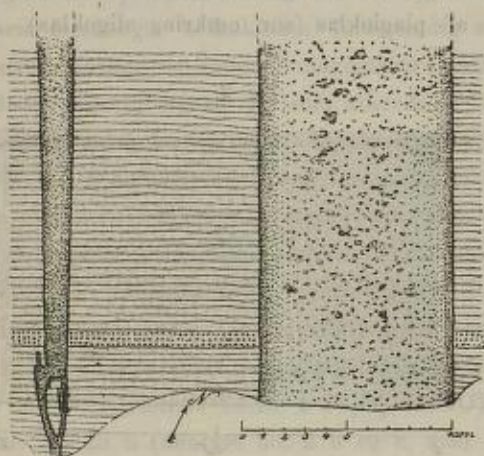
<sup>2)</sup> »Die silurischen Etagen 2 und 3» (1882), s. 285—288, samt foreløbig beskrivelse i »Mineralien der Syenitpegmatitgänge», s. 63—64. — Vedrørende den detaljerede petrografiske beskrivelse henvises til disse arbejder og til den af BRÖGGER annoncerede monografi over Kristiania-feltets eruptiver.

<sup>3)</sup> Analoge basiske grænsezoner er også kjendt ved andre eruptiv-gange.

<sup>4)</sup> For ikke at overlesse tegningen er på fig. 1 en yngre gennemskjærende diabasgang udeladt.

Den normale glimmersyenitporfyr (BRÖGGERS glimmer-kvarts-orthofyr) i midten af gangene består efter makroskopisk bestemmelse af en del porfyrisk udskilte glimmerblade samt talrige feldspathkrystaller (hovedsagelig orthoklas, indtil 1.5—2 *cm* lange), liggende i en svag lyserød, stærkt finkornig eller næsten tæt grundmasse. Omkring en eller et par *m* fra grænsen begynder grundmassen, på grund af noget voxende magnetitrigdom, at antage en grålig nuance, forøvrigt er endnu ikke nogen forandring at

Fig. 1.

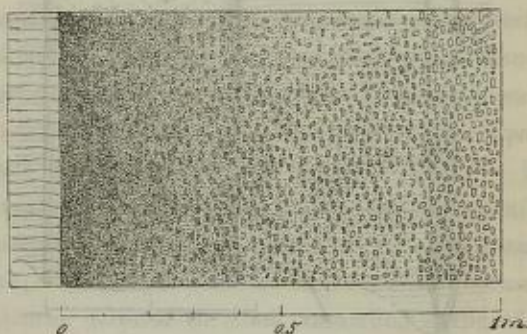


Kartsnit over glimmersyenitporfyr-gang og apofyse fra samme, med tilhørende basiske grænsezoner; gjennemsættende siluriske skifere, ved Huk på Bygdö.

observere. Nærmere henimod grænsen aftager de porfyriske krystaller lidt efter lidt i størrelse, — de porfyriske feldspathkrystaller skifter samtidig også karakter, idet de på slutten udelukkende består af plagioklas, imod tidligere orthoklas, — grundmassen blir stadig mere og mere tæt, samtidig blir den hele bergart også gradvis mørkere og mørkere, og der resulterer i den nærmeste, omkring 0.2 *m* brede zone langs grænsen en tæt bergart, med sparsomme porfyriske glimmer- og plagioklas-krystaller, og så mørk — o: jernrig — som en basalt eller en stærkt jernrig diabas. For blotte øie kan desuden observeres, af svovlkis-mængden stadig voxer, jo nærmere man kommer grænsen.

Ved mikroskopisk undersøgelse afgjøres, at den normale bergart, fra gangenes midtre dele, består af (opregnet i krystallisationsfølgen): lidt svovlkis, talrige små apatitkrystaller, samt lidt magnetit, dog kun 1—2 %, i nogenlunde store, tildels skeletformig opbyggede krystaller; derefter følger de porfyriske adskilte magnesiaglimmerblade, der oftest er stærkt omsatte, samt de store porfyriske feldspathkrystaller, udgjørende  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$  af den hele masse og ligeledes stærkt dekomponerede, så de ikke tillader nogen indgående undersøgelse; dog kan bestemmes, at de oftest og for den væsentligste del består af orthoklas og kun underordnet af plagioklas (sur, omkring oligoklas). Grundmas-

Fig. 2.



Detailtegning illustrerende overgang fra glimmersyenitporfyri i gangmidte til basisk jernrig zone (kersantit) ved grænsen. Huk på Bygdö.

sen er for den væsentligste del sammensat af små listeformige feldspathkrystaller, såvel orthoklas som plagioklas; desuden noget tilslut udskilt kvarts. Af sekundærdannede mineraler iagttages en hel del kalkspath, clorit og kvarts samt noget titanit(?), sidstnævnte dannet på bekostning af glimmeren. — Efter skjön, baseret såvel på makro- og mikroskopisk undersøgelse som på de foreliggende kvantitative analyser, kan den normale, ikke dekomponerede glimmersyenit anslæes at bestå af: 0.5 % svovlkis, 0.5 % apatit, 1—2 % magnetit, 5—10 % glimmer, omkring 60 % feldspath, hvoraf lidt mindre orthoklas end plagioklas (den sidste efter mikroskopisk bestemmelse omkring oligoklas, hvormed



stemmer, at de to analyser, no 1 og no 2 a, udviser omtrent dobbelt så meget  $\text{Na}_2\text{O}$  som  $\text{CaO}$ ); endelig omkring 10 % kvarts. — Særlig kan pointeres, at bergarten kun holder 1—2 % eller i høiden 2—3 % magnetit samt ikke over 8—10 % glimmer (analyserne udvisende 1.10 og 2.75 %  $\text{MgO}$ ), dog i hvert fald adskillig mere glimmer end magnetit, — desuden, at den porfyrisk udskilte glimmer er individualiseret på tidligere trin end feldspathen.

På det første transformationsstadium henimod grænsen møder vi noget rigeligere magnetit og glimmer end tidligere, desuden tiltager plagioklasen på orthoklasens bekostning; endnu nærmere mod grænsen fortrænges orthoklasen fuldstændig af plagioklas, samtidig voxen biotiten og endmere magnetiten i påfaldende grad, og den endelige grænsebergart, der som allerede af BRÖGGER angivet må opføres som en kersantit, består i korthed af: rigelig svovlkis, en hel del apatit og betydelige mængder af magnetit, sidstnævnte gjerne i »strikkede» krystaller; porfyrisk udskilt biotit og plagioklas, endelig grundmasse sammensæt af magnetit, biotit og plagioklas; i præparater fra de nærmeste 0.05—0.25 m langs grænsen kan orthoklas og primær kvarts ikke påvises. — Efter skjön kan den samlede magnetitgehalt anslæes til 10—12 % (analyse no. 2 c udvisende 11.26 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ ) og glimmermængden til 20—25 % (analyse no. 2 b og c, med 4.24 og 4.99 %  $\text{MgO}$ ); rest, når de accessoriske og de sekundærdannede mineraler fraregnes, en stærkt basisk plagioklas, labrador eller bytownit (i grænsebergarten omkring dobbelt så meget  $\text{CaO}$  som  $\text{Na}_2\text{O}$ , i midtbergarten derimod omvendt).

Ved to af mig foretagne  $\text{P}_2\text{O}_5$ -analyser af prøver fra midten og grænsezonen (kun 0.05 m fra grænsen) af gangen ved Huk, Bygdö, er fundet:

	$\text{P}_2\text{O}_5$ %	Apatit. %
Den normale glimmersyenitporfyrr.....	0.209	0.51
Grænsebergarten .....	0.590	1.44

Altså i korthed:

	Bergart i midten (glimmersyenitporfyr). %	Grønsberg-art (kersanit). %	Ved grønsen mineralerne voxet i proportion.
Svovlkis .....	ca. 0.5	2—3	ca. 3 à 4 dobbelte
Apatit .....	0.51	1.44	2.8 à 3 dobbelte
Magnetit .....	1—2	10—12	ca. 6 à 10 dobbelte
Glimmer .....	5—10	20—25	ca. 2 à 4 dobbelte
Plagioklas .....	{ Oligoklas ca. 40 }	{ Labrador ell. bytownit ca. 60—70 }	
Orthoklas .....	ca. 30	} Intet	
Kvarts .....	ca. 10		

At denne oversigt giver et selv i detaljen træffende billede af den stedfundne magmatiske diffusionsproces, bestyrkes ved de foretagne analyser.

	Glimmersyenitporfyr fra Huk, Bygdø. Gangens midte.	Beregnet sammensætning af ikke dekomponeret bergart						
		Glimmersyenitporfyr fra Vekkerø. Gangens midte.				Gangens grønsen.		
		No 2, a.	No 2, b.	No 2, c.	No 3.	No 3, α.	No 3, β.	
SiO <sub>2</sub> .....	61.71	58.80	47.06	43.33	62	63	47	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	15.86	16.84	18.52	17.88	17.5	17	20	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	} 5.08	} 2.04	5.91	6.80	} 3	} 2.5	7.5	
FeO .....			3.11	4.46			5	
MgO .....	1.10	2.75	4.24	4.99	3	2.75	5.5	
CaO .....	2.40	2.80	8.42	7.97	3.5	3	7.5	
Na <sub>2</sub> O .....	4.66	5.41	3.53	3.53	5	5.5	4	
K <sub>2</sub> O .....	3.71	4.14	1.83	1.02	4	4.5	1	
FeS <sub>2</sub> <sup>1)</sup> .....	—	3.13	1.95	3.00	1	1	3	
H <sub>2</sub> O .....	} 2.63	2.79	2.70	3.36	} Intet	} Intet	} Intet	
CO <sub>2</sub> .....		1.65	2.92	4.55				
Summa	97.15	100.35	100.23	100.69				
(CaCO <sub>3</sub> .....		3.75	6.63	10.34)				

<sup>1)</sup> Svovliskrystallerne er temmelig uregelmæssig fordelte i bergarten, — enkelte håndstykker holder næsten intet, andre lige ved siden derimod meget;

No 1. Analyseret af prof. TH. KJERULF (»Christiania Silurbecken», analyse no 13; jernet opført som  $\text{FeO}$ ; i virkeligheden optræder en del som  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , noget må også bortregnes som  $\text{FeS}_2$ ). — No 2, a-c, analyseret af G. FORSBERG (se BRÖGGERS »Mineralien der Syenitpegmatitgänge»).

I henhold til disse analyser er skitseret sammensætningen af de ikke forvitrede bergarter (no 3,  $\alpha$  og  $\beta$ ), og af disse igjen, under hensyntagen til den kvantitative proportion mellem midt- og grænsebergart, er beregnet sammensætningen af den oprindelige totale magma; selvfølgelig blir disse beregninger af temmelig skjønsmæssig natur.

Ved sammenligning fremgår, at grænsebergarten er meget mere basisk end midtbergarten, — betydelig rigere på  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$  (magnetit), — adskillig rigere på  $\text{MgO}$  (grundet mere glimmer), — noget rigere på  $\text{Al}_2\text{O}_3$  og  $\text{CaO}$  (da mere plagioklas og denne mere basisk), — lidt fattigere på  $\text{Na}_2\text{O}$  (vistnok mere plagioklas, men denne mere basisk); — endelig er  $\text{K}_2\text{O}$ -mængden aftaget meget stærkt (da grænsebergarten ikke holder orthoklas;  $\text{K}_2\text{O}$  skyldes kun biotiten).

Tilvenstre på fig. 1 ser vi en mindre glimmersyenitporfyrgang, som omkring 50 m underfor kartskitsens område forener sig med hovedgangen; jo længere bort fra foreningspunktet, des mørkere,  $\alpha$ : des magnetit- og glimmerrigere, blir bergarten; nær apofysens spids, hvor gangens tykkelse er svundet ind til 0.3—0.5 m, er salbåndet ganske basalt sort og holder her vistnok ikke under 15 %  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . — Årsagen hertil må søges i, at apofysen for det første er bleven fyldt med material fra den allerede på forhånd basiske og jernrige grænsezone i hovedgangen, og at ved fortsat diffusion stadig mere og mere magnetit- og glimmer-substans er rykket hen mod de stærkest afkjølede partier.

Detallerne ved selve diffusionsprocessen og årsagen til samme skal omhandles længere ude i denne afhandling.

de her opførte tre S- eller  $\text{FeS}_2$ -bestemmelser giver derfor ikke noget korrekt billede af kisen fordeling i gangens midt og i grænsezononen.

Efter disse orienterende bemærkninger om magmatisk differentiation, særlig med hensyn til koncentration af magnetit, skal vi gå over til at omhandle de på analog vis dannede jernmalmforekomster; vi begynder med

*Titanjernforekomsterne i noritfeltet ved Ekersund-Soggedal i Norge.*

(Hertil planche 1).

Disse har jeg tidligere gjort til gjenstand for en nogenlunde udførlig fremstilling (Norske ertsforekomster, No V, 1887), — endvidere kan henvises til ældre beskrivelser af T. DAHLL<sup>1)</sup> (1863), H. H. REUSCH (1878) og TH. KJERULF (1879) samt vedrørende bergarternes petrografi og de forskellige ganggjennemskjæringer til afhandlinger af TH. KJERULF og H. ROSEBUSCH, (Nyt magasin for naturv. B. 27, 1883); — vi kan derfor her indskrænke os til et resumé, for den væsentligste del baseret på mit eget tidligere arbejde og samtidig kompletteret ved fortsatte undersøgelser.

I det ca. 1200 *km*<sup>2</sup> store Ekersund'ske eruptivfelt møder vi en række indbyrdes temmelig stærkt divergerende eugranitisk-kornige abyssiske bergarttyper, som samtlige karakteriseres ved rhombisk pyroxen, nemlig:

A) *Labradorsten* (slys norit), bestående af følgende mineraler, opregnet i krystallisationsfølgen: *Titanjern*,<sup>2)</sup> hyppig i forholdsvist store individer og individaggregater, undertiden med nogle ørsmå svovlkisterner, der på adskillige steder er indsluttede inde i den sorte erts; lidet eller intet zirkon; i en række

<sup>1)</sup> Literaturhenvisning i min originalafhandling.

<sup>2)</sup> TH. SCHEERER (se *Gæa norvegica*, 2det hefte, 1844, s. 320) fandt i titanjern, udplukket af norit (mørk, se B) fra Hitteröen: 23.69 %  $Ti_2O_3$  og 76.13 %  $Fe_2O_3$ , — ekvivalerende 50.01 %  $FeTiO_3$  og 49.79 %  $Fe_2O_3$  eller støchiometrisk 1.00  $FeTiO_3$ . 0.95  $Fe_2O_3$ .

Ertsen fra de egentlige titanjernforekomster er altid betydelig rigere på  $TiO_2$ , fører desuden også påfaldende meget  $MgTiO_3$ , se herom senere.

præparater af den egentlige — kvartsfri — labradorsten er for-  
 gjæves søgt efter apatit, bergarten må altså være yderst fattig  
 på dette mineral;<sup>1)</sup> (ved kvantitativ analyse af labradorsten fra  
 Blåfjeld og Kyland fundet »spor», nemlig omkring 0.002 %  $P_2O_5$ ).  
 — Rhombisk pyroxen, hovedsagelig *hypersthen*,<sup>1)</sup> her som i ana-  
 loge bergarter med de karakteristiske tavleformige interpositio-  
 ner; i nogle præparater desuden en del bronzit eller i enkelte  
 fald enstatit, hvilke to sidste adskiller sig fra den jernrige varie-  
 tet ved lysere farve, svag pleochroisme og matte interferensfar-  
 ver; disse rhombiske pyroxener, som nu og da optræder i paral-  
 lelsammenvoxning, med hypersthenen som kjerne, viser idiomorf  
 kontur ( $\infty P . \infty P \infty . \infty P \infty$ ) lige over for feldspathen. Mono-  
 symmetrisk pyroxen er ikke påvist i selvstændige individer, deri-  
 mod muligens som fine lameller, parallelt indvoxede i rhombisk.  
 Spor af hornblende forefindes hist og her, i brem om hypersthe-  
 nen; ligeledes møder man i enkelte handstykker en intensiv rød-  
 brun farvet, jernrig biotit (spidse bisectrix næsten nøiagtig  
 $\perp OP$ , vinkel mellem de optiske axer ganske liden), som fortrinns-  
 vis har afsat sig på den sorte erts. Olivin mangler fuldstændig  
 i alle de af mig undersøgte præparater.<sup>2)</sup> — Endelig *labrador*,<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> I min tidligere afh. er aftrykt to ældre analyser (efter REMELÉ og DES  
 CLOISEAUX) af hypersthen fra »Farsund», i den østre del af noritfeltet; mine-  
 ralet antagelig stammende fra de grovkornige noritgange. Sammensætning-  
 en er:

$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$FeO$	$MgO$	$CaO$
47.81	10.47	3.94	10.04	25.31	2.12
48.40	9.11	—	15.14	25.29	1.90

Næsten nøiagtig samme  $MgO$ -gehalt, nemlig 24.05, er af TH. HJORT-  
 DAHL fundet i hypersthen fra Romsås kuglenorit (Nyt mag. B. 24).

<sup>2)</sup> ROSENBUSCH (l. c.) anmærker, at han i labradorsten fra Ekersund-feltet i  
 sparsom mængde har fundet nogle små korn, der muligens kunde tydes som  
 olivin; diagnosen dog meget tvivlsom.

<sup>3)</sup> I min tidligere afh. er ligeledes meddelt 5 ældre analyser (efter TH. SCHEE-  
 KER, C. KERSTEN og P. WAAGE) af labrador fra vort noritfelt, ndvisende  
 51.39—53.78 %  $SiO_2$ , 29.85—26.20 %  $Al_2O_3$ , 0.80—2.90 %  $Fe_2O_3$ , 12.10—  
 8.89 %  $CaO$ , 0.13—0.88 %  $MgO$ , 3.90—5.77 %  $Na_2O$  % og 0.50—2.12, mid-  
 del ca. 0.9 %  $K_2O$ . — To nylig på det metallurgiske laboratorium, Kristiania  
 udførte analyser af labrador, optrædende i temmelig store individer i labra-  
 dorsten nær Blåfjeld ved Sogndal, viser:

oftest med de bekjendte tavleformige interpositioner, altid tilstede i aldeles overveiende mængde; hist og her udskilt i meget store porfyriske individer. I nogle prøver labradorsten, som danner overgang til den her senere omhandlede enstatitgranit, optræder desuden lidt kalifeldspath samt en del kvarts, det sidste mineral som »Zwischenklemmungs masse»,  $\rho$ : som den tilsidst individualiserede rest.

I enkelte varieteter er de mørke FeO- og MgO-silikater tilstede i næsten forsvindende mængde, vor bergart består i så fald af mindst 93—95 % labrador og karakteriseres ved dette minerals lys rødviolette farve; atter andetsteds er bergarten middels grå, på grund af større hypersthen-tilblandning.

B) *Mørkegrå hypersthen- og biotitrig norit* (forherskende f. ex. over store dele af Hitteröen), bestående af temmelig meget titanjern med spor af svovlkis og en del apatit, — desuden rigelig hypersthen, undertiden også bronzit med lidt diallag samt noget hornblende, derhos meget betydelige mængder af samme biotit som i foregående fald; — endelig basisk plagioklas (labrador).

Som allerede omtalt, indgår noget kvarts og kalifeldspath i enkelte labradorsten-varieteter; herved erholder man det petrografiske overgangsled til det SiO<sub>2</sub>-rige yderled, som, med bibehold af den eugranitisk-kornige struktur, karakteriseres ved kombinationen enstatit (eventuelt bronzit), kalifeldspath og kvarts, og som følgelig må opføres som

C) *Enstatit- (eventuelt bronzit-) granit*. Denne nye bergarttype<sup>1)</sup> er påvist på forskellige steder inden vort eruptiv-

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Analyseret af
56.83	27.83	0.73	9.95	0.11	4.93	1.12	stud. min. ANDRESEN.
54.52	27.15	2.86	9.51	0.38	—	—	» » A. HOLMSEN.

Sammensætningen altså næsten altid inden grænserne 1Ab.1An. til 1Ab.2An.

<sup>1)</sup> Augitgranit (med monosymmetrisk augit) er som bekjendt nogenlunde almindelig; også ægiringgranit (»Gorudit») — samt hypersthenakerit — er påvist, af W. C. BRÖGGER; ROSENBUSCH (Mikrosk. Phys. d. Gest., s. 34) omtaler hypersthen-førende augitgranit (granitit); granit med eksklusiv rhombisk

felt, såvel i feltets centrale dele, f. ex. over en større strækning fra den vestre del af Ørsdalsvandet til omegnen af Birkrem kirke (langs landeveien fra Ekersund til Ørsdalsvandet), som i de periferiske, f. ex. ved Abildnæs mellem Flekkefjord og Hitteröen, lige ved grænsen mod tilstødende grundfjeld, og øst for Farsund by. Overalt er bergarten middelskornig og temmelig mørkegrå, på grund af den nogenlunde rigelige tilblanding af sort erts og rhombisk pyroxen, hvilken sidste, ligesom også kvartsen og orthoklasen, allerede giver sig tilkjende for blotte öie eller ved betragtning med lupe.

Bergarten, der i chemisk henseende betegnes ved samtidig nogenlunde høie  $\text{SiO}_2$ - og  $(\text{Mg, Fe})\text{O}$ -gehalter, består af *sort erts* (titanjern eller titanomagnetit, undertiden muligens begge dele) i forholdsvis rigelig mængde, særlig i prøverne fra Abildnæs betydelige rigeligere end hos vanlige graniter; derhos en del apatit og talrige zirkonkrystaller; — rhombisk pyroxen, der i henhold til farve, pleochroisme og interferensfarver i håndstykkerne fra Birkrem må opføres som *enstatit*, i de erts- og følgende også jern-rigere prøver fra Abildnæs derimod som *bronzit*; glimmer mangler fuldstændig, diallag og primær hornblende ligeså i de fleste fald, men antræffes dog hist og her; således er bronziten undertiden parallelsammenvoxet med lidt diallag, og leilighedsvis, f. ex. i håndstykker fra strøget øst for Farsund by, møder vi lidt efter al sandsynlighed primær, grøn hornblende; — plagioklasen spiller en underordnet rolle, og mineralet tilhører ikke labrador, men andesin- eller *oligioklas*-rækkerne; *orthoklas* overalt i rigelig mængde, undertiden ledsaget af en del *mikroklín*; — tilslut har udkrystalliseret *kvarts*, der efter skjön kan udgjøre  $\frac{1}{2}$  å  $\frac{1}{3}$  af den hele masse.

Ved et par forskjellige lokaliteter, nemlig ved Ørsdalsvand og ved Abildnæs, blev slået en svite bergartprøver nær grænsen mod tilstødende gneis og i vexlende afstand fra samme (på førstnævnte sted i afstand 1, 30 og 60 m, på sidstnævnte 0.5,

pyroxen er derimod, såvidt mig bekjendt, tidligere ikke antruffet udenfor Ekersund-feltet.

10 og 50 *m* fra grænsen). I begge fald er bergarten, på grund af den relativt hurtige afkjøling, temmelig finkornig i de nærmeste snes *m* mod grænsen, nogen forandring i strukturel henseende kan dog ikke observeres, tværtom, selv i afstand kun 0.5—1 *m* fra grænsen bibeholder bronzitgraniten (ved Abildnæs) og den kvartsførende labradorsten (ved Ørdsalsvand) sin eugranitisk-kornige karakter.

Af de medtagne labradorsten-prøver fra Ørdsalsvand viser præparat 0.5 og 10 *m* fra grænsen en del orthoklas og kvarts, hvilke mineraler fuldstændig mangler i præparat 50 *m* fra grænsen; på basis af denne isolerede observation, og fordi vort eruptivfelt ved Abildnæs begrænses ved enstatitgranit, tør dog neppe udledes som generelt resultat, at noriten i almindelighed i grænsefacies-stadiet skal karakteriseres ved relativt høi  $\text{SiO}_2$ -gehalt.

De tre oven omtalte bergarttyper, — labradorsten, hypersthen- og biotit-rig norit samt enstatitgranit, — hvilke vistnok ved mere omfattende undersøgelse blir at komplettere med en række nye led, går muligens på enkelte steder gradvis over i hinanden; andetsteds kan man dog påvise distinkt aldersforskjel, i alle fald mellem de to førstnævnte bergarttyper, idet disse, som f. ex. på østsiden af indløbet til Rægefjeld, støder op mod hinanden med aldeles skarp grænse; hvad den er ældst og hvad yngst, kunde dog ved den af mig foretagne rent provisoriske befarung ikke afgjøres.<sup>1)</sup>

Som et moment af betydelig rækkevidde for den rigtige forståelse af titanjernforekomsternes dannelse må endvidere fremhæves, at vort eruptivfelt, — eller i alle fald labradorstenen, som indtager den største del af territoriet, — er gjennemsat af en række hovedbergarterne petrografisk nærstående bergartgange,<sup>2)</sup> nemlig, — når vi her foreløbig ikke tager hensyn til de stærkt

<sup>1)</sup> De normalkornige noritgange, som gjennemsætter labradorstenen, står i petrografisk henseende temmelig nær den hypersthen- og biotitrige norit; herved ledes man til en foreløbig formodning om, at denne er noget yngre end labradorstenen.

<sup>2)</sup> Desuden på Hitterøen vanlige pegmatitiske granitgange (bekjendte for sin mineralrigdom).



titanjernrige gange, som i vore ertsforekomster, — i kronologisk orden:

1) Pegmatitisk grovkornige titanjern-hypersthen-labrador-gange, altså i korthed »pegmatitiske notitgange», oftest eller altid med betydelige mængder af de to førstnævnte mineraler; individerne jævnlig af indtil knytnæves størrelse.

2) Normalkornige noritgange, — enkelte gange op til 5—10 km lange og 10—30 m brede, — af eugranitisk-kornig struktur, bestående af: en hel del sort erts (titanjern), lidt svovlkis, enkelte zirkonkrystaller samt aldeles påfaldende talrige og samtidig meget store apatitkrystaller, tildels stærkt korroderede og med fine sorte nål-interpositioner (ved kvantitativ analyse af et håndstykke af noritgangen på fastlandssiden skrås over for Myklebust, Ekeröen, fundet 2.13 %  $P_2O_5$  = 5.2 % apatit; efter mikroskopisk undersøgelse mindst ligeså meget apatit i noritgangen ved Tengsvåg). — Andet krystallisationstrins mineraler: hypersthen, antagelig udgjørende omkring  $\frac{1}{4}$  af den hele masse (i disse FeO-rige magmaer ikke bronzit eller enstatit), i enkelte fald sammenvoxet med lidt diallag, undertiden også med hornblende; i nogle præparater lidt jernrig biotit, i andre derimod ikke; — plagioklas, efter ROSENBUSCH'S bestemmelse i et og samme håndstykke af vekslende aciditet, dels stående mellem labrador og bytownit og dels mellem albit og oligoklas; i enkelte fald møder vi kombination hypersthen, sur plagioklas, en hel del orthoklas samt kvarts, — altså en varietet, som står på overgangstrinet til bronzitgranit.

3) Olivindiabas-gange, såvel inde i eruptivfeltet, — f. ex. »St.-Olafs gang» ved de Ekersund'ske titanjernforekomster, fulgt i 15—20 km længde med 5—30 m bredde, — som i det tilstødende grundfjeld, i nærheden af noritgrænsen; bergarten karakteriseret ved påfaldende rigelig apatit og sort erts, desuden også ved at føre biotit. — Atter andetsteds møder vi gange af olivin-fri diabas og diabasporfyr.

Af hensyn til det følgende må særlig pointeres, at titanit fuldstændig mangler i labradorstenen og i de egentlige noriter, —

kun i den  $\text{SiO}_2$ -rige enstatitgranit sees nogle små individer, der kunde tolkes som titanit; — det vil sige, i de foreliggende nogenlunde basiske magmaer konsumeredes titansyren, når fraregnes den procent, som indgik i pyroxenerne, til dannelse af titanjern (eventuelt i enkelte fald titanomagnetit); andre egentlige titansyre-mineraler derimod blev ikke individualiserede.

Det ligger i sagens natur, at alle disse kemisk og mineralogisk indbyrdes ofte temmelig differente, men dog petrografisk nogenlunde nærstående og tildels ved overgangsled med hinanden forbundne bergarter, — nemlig labradorsten af næsten ren labrador-sammensætning; hypersthen- og biotitrig norit karakteriseret ved lavere  $\text{SiO}_2$ - og  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -, men omvendt høiere (Mg,Fe)O-gehalter; videre enstatit- og bronzit-granit karakteriseret ved samtidig betydelige  $\text{SiO}_2$ - og (Mg,Fe)O-gehalter, endelig de mange forskellige yngre gennemsettende gange, — står i en meget intim genetisk relation til hinanden, idet de alle tilhører en og samme eruptionsserie.<sup>1)</sup> Man tør uden videre drage den slutning, at alle de omhandlede bergartvarieteter inden noritfeltet, på samme måde som tilfældet er med de talrige eruptiver i Kristiania-territoret, stammer fra et fælles »magma-bassin», der ved endnu lidet kjendte differentiationsprocesser gav anledning til dannelse af en række forskelligartede lokal-magmaer (»Theilmagma»).<sup>2)</sup>

De forskellige bergarter fra vort noritfelt viser snart ingen og snart ganske underordnede mekaniske trykfenomener; videre har bergarterne i det hele og store ikke været udsatte for nævneværdig kemisk omsætning, — af de rhombiske pyroxener har dog enstatiten, tildels også bronziten, men ikke hypersthenen, ligget under for sekulær forvitring, og de forskellige diabaser er stærkt angrebne.

<sup>1)</sup> Se herom fremstillingen i mit tidligere arbejde om de Ekersund'ske titanjernforekomster (1887) og referat af foredrag om samme thema under naturforsker-mødet i Kristiania (1886).

Efter disse orienterende bemærkninger skal vi gå over til nærmere at omhandle de i noritfeltet, — såvidt vides udelukkende i labradorstenen, — hjemmehørende titanjernforekomster, idet vi begynder med den i geologisk henseende mest instruktive lokalitet, nemlig

*Storgangen*, i nærheden af Soggendal. — Selve ertsforekomsten her må opfattes som en normal bergartgang, — af længde lidt over 3 km, bredde 20—70 m og areal efter approximativt skjøn omkring 160,000 m<sup>2</sup>,<sup>1)</sup> — med skarp grænse mod den omgivende labradorsten, og bestående for den væsentligste del af de tre her så ofte nævnte mineraler titanjern, hypersthen og

Fig. 4.



Norit. Ilmenit-norit. Norit.

Profil over Storgangen; gang af ilmenit-norit gennemsettende norit.

labrador; det eneste remarkable er, at titanjern-mængden inden vor bergartgang er aldeles prædominerende, endog i den grad, at den hele masse over enkelte strøg er bleven udvundet ved grube-drift, som »titanjern-malm». Efter skjøn anslog jeg den midlere titanjern-mængde i den hele gang til omkring 40 %; over enkelte strøg, af bredde indtil 1—2.5 m, kan den dog stige op til omkring 70—80 %, rest 20—30 % hypersthen og labrador.

<sup>1)</sup> Til sammenligning anføres de af Gellivara-kommissionen (1877) meddelte opgaver over arealet i dagen af:

jernmalmen ved Gellivara..... 650,000 m<sup>2</sup>

» » Kirunaavara..... 310,000 »

Efter den i TÖRNEBOHMS afhandling over Taberg gjengivne kartskitse viser malmen, »magnetit-oliveniten», sammesteds et areal omkring 300,000 m<sup>2</sup>.

Ved mikroskopisk undersøgelse viser sig, at allerførst har udkrystalliseret noget svovlkis, i nogenlunde gode krystaller, og lidt apatit (ved kvantitativ analyse, foretagen af stud. min. DAHL, fundet 0.019 %  $P_2O_5 = 0.044$  % apatit) samt *kromspinel* (kromførende pleonast,<sup>1)</sup> udgjørende efter skjøn 0.05—0.2 % af den hele masse), hvilket sidste mineral er bestemt ved følgende kriterier: det er klart og gjennemsigtig, intensiv grønfarvet, optisk isotropt, ikke pleochroitisk, stærkt lysbrydende; viser i præparat af bergarten antydning til oktaëdrisk begrænsning, og optræder som indeslutning inde i titanjernet, er altså individualiseret på meget tidligt stadium. Vid behandling af en større portion pulveriseret bergart med svovlsyre og flussyre opløstes alle de øvrige bestanddele, kun det grønne mineral forblev uangrebet; i denne isolerede tilstand gav individernes oktaëdriske begrænsning sig tydelig tilkjende, — og endelig konstateredes her også kromoxyd<sup>2)</sup> ved kvalitativ analyse (opløsning med soda-salpeter). — Gjentagende gange er observeret, at vor kromspinel, i individer af størrelse omkring 0.02—0.05 mm, sidder påvoxt de igjen i titanjernet indesluttede svovlkiskrystaller; krystallisationsordenen har altså været 1) svovlkis, 2) kromspinel og 3) titanjern.<sup>3)</sup> Også apatiten er individualiseret tidligere end den sorte erts; aldersfølgen lige over for kisen og spinellen derimod kunde ikke afgjøres. Zirkon synes her, såvel som i den omgivende bergart, fuldstændig at mangle.

Efter titanjernet igjen følger hypersthen, med lidt bronzit, hvilke to mineraler viser samme karakter som i den normale norit, kun er hypersthenen i Storgangens bergart tilstede i noget rigeligere mængde end plagioklasen, medens forholdet ellers er omvendt; også lidt biotit og en ringe portion hornblende observeres

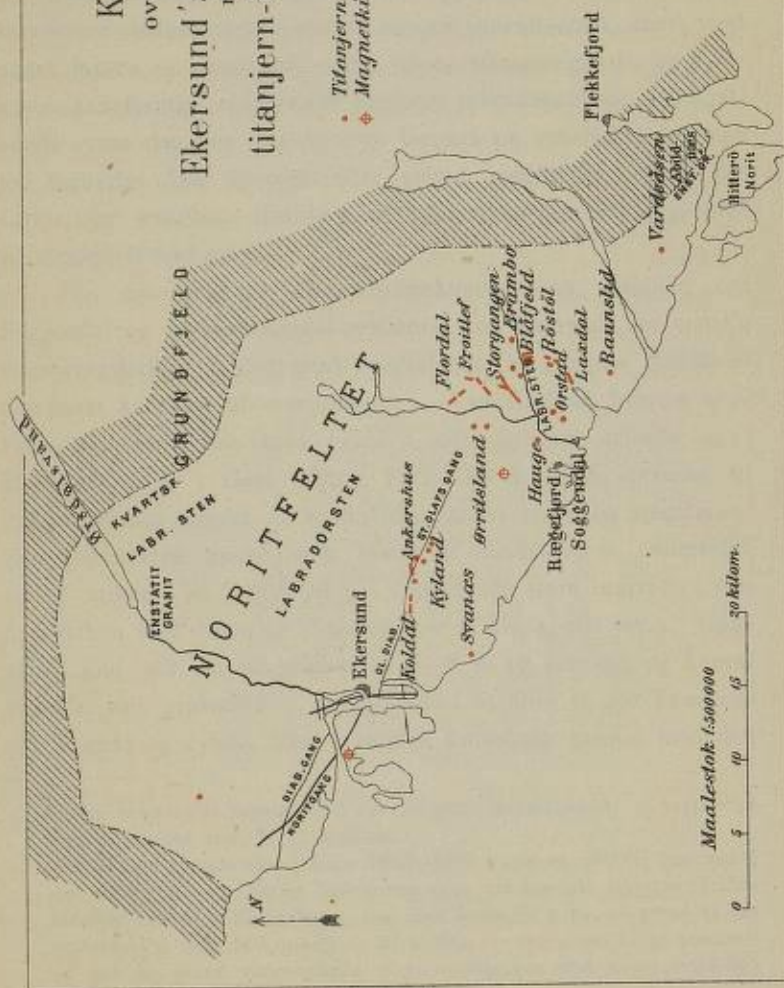
<sup>1)</sup> På grund af den ren grønne farve kan denne spinel ikke opføres som picotit, der altid er gulbrun eller brun, men må henregnes under pleonasterne.

<sup>2)</sup> Allerede i 1830 påviste MOSANDER noget krom — 0.12 og 0.34 %  $Cr_2O_3$  — i titanjern fra »Ekersund».

<sup>3)</sup> Samme eller aldeles analog serie har jeg tidligere konstateret i slagger, hvor de forskellige forbindelser individualiseres i rækkefølge: 1) monosulfid (CaS, MnS, ZnS, FeS osv.); 2) spinel (Mg, Ca- eller Zn, Fe-spinel) og 3) magnetit; senere diverse silikater.

Kart  
over det  
Ekersund'ske noritfelt,  
med  
titanjern-forekomster.

• Titanjern-forekomst  
◊ Magnetit- d<sub>2</sub>



Maalestok 1:500 000

0 5 10 15 20 kilometers.

hist og her. — Tilslut plagioklas, her som i den tilgrænsende bergart en labrador, udgjørende kun  $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{3}$  af den hele masse; lokalt også noget kvarts.

For denne på titanjern (ilmenit) exceptionelt rige noritvarietet foreslaaes en særlig benævnelse, »ilmenit-norit»,<sup>1)</sup> — en nomenclatur, som temmelig nøie ekvivalerer den såvel i genetisk som i petrografisk-chemisk henseende nærstående »magnetit-olivinit» fra Taberg i Småland.

Foruden ved Storgangen møder vi også på adskillige andre lokaliteter inden vort noritfelt samme ilmenit-norit, snart med noget lavere og snart med noget højere titanjerngehalt, og i regelen gangformig opsættende gennem labradorstenen; undtagelsesvis synes dog den titanjernrige bergart på enkelte steder, som jeg forøvrigt kun kjender efter privat meddelelse, skridt for skridt, ved aftagende titanjern- og hypersthen-procent, at gå over til normal labradorsten.

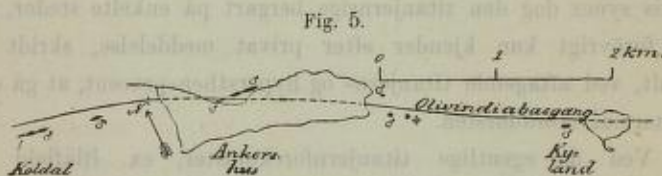
Ved de egentlige titanjernforekomster, ex. Blåfjeld ved Soggedal og Kyland-Koldal-gruberne ved Ekersund, er endelig titanjerngehalten i den grad overveiende, at gangene fuldstændig taber karakter af »noritgange». — Ved Blåfjeld, hvorom henvises til beskrivelse med profil i mit tidligere arbeide og i REUSCH'S afh. i Geol. Fören. Förh. Bd 4, 1878, optræder en række, nemlig mindst 11 forskellige, oftest temmelig uregelmæssigt begrænsede gange, som består af mindst 90 %, undertiden endog mindst 95 % titanjern, i nogenlunde store individer; rest hypersthen med labrador (foruden spor af kis, apatit osv.). Gangene, som når en mægtighed af 2—6 m og derover, og hvoraf enkelte ved grubedrift<sup>2)</sup> er opfarede i et eller et par hundrede m's længde og dybde, viser i regelen knivskarp grænse mod den

<sup>1)</sup> Denne benævnelse ligesom også den tidligere »enstatitgranit» er valgt efter konference med prof. W. C. BRÖGGER.

<sup>2)</sup> Fra Blåfjeld exporteredes i årene 1865—1876 i sum ca. 90,000 tons malm, der anvendtes som vanlig beskikningsmalm ved engelske masovne (driften indstillet i 1876, da malmen, som kun holdt 40 % Fe, på grund af den overordentlig høie TiO<sub>2</sub>-gehalt — 40 % TiO<sub>2</sub> — var meget tungt reducibel og gav en yderst tungsmeltelig slag; kultilgangen altså meget betydelig).

omgivende, på sort erts påfaldende fattige labradorsten; undertiden ser man også skarpkantede brudstykker af sidestenen inde i titanjernmasserne, — det er altså utvivlsomt, at disse, ligesom også Storgangens ilmenit-norit, må opfattes som yngre gangformige dannelser. Ved Blåfjeld foreligger, såvidt det kunde afgjøres, hist og her successiv overgang mellem de næsten kompakte titanjernmasser og de tidligere omhandlede titanjern- og hypersthen-rige pegmatitiske noritgange.

I Kyland-Koldal-draget ved Ekersund, se hosstående tegning, fig. 5, består de mange i rad og række efter hinanden følgende »malmstreng«, — af dimensioner f. ex. 400 *m* længde og 2—3, lokalt op til 12 *m* bredde; 50 *m* længde og klumpens bredde på



Kartskitse over titanjernforekomsterne, med en enkelt liden magnetisforekomst, langs gang af olivindiabas, i Kyland-Koldal-draget ved Ekersund.

midten op til 11 *m*, — af næsten kemisk ren titanjern, i indviden af størrelse 1 til et par *cm*; for blotte øie kunde i et brud kun hist og her opdages nogle små korn kis og spor af hypersthen med labrador, atter andetsteds når silikaterne op til et beløb på en eller et par procent (om apatit senere).

Ialt er, som anmærket på oversigtskartet, fig. 3 (planche 1), inden noritfeltet kjendt omkring 15 forskellige forekomstfelter, spredt over et territorium af omkring 45 *km* længde og hvert enkelt felt omfattende indtil 5—10 særskilte ertsgange; man tør altså opføre mindst 50, kanske endog mindst 100 enkelte titanjernanvisninger. Desuden møder vi i samme noritfelt også en eller et par forekomster af magnetkis (med middels lav nikkelgehalt, ca. 1 % Ni).

Senere er fra Ekersund-territoriet nu og da exporteret indtil et eller et par hundrede tons titanjernmalm årlig (unvendes antagelig til udfodring af smelteovne).

I min tidligere afhandling er aftrykt 6 ældre analyser (udførte af MOSANDER, KOBELL og RAMMELSBERG) af titanjern fra Ekersund-distriktet, udvisende 39.16—51.30, middel 43.98 %  $TiO_2$ ; 29.25—8.87 %  $Fe_2O_3$  og 27.32—39.83 %  $FeO$  (37.19—41.77, middel 40.29 %  $Fe$ ); 0.40—2.31 %  $MgO$ , derhos i enkelte analyser lidt  $CaO$ , hvilken sidste bestanddel sandsynligvis skyldes forurening (af labrador). MOSANDER fandt i en prøve lidt mangan, 0.21 %  $MnO$ ; videre påvistes noget  $Cr_2O_3$ <sup>1)</sup>, nemlig i to særskilte prøver 0.12 og 0.34 %  $Cr_2O_3$ , der opførtes som indgående i selve titanjernet; som tidligere omtalt, kan dog muligens i alle fald en del af kromgehalten skrive sig fra mikroskopisk fint tilblandet kromspinel; endelig også lidt cer- og ytterjord.

På universitetets metallurgiske laboratorium er i de senere år, af nuværende cand. min. og kemiker E. LOOFT (a og b) og af stud. min. C. DAMM (c) udført nogle analyser af aldeles ren titanjernsten (af stuffer, hvori silikattilblanding ikke kunde opdages); jernet efter opløsning udfældt og veiet som  $Fe_2O_3$ , i henhold til formel  $R TiO_3 \cdot n Fe_2O_3$ , hvor  $R = Fe, Mg$ , beregnet proportionen mellem  $FeO$  og  $Fe_2O_3$ .

	$TiO_2$	$Fe_2O_3$	$FeO$	$MgO$	Sum.
Fra Kyland { a .....	44.05	18.71	34.17	3.04	99.97
{ b .....	43.78	20.03	32.31	3.94	100.06
Fra Blåfjeld c .....	46.31	12.03	32.43	5.14	95.91

$CaO$  kunde ikke påvises i nogen af de tre analyser.

Altså  $a = (0.86 Fe TiO_3 \cdot 0.14 Mg TiO_3) \cdot 0.21 Fe FeO_3$ ,

$b = (0.82 Fe TiO_3 \cdot 0.18 Mg TiO_3) \cdot 0.23 Fe FeO_3$ ,

$c = (0.78 Fe TiO_3 \cdot 0.22 Mg TiO_3) \cdot 0.13 Fe FeO_3$ .

To af Dr A. TAMM (se Geol. Fören. Förh. Bd 2 og »Analyser å jernmalmer 1871—1890») udførte analyser af malm fra Kyland-Koldal-forekomsterne ved Ekersund udviser (d fra »An-

<sup>1)</sup>  $Cr_2O_3$  også fundet i titanjernsten fra andre lokaliteter.



kershus», e fra »Ankershus & Peder»; e generalprøve; FeO og  $Fe_2O_3$  bestemt hver for sig):

	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	MnO	CaO	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	Sum.	Fe
d.	41.75	22.11	31.01	3.15	0.28	0.55	0.60	0.015	knapt spor	99.95	40.08
e.	34.50	29.00	27.00	4.07	—	2.00	—	1.268	0.287	98.13	41.30

I henhold til alle disse analyser udmærker titanjernstenen fra vore forekomster sig ved en ikke uvæsentlig tilblanding af  $Mg TiO_3$ <sup>1)</sup>, — hvilket, som vi senere nærmere skal omtale, sandsynligvis må tilskrives, at ertsen under koncentrationsprocessen har passeret et stærkt magnesiariigt mellemstadium.

Ved mikroskopisk undersøgelse afgjøres, at ilmenit-noriten fra Storgangen i sin almindelighed kun holder forsvindende lidet apatit (ved kvantitativ analyse af en malmstuf fra Storgangen fundet 0.019 %  $P_2O_5$  = 0.044 % apatit). De næsten kompakte titanjern-masser udmærker sig ligeledes, efter de temmelig omfattende herom foretagne undersøgelser, ved meget lav apatitgehalt (analyse no. d udvisende 0.015 %  $P_2O_5$ ); rent exceptionelt kan dog apatittilblandningen her stige til påfaldende høit beløb (i analyse no. e 1.268 %  $P_2O_5$  = 3.1 % apatit).

<sup>1)</sup> I en udelukkende af  $FeTiO_3$  og  $MgTiO_3$ , uden  $FeFeO_3$ , bestående titanjern fra Layton's Farm, New York, har RAMMELSBERG påvist 13.71 % MgO; i et par andre prøver fundet 11.85 og 11.64 % MgO, forøvrigt er titanjern med mere end 3 % MgO kun antruffet nogle få gange (nogle analyser udvisende 4.66, 3.79, 3.6 % MgO), — den store hovedmasse holder kun fra en liden brøkdel af en procent til omkring 1 procent MgO, som vor Ekersund'ske titanjern karakteriseres i det hele og store ved relativ høi MgO-procent.

P. GROTH udtaler i »Tabellarische Uebers. d. Min.» (1889, s. 40) en formodning om, at MgO overhovedet ikke skal kunne indgå i titanjern; den fundne MgO-gehalt i mange titanjern-analyser skulde efter hans opfatning kunne skyldes mekanisk forurening, særlig af magnesiholdig titanomagnetit. Hertil må dog anmærkes, at de tre på det metallurgiske laboratorium foretagne analyser er udførte på aldeles rent, homogent material; titanjernstenen her som så ofte ellers karakteriseret ved gode afløsningsflader efter OP.

Forøvrigt må efter A. HAMBERS opdagelse af det interessante mineral pyrophanit,  $MnTiO_3$ , med de dertil knyttede bemærkninger (Geol. Fören. Forh. Bd 12) enhver tvivl om, at forbindelsen  $R TiO_3$ , hvor R = Mn, Mg osv., ikke skulde kunne indgå i titanjern, fuldstændig forstumme.

På tilsvarende vis forholder det sig også med tilblandingen af kis (svovlkis, magnetkis, neppe nogetsteds kobberkis): oftest forsvindende lav kisgehalt, hist og her noget højere (analyse no. e med 0.29 % S = 0.54 %  $\text{FeS}_2$ ), undtagelsesvis også forholdsvis betydelige ansamlinger af kis.<sup>1)</sup>

Endelig må vi også gjøre opmærksom på, at såvidt mig bekendt er mineraler indeholdende Cu, Pb, Zn, Ni, Co, As, Bi, Sb osv., — altså elementer, som mangler eller kun er tilstede i mikroskopisk forsvindende mængde i den omgivende bergart, — ikke antrufne ved nogen af vore titanjernforekomster.

På forskjellige steder gennemskjæres såvel ilmenit-noriten som de egentlige titanjernforekomster af olivindiabas-gange; ligeledes tør vi med sikkerhed gå ud fra, at vore ertsansamlinger er ældre end de oftest snorlige, kilometerlange normalkornige norit-gange. Lige over for de grovkornige noritgange kan nogen aldersforskjel derimod ikke påvises, tværtom synes disse gange på den ene side og ilmenit-norit- og titanjerngangene på den anden såvel genetisk som kronologisk at stå i meget intim relation til hinanden.

Rundt omkring alle de af mig besøgte titanjernforekomster observeredes forholdsvis talrige yngre opsættende gange, dels af normalkornig norit og dels af olivindiabas (eller diabas), — et forhold, som neppe kan opføres som en ren tilfældighed, men som vistnok må bero derpå, at den oprindelige magma særlig over visse lokale strøg differentieredes til en række noget forskjelligartede partiel-magmaer. Ligeledes må fremhæves, at i det gjentagne gange omtalte Kyland-Koldal-drag (se fig. 5) stryger de mange i rad og række efter hinanden følgende isolerede titanjernmasser i ikke mindre end ca. 5 km længde nogenlunde parallelt med og i næsten umiddelbar nærhed af en olivindiabas-

<sup>1)</sup> I nærheden af en af de mange titanjernforekomster i Kyland-Koldal-draget noteredes således en særskilt liden kisansamling (se fig. 5).

Ved Myklebostad på Ekeröen inde i noritfeltet en liden forekomst af nikkelholdig magnetkis (med henimod 1 % nikkel og kobolt).

gang (»St-Olafs gang»); afstanden mellem den yngre gang og vor erts er ikke nogetsteds over 80—110 m. Heller ikke dette kan afhænge af en vilkårlighed, men må tilskrives, at den oprindelige magma netop efter den givne strögretning udsondrede forskellige magma-sekreter, eller at den færdig dannede skorpe langs titanjernforekomsterne viste en svag modstandslinje.

Der er endnu ikke foretaget kvantitativ analyse af de her omhandlede bergarttyper, alligevel kan vi danne os et nogenlunde fyldestgørende skøn over sammensætningen, idet vi af de mikroskopiske præparater aflæser det procentiske blandingsforhold mellem de enkelte mineraler, hvis kemiske sammensætning, som tidligere fremholdt, er fastslået ved en række analyser.

Sammensætningen af Ekersund-feltets eruptiver.

	Labradorsten. <sup>1)</sup>	Hypersthen- & biotitrig norit.	Gange af kvartsfri norit og af olivindiabas.	Ilmenit-norit.	De egentlige titanjernforekomster, oftest.
SiO <sub>2</sub> .....	50—53	ca. 48	54—44	33—25	1—5
TiO <sub>2</sub> .....	ca 0.5—1.5	ca 0.5—1.5	ca. 1—3	13—20	38—45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	25—27	ca. 22	13—17	8—6	0.5—1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	2—3.5	ca. 4	4—8	14—17	30—20
FeO.....	1—3	ca. 4	6—9	16—19	27—34
MgO.....	0.5—2.5	ca. 4.5	7—8	12—10	2.5—5
CaO.....	8—11	6—7	6—7	2.5—2	0.2—0.5
Na <sub>2</sub> O.....	4—5.5	3—4	} 3—6	} 1.5—1	} 0.1—0.2
K <sub>2</sub> O.....	0.5—1	1—1.5			

Den interessante enstatitgranit skal senere blive analyseret.

<sup>1)</sup> Til sammenligning meddeles en af TH. KJERULF (se tillæg til »Geol. Unders. i Bergens omegn» af TH. HORTDAHL og M. IRGENS, 1862) udført analyse af »labradorsten fra Lørdalsören; kun enkelte tynde flammer af diallag» (hypersthen?)

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Glødtab.	Sum.
50.76	28.90	9.58	1.15	1.98	2.69	3.78	98.8
I Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> kun ganske lidt Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . (Na <sub>2</sub> O-bestemmelsen for lav?)							

Tilslut en oversigt over fordelingen af  $P_2O_5$  i de forskjellige bergarter.

Ved kvantitativ analyse, hvis resultat bekræftes ved mikroskopiske undersøgelser over den forhåndenværende apatitmængde, er fundet:

	$P_2O_5$ .	Apatit.
Labradorsten.....	{Aldeles forsvindende lidet} ca. 0.002 %	ca. 0.005 %
Ilmenit-norit.....	ca. 0.02 %	ca. 0.05 %
Noritgangene.....	2—2.2 %	ca. 5 %

Tilsvarende høi apatittilblanding som i sidstnævnte fald, altså omkring 5 %, finder vi også i de forskjellige olivindiabasgange, såvel inde i noritfeltet som i det tilstødende grundfjeld, nær noritgrænsen.

Enstatitgraniten ved f. ex. Abildnæs og den mørke norit på Hitterö fører efter skjön en til et par tiendedels procent  $P_2O_5$ .

De theoretiske bemærkninger, som denne påfaldende stærke variation i  $P_2O_5$ -fordelingen kunde give anledning til, skal vi udsætte til et senere afsnit af dette arbejde; — her skal vi kun gjøre opmærksom på, at fosforsyregehalten aldeles eklatant afspejler sig i den vegetationsrigdom, som karakteriseres de forskjellige bergarter. Labradorstenen, som tilmed forvitrer yderst langsomt, er i påfaldende grad nøgen og ufrugtbar, — den mørke norit er middels bevoxet, — og endelig udmærker noritgangene, der hæver sig som lave åsrygger over det omgivende terrain, og olivindiabasgangene, som forvitrer let, og som derfor har givet anledning til dannelse af rendeformige fordybninger, sig ved rig, næsten yppig vegetation (se herom nærmere i mit tidligere arbejde).

Til samme geologiske hovedgruppe som Ekersund-forekomsterne må endvidere hertilands henregnes nogle ganske få og vistnok altid temmelig ubetydelige leiesteder af titanholdig jern-

malm, nemlig efter TH. KJERULFS »Udsigt over det sydlige Norges geologi» (1879), se afsnit »Titanjernsten i og ved labradorsten, gabbro, eklogit, olivinsten»: a) i labradorsten; magnetjern, Lyseknappen skjærp, Radö ved Bergen; b) titanjern eller magnetjern i gabbro; Bougstö skjærp i Skonevig (titanjern) og Fiskå på Söndmöre (gabbrogang med magnetjern-klumper); muligens også »Loner grube i Torrisdal, magnetjern; gabbrogrænsen ikke fjern; skjærp sammesteds på titanjerr med 8—10 % titan.»<sup>1)</sup>

Vedrørende de svenske under

### *Taberg-typen*

henhørende forekomster henvises til afhandlinger af A. SJÖGREN (Geol. Fören. Förh. B. 3, 1876 og B. 6, 1882) og A. E. TÖRNEBOHM (Geol. Fören. Förh. B. 5, 1881), med supplerende bemærkninger af FR. EICHSTÄDT (Pyroxen- og amfibolførende bergarter från Småland, Bih. till K. Sv. Vet. Akad. Handl. B. 11, 1887, no. 14, s. 86—92) og L. J. IGELSTRÖM (Geol. Fören. Förh. B. 6, 1883); samme type også berørt i et netop udkommet arbeide af G. LÖFSTRAND.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> De øvrige af Th. KJERULF under samme rubrik opførte forekomster, — c) i og ved gabbro; d) titanjern ved olivinsten, — skyldes, såvidt mine undersøgelser rækker, andre dannelsesprocesser.

<sup>2)</sup> Umiddelbart for denne afhandling, der oprindeligt var anmeldt til aprilheftet i Geol. Fören. Förh. (se årgångens side 299), afsendes til trykning, har jeg modtaget den i nævnte hefte indtagne brochure af G. LÖFSTRAND »Åro jernmalmerna och apatiten i Norrbotten lagerbildningar?» — Uden at vi her skal gå ind på spørgsmålet om Gellivara-Kiruna-Vara-malmernes dannelse, må jeg indflette nogle linjer vedrørende de af LÖFSTRAND fremførte bemærkninger angående de generelle kriterier på forskellige »eruptive» jernmalm-grupper.

LÖFSTRAND slår for det første sammen under et de to allerede tidligere (se »Salten og Ranen», sid. 123) skarpt fra hinanden udsondrede forekomstgrupper, som kun har det tilfælles, at de står i en eller anden rapport til eruptive processer, — nemlig a) forekomster dannede ved magmatisk koncentration, typus Taberg; og b) forekomster dannede under stoftilførsel ved »eruptiv eftervirkning», typus Comstock (til sidstnævnte gruppe henregner LÖFSTRAND, i henhold til mine undersøgelser dog med urette, også fore-

I bergarten »hyperit» eller egentlig »olivinhyperit» (en olivin-gabbro, som i strukturel henseende nærmer sig mod diabaserne) er i Sverige ved i alle fald tre forskellige lokaliteter, — nemlig

komsterne på Langö og Gomö ved Kragerö; herom henvises til »Salten og Ranen», s. 123, 128, 130, og til senere bemærkning i dette arbejde.

Som bekendt karakteriseres Ekersund- og Taberg-typernes malme altid ved gehalt på titansyre; dette moment outreres og misforståes af LÖFSTRAND, der endog formoder, at forekomster som Carlsgrufvan (Ramberg i Vestmanland), Lugnås (Carlstad i Vermland) og Wilhelmina (Sköldinge i Södermanland), med resp. 1.62, 0.57 og 0.30 %  $TiO_2$ , udelukkende på grund af den lille titansyregehalt muligens skal henføres til Taberg-typen. (I de af R. ÅKERMAN og Dr. A. TAMM publicerede analysesetabler over svenske jernmalme, antal ca. 850, er titansyre, når malmanalyserne fra Taberg, Långhult, Ulfö, Ingamåla, Alnö og Routivara, med 6—11 %  $TiO_2$ , fraregnes, kun i de tre nævnte fald bleven bestemt med præcision; i en række fald opføres »spor»  $TiO_2$ ). LÖFSTRAND drager heraf igjen den slutning, at selv en liden  $TiO_2$ -gehalt, eksempelvis 0.5—1 %  $TiO_2$  (s. 362), skal kunne udtydes som kriterium på »eruptiv» dannelse (tilmed ikke alene ved magmatisk koncentration, men også ved pneumatolytiske processer).

Intet led i LÖFSTRANDS fremstilling er overensstemmende med de faktiske stedfindende forhold:

a) Alle de hidtil kjendte forekomster efter Taberg-typen udmærker sig ved en temmelig høi titansyreprocent, nemlig midst 5—6 %  $TiO_2$  eller proportion  $Ti : Fe$  neppe under  $1/10$ . — I Dannemora-Persberg-Arendal-malmene møder vi jævnlig lidt titansyre, fra tiendels op til et par procent (eksempelvis: titanit ikke sjelden i disse malme, optræder endog i jernglimmerskifer; titansyre påvist i myrimalm); på de skiktformig optrædende forekomster i det »dybe» grundfjeld, typus Tafjord-Ørskong på Söndmøre, endog en betydelig titansyregehalt.

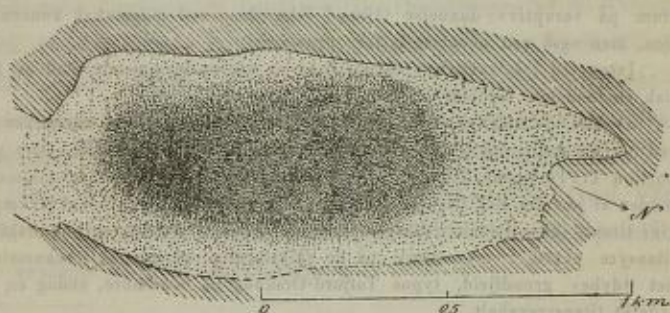
b) De ved pneumatolytiske processer dannede jernertsforekomster, typus »Kristiania» (se næste hovedafsnit af dette arbejde) betegnes i sin almindelighed ikke ved nævneværdig  $TiO_2$ -gehalt; kun lokalt eller exceptionelt møder vi her titanrig malm.

Lave  $TiO_2$ -gehalter, på f. ex. 0.5—1 %, kan således ikke anvendes som diagnostikon på »eruptive» forekomster; derimod giver høi gehalt, mindst 5—6 %, en formodning om, at malmen enten tilhører Ekersund-Taberg-typen (magmatisk koncentration i basiske eruptiver) eller Ørskong-Tafjord-typen (skiktformig optrædende jernmalm i det »dybe» grundfjeld; forekomsterne lidet studerede; genesis antagelig som det omgivende urberg).

Basiske malm-udsondringer er hidtil ikke antrufne i granit; ad ren theoretisk vei ledes vi dog til formodning om, at hvis de her forefindes, så må de karakteriseres ved relativt lavere  $TiO_2$ -gehalt end de genetisk analoge forekomster i mere basiske eruptiver (se herom i den theoretiske del af dette afsnit). — I de hidtil fremkomne publikationer over Gellivara-Kiruna-forekomsterne er forøvrigt, såvidt mig bekendt, ikke leveret en eneste observation, der skulde tyde på, at de skulde kunne skyldes samme genesis som Ekersund-Taberg-typen.

først og fremst ved det bekendte »malmberg» Taberg (ca. 1000 m langt, 500 m bredt og indtil ca. 130 m over den omgivende slette) i Småland, videre ved Långhult i Ryssby sogn i Kronobergs län og etsteds strax nord for Ransbergs kirke i Skaraborgs län, — antruffet nogle større eller mindre »basiske udsondringer» af en temmelig titanrig jernmalm, »magnetit-olivinit», bestående af overveiende meget magnetit (*titanomagnetit*), dernæst betydelige mængder olivin, undertiden med spor af biotit, og endelig en stærkt basisk plagioklas, hvilket sidste led dog fuldstændig mangler i de jernrigeste malmpartier; af de »accessoriske mineraler» er kun apatit påvist.<sup>1)</sup> I henhold til TÖRNEBOHMS undersøgelse kan man ved TABERG konstatere successiv

Fig. 6.



Kartskitse (schematiseret) over Taberg-forekomsten, udvisende overgang fra olivin hyperit i eruptiv-feltets periferiske dele til magnetit-olivinit i de centrale.

overgang fra malm til hyperit;<sup>2)</sup> som det af hosstående — efter TÖRNEBOHMS detailkart kopierede, men forøvrigt noget schema-

Den eneste foreliggende malmanalyse fra Routivara (i Qvikjokk, sydvest for Gellivara) stemmer derimod, som uafhængig af hinsiden påpeget såvel af LÖFSTRAND som af mig, både med hensyn til  $TiO_2$ -gehalt og proportion Mg:Ca påfaldende nøie med Taberg-Ulfö-Alnö-malmerne; den korte beskrivelse af L. RINMAN i Jernkontorets Annaler, 1862, s. 364 tyder dog på, at man her må være forsigtig med konklusionen.

<sup>1)</sup> Til sammenligning med ilmenit-noriten har jeg af bergmester A. SJÖGREN fået udlånt en række præparater af Tabergsmalmen.

<sup>2)</sup> Foruden denne eruptiv foreligger i omegnen af Taberg også en del gange af bronzitdiabas (muligens, som ved Ekersund-feltet, stammende fra samme magmabassin som olivinhyperiten).

tiserede<sup>1)</sup> — kartskitse fremgår, foreligger i eruptiv-feltets centrale dele en plagioklas-fattig eller undertiden endog ganske plagioklas-fri magnetit-olivenit, som udadtil først optager stadig mere og mere plagioklas, senere også pyroxen, indtil der endelig resulterer først en magnetit- og olivin-rig og senere en normal olivinhyperit.

Ved Långhult, som navnlig er bleven nærmere undersøgt af EICHSTÄDT, möder vi samme plagioklas-førende magnetit-olivenit som ved Taberg; ligeså ved Ransberg, kun förer malmen herfra, ifölge en bemärkning af SÖGREN, også lidt pyroxen eller amfibol, desuden en hel del apatit og »et grönt isotropt, sannolikt spinellartadt mineral sittande i magnetiten»; som det vil erindres, er i ilmenit-noriten fra Storgangen påvist en grøn kromförende spinel, udkrystalliseret tidligere end titanjernstenen, — muligens har vi en fuldstændig ekvivalent i malmen fra Ransberg. Ifölge EICHSTÄDTS beskrivelse veksler ved Långhult »dylika mera täta jernmalmslika partier utan ordning med den egentliga hufvudbergarten — en olivinrig hyperit — på ett sätt, som gör det otvifvelaktigt, att de endast utgöra lokala modifikationer af denna. De kunna därför på sin höjd betraktas som ett slags basiska »Schlieren» eller utsöndringar inom densamma.»

Analoge jernmalmsforekomster er i Sverige også på adskillige andre steder forefundne i basiske eruptiver, nemlig:

i olivindiabas (»Åsby-diabas»); ex. Ulfö<sup>2)</sup> i Ångermanland; og

i gabbro (med gabbrodiorit); ex. Kittberget i Gustaf Adolfs sogn i Dalarne og Kollandsö nær Senäte i Vestergötland.

IGELSTRÖM opregner endnu en hel del andre mindre gruber og skjærp på titanrig jernmalm i basiske eruptiver (antagelig

<sup>1)</sup> Schematiseret forsåvidt som det tildækkede strøg nord og nordost for selve Taberg er indtegnet som olivinhyperit; om berettigelsen heraf kan efter TÖRNEBOHMS fremstilling neppe være tvivl.

<sup>2)</sup> Se A. E. TÖRNEBOHM: »Om Sveriges vigtigare diabas- og gabbro-arter.» K. Sv. Vet.-Akad. Handl. B. 14, 1877, s. 14; desuden Neues Jahrb. f. Min., 1877, s. 269.



diabas), — nemlig ialt mindst 7 forekomster i Jerfsö og Färila sogne i Helsingland.

Efter R. ÅKERMANS »Sur l'état actuel de l'industrie du fer en Suède» (1878) og Dr. A. TAMMS »Analyser å jernmalmer utförda 1881—1890» aftrykkes her nogle analyser — næsten udelukkende gennemsnitsanalyser — af malm fra Taberg og Långhult (i olivinhyperit) og fra Ulföen (i olivindiabas); videre medtages en aldeles tilsvarende malm fra Iron-mine-hill i De Forenede Stater samt et par andre svenske malme, sandsynligvis tilhørende samme geologiske kategori, fra Inglamåla i Fröderyd i Småland (malmen vanadinførende, som den nærliggende Tabergmalm) og fra Alnö <sup>1)</sup> sogn i Vesternorrland. I de to nys citerede arbejder er meddelt malmanalyser fra over et halvt tusind forskellige svenske gruber; når de her aftrykte analyser samt en med disse analog prøve fra Routivara i Qvikjokk, nær Gellivara (med 10.22 %  $TiO_2$ ) fraregnes, viser ingen af de øvrige mere end 1.5—2 %  $TiO_2$  (de allerfleste malme holder intet eller »spor« titansyra).

<sup>1)</sup> Fra samme sogn stammer også de af A. E. TÖRNEBOHM m. fl. undersøgte melilithbasalter og nefelinsyeniter; nogen jernmalm omtales dog ikke i nogen af de foreliggende beskrivelser, gruberne tilhører derfor sandsynligvis ikke disse eruptiver.

Senere tilføielse: G. LÖPSTRAND (l. c., pag. 349) oplyser om, at jernmalmen på Alnö optræder »i sammanhang med en eruptiv bergart.»

Analyser af *jernmalm* fra:

	I olivinhyperit.		I olivin- diabas.	Iron mine Hill. (U. S.)	Ingramma, i Frøderød, Jern- køpings län.	Ingramma, i Alnö, Vester- norrlands län	Trygve-gruben i Alnö, Vester- norrlands län
	Taberg.	Lång- hult.	Ulfö.				
SiO <sub>2</sub> .....	21.25	14.95	24.74	22.87	16.17	6.88	
TiO <sub>2</sub> .....	6.30	8.50	9.53	9.99	7.14	10.65	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	5.55	8.95	6.99	10.64	5.34	1.42	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	Fe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	} 52.85	24.58	Fe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	35.20	40.75	
FeO.....	43.45		21.86	44.88	23.22	26.59	
MnO.....	0.40	0.30	0.69	2.05	0.46	1.13	
MgO.....	18.30	10.25	9.23	5.67	7.56	8.70	
CaO.....	1.65	1.80	2.88	0.65	1.84	1.98	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	0.127	0.118	0.07	} Forsvin- dende lidet	0.07	0.002	
S.....	0.013	0.019	0.01		1.02	0.04	
	Cu 0.02	—	Cu 0.03	Zn 0.20	Cu spor	—	
H <sub>2</sub> O (og tab).....	2.60	1.40	—	3.05	Va <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0.40	H <sub>2</sub> O 1.33	
Sum.	99.66	99.14	100.61	100.00	98.42	99.47	
Fe.....	31.45	38.25	34.20	32.50	42.70	49.26	

Om jern- og titansyre-gehalterne kan tilføies: Ved Taberg stiger jerngehalten selv i de bedre malmpartier ikke over 32 %, omvendt synker den i den feldspathholdige malm undertiden ned til 21 %; malmen altid titanholdig, med omkring 6 % TiO<sub>2</sub>. Vedrørende forekomsterne i Helsingland meddeler IGELSTRÖM: malm fra Grufberget holder 33 % jern og 5 % titansyre (mægtighed 0.66 *m*); fra Kullberget og Storåsen resp. 35 og 44 % jern (mægtighed resp. 1.25 og 0.33 *m*); selve hyperiten eller diabasen på sidstnævnte steder så rig på (titano)magnetit, at jerngehalten i bergarten blev anslået til 25—30 %.

Elementet *vanadin* blev som bekjendt opdaget af SEFSTRÖM (1830) i jern, fremstillet af Taberg-malm, og samtidig også påvist i slag falden af samme malm; i selve malmen bestemte SVANBERG 0.12 % Va<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; senere fandt J. E. EKLUND i masovns slag af Taberg-malm ikke mindre end 0.25 % Va<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (i slag med 8.55

%  $\text{TiO}_2$  og 26.90 %  $\text{MgO}$ , ekvivalerende omkring 0.18 %  $\text{Va}_2\text{O}_5$  i malmen; se analyse under »olivin» i mine tidligere slagstudier); i malm fra Inglomåla har endelig A. LUNGGREN fundet 0.40 %  $\text{Va}_2\text{O}_5$ .

I de hidhørende svenske malme møder man leilighedsvis en forsvindende procent kobber, — fra »spor» til 0.03 %, — derimod, såvidt mig bekjendt, ikke påviselige mængder af Pb, Zn, Ni, Co, As, Sb, Bi osv.

Ifølge en beskrivelse af M. E. WADSWORTH<sup>1)</sup> foreligger ved Iron-mine-hill, — en isoleret fjeldkuppe, af betydelig mindre dimensioner end Taberget, — i Cumberland, Rhode Island, en plagioklas-, undertiden også biotit-førende magnetit-olivenit, som den amerikanske geolog, i henhold till SJÖGRENS beskrivelse, parallelliserer med Taberg-malmen; analogien synes også, såvel med hensyn til bergarternes petrografiske natur som til den kemiske sammensætning (se herom ovenfor), at være ganske påfaldende. — I nærheden af Iron-mine-hills malmmasse optræder en del »serpentine veins», som »viser samme karakter og struktur som hovedbergarten (magnetit-oliveniten)», og som således må stå i intim genetisk relation til malmen; antagelig ekvivalerer disse gange i geologisk henseende den hyperit-massiv, som Taberg-malmen er udskilt i.

Under typus »Taberg», der defineres ved karakteristik »Einschlüsse von Magneteisen (z. Th. titanhaltiges) in verschiedenen massigen Gesteinen, am häufigsten im Basalt, Diabas, Olivin-gestein, Augitporphyr, Diorit und Syenit» henregner A. v. GRÖNDECK i sin »Lehre von den Lagerstätten der Erze» (1879) endvidere følgende forekomster: Blagodat, Katschkanar og Wissokaja, ved Katharinenburg og Nischne-Tagilsk i Ural, magnetit i resp. »Augitporphyr, Augitfels und Grünstein (Diorit?)»; desuden de i »syenit og syenitgranit indesluttede stokformige mag-

<sup>1)</sup> A microscopical study of the iron ore, or peridotite, of Iron-mine Hill, Cumberland, Rhode Island. Bull. of the museum of comparative zoology at Harvard College. Vol. 7, 1881.

netjernmasser ved den sorte og gule Krux ved Schmiedefeld i Thüringen».

Af de mig foreliggende beskrivelser af disse lokaliteter kan dog ertsens genesis ikke med sikkerhed aflæses, — særlig synes de Ural'ske forekomster muligens at være fremkomne ved pneumatolytiske processer; — vi vil derfor her indskrænke os til at behandle det skandinaviske observationsmateriel, idet dette er fuldt tilstrækkelig til at give en klar forestilling om dannelsen af den i dette afsnit omhandlede forekomstgruppe.

Som det allerede tidligere er fremholdt af TÖRNEBOHM for Taberg-typens og af mig for Ekersund-feltets vedkommende, kan vi med fuld sikkerhed drage den slutning, at de her omhandlede forekomster er at opfatte som »basiske udsondringer» i de respektive eruptiver, eller med andre ord, de er dannede ved koncentrationsprocesser inde i eruptive magmaer. Beviserne herfor er i korthed, at hver enkelt af de forskellige malmtyper i petrografisk henseende står i intim rapport til den omgivende eruptiv, — olivinhyperiten udmærker sig således ved udsondring af magnetit-olivenit, labradorstenen (norit) ved ilmenit-norit og titanjern-hypersthen-labrador-gange; — endvidere kan vi på adskillige steder påvise gradvise overgange fra eruptiv til malm.

Intetsteds mærkes spor til nogen tilførsel af fremmed materiel, f. ex. ved pneumatolytiske processer, afsætning af metaller eller salt-opløsninger osv.; tværtom, udsondringerne karakteriseres netop ved de mineraler, som er hjemmehørende i den omgivende eruptiv, og tilmed kun ved disse; det er blot den indbyrdes proportion, som er bleven forrykket, og i mineralkombinationen kan nu og da observeres nogle underordnede modifikationer, fremkaldte ved magmaens forandrede kemiske sammensætning. — Særlig kan fremhæves, at »pneumatolytiske mineraler», som fluspath, topas, beryl, turmalin osv. fuldstændig mangler; ligeledes møder vi aldrig eller i alle fald kun som yderste undtagelse forbindelser at elementerne Pb, Ni, Co, As, Sb, Bi, Sn osv., kun

Cu og Zn (som kobberkis og zinkblende) optræder hist og her i minimal mængde. Overhovedet er af tunge metaller blot et påfaldende lidet antal repræsenteret på vore forekomster, nemlig kun Fe og Ti med noget Mn, undertiden også lidt Cr, Va samt spor af Cu og Zn; da de tunge metaller fortrinsvis vil indgå i første krystallisationsstadiums mineraler, der stærkest koncentrerer på vore malm-udsondringer, må altså de oprindelige magmaer have udmærket sig enkel og monoton sammensætning.

Foreløbig skal vi ikke beskæftige os med årsagen til den magmatiske koncentration eller med de kemiske og fysiske betingelser, hvorunder samme fandt sted, men kun fæste os ved resultaterne. — Vi må da først og fremst gøre opmærksom på, at i de erholdte produkter gjenfinder vi ikke alene første, men også andet krystallisationsstadiums mineraler i mere eller mindre koncentreret stand; særlig er det dog første krystallisationsstadiums jernoxyd-mineraler (titanjern, titanomagnetit), som er koncentrerede i stærkest grad. Før nærmere at illustrere dette vil vi give en schematisk oversigt over de forskellige koncentrationstrin inden vor labradorsten-magma: den oprindelige magma kan approximativt repræsenteres ved proportion 2 dele titanjern, 4 dele hypersthen (inkl. lidt bronzit og glimmer) og 94 dele labrador; på et senere trin vil vi gjenfinde omkring 6 titanj. + 8 hyperst. + 86 labr.; atter på et senere 18 titanj. + 16 hyperst. + 66 labr.; videre 40 titanj. + 35 hyperst. + 25 labr. (vor ilmenit-norit, som indeholder titanjern i rigeligst mængde, dernæst hypersthen og mindst labrador); endelig de næsten rene titanjernmasser, med 80—95, selv 99 % titanjern, rest hypersthen og labrador.

Ved Taberg og Långhult møder vi en analog skala: i olivin-hyperiten adskillig mere olivin end magnetit, i magnetit-olivinitet derimod de samme mineraler i omtrent lige mængde eller kanske noget mere magnetit end olivin.

Også i de tidligere beskrevne basiske grænsezoner langs Kristiania-feltets glimmersyenitporfyr-gange er magnetiten blev koncentreret i betydelig stærkere proportion end glimmer-mineralet.

Andet krystallisationsstadiums mineraler, nemlig magnesia-jern-silikaterne olivin, rhombisk og monosymmetrisk pyroxen, glimmer osv., karakteriseres, som det jo ligger i sagens natur, ved høje (Mg, Fe)O-gehalter, olivinen og hypersthenen særlig ved rigelig MgO; følgelig må de basiske udsondringer i sin almindelighed betegnes ved påfaldende høi *magnesia*-gehalt, noget som allerede et blik på analyserne godtgjør (i den oprindelige eruptivmagma oftest noget mere CaO end MgO, sjældnere lige meget af begge eller lidt mere MgO end CaO, — i malm-udsondringerne derimod oftest 4—10 gange så meget MgO som CaO). — Tidligere er gjort opmærksom på, at titanjernstenen på de Ekersund'ske forekomster udmærker sig ved en temmelig væsentlig MgO- eller MgTiO<sub>3</sub>-procent; denne eiendommelighed finder sin naturlige forklaring deri, at mineralets »vædskemoleküler» under koncentrationsprocessen passerede de forskjellige stærkt MgO-rige mellemstadier; på grund af den kemiske massevirkning blev herunder en del MgTiO<sub>3</sub> optaget i mineralets konstitution.

Som allerede tidligere berørt, indgår den i magmaen förhåndenværende *titanisyre* hos de her omhandlede nogenlunde basiske eruptiver, — noriter, gabbroer og diabaser (ikke dioriter og syeniter), — for den væsentligste del i de først dannede jernoxyd-mineraler<sup>1)</sup> (titanjern eller titanomagnetit); da de eruptive magmaer altid fører noget titansyre, må altså de resulterende malmudsondringer i sin almindelighed blive titanholdige, — noget, som erfaring også tilstrækkelig har godtgjort; de foreliggende malm-analyser viser ikke under 5—6 % TiO<sub>2</sub>, og proportionen Ti : Fe synker neppe nogetsteds under  $\frac{1}{10}$ .

På grund af de kemiske affinitetskræfter, hvis virkninger kun inden forholdsvis enge grænser modificeres ved de lokale fysiske betingelser, individualiseres titanit, Ca Si TiO<sub>5</sub>, fortrinsvis i sure, SiO<sub>2</sub>-rige magmaer; titanjern, — metatitanatet RTiO<sub>3</sub> · n Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, hvor R = Fe, Mg, Mn, — fortrinsvis i middels ba-

<sup>1)</sup> I vor labradorsten savnes titanit fuldstændig; ligeledes omtaler dette mineral i TÖRNEBOHMS og EICHSTÄDTS beskrivelser istedet som primær dannelse i den svenske hyperit.

siske magmaer; titanomagnetit,<sup>1)</sup> —  $\text{Fe}_2\text{TiO}_4 \cdot n \text{Fe}_3\text{O}_4$ , hvis første led må opfattes som et orthotitanat, — fortrinsvis i stærkt basiske og jernrige magmaer, samt endelig perowskit, metatitanatet<sup>2)</sup>  $\text{CaTiO}_3$ , fortrinsvis i middels eller stærkt basiske og samtidig  $\text{CaO}$ -rige eruptiver, ex. melilithbasalterne. Af disse grunde kan det ikke vække nogen forbauselse, at vi stadig og som det synes lovmæssig i de basiske malm-udsondringer netop møder kombinationerne titanjern + hypersthen (metatitanat + metasilikat) og titanomagnetit + olivin (orthotitanat . magnetit + orthosilikat). Dette efter al sandsynlighed lovmæssige fenomæn må vistnok fortolkes derved, at på grund af massevirkningen mellem  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$  og de forskellige  $\text{R}_2\text{O}_3$ - og  $\text{RO}$ -baser individualiseres i middels basiske eruptiver forbindelser af form  $\text{RTiO}_3$  og  $\text{RSiO}_3$ , i mere basiske magmaer derimod forbindelser  $\text{R}_2\text{TiO}_4 \cdot n \text{Fe}_3\text{O}_4$  og  $\text{R}_2\text{SiO}_4$ . — En nærmere udredning af disse interessante relationer vil blive indtaget i den afsluttende del af mit arbejde »Beiträge zur Kenntniss der Gesetze der Mineralbildung in Schmelzmassen und in den neovulkanischen Ergussgesteinen.»

Små mængder *kromoxyd* møder man temmelig ofte i eruptive bergarter, — i en række italienske gabbroer er således påvist »spors», 0.18, 0.23, 0.27, 0.27, 0.29 og 0.30 %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ; kromførende spinel og kromdiopsid antruffet i talrige bergarter; — en ikke uvæsentlig del af oxydet vil indgå i de først individualiserede forbindelser, magnetit, spinel og titanjern, og må følgelig optræde i koncentreret form på vore udsondringer. Det er derfor ikke noget overraskende, at vor titanjernsten fra Ekersund har vist sig at være kromførende (tildels grundet mekanisk tilblending af

<sup>1)</sup> I dette mineral kom, som påvist af A. KNOP, C. RAMMELSBURG med flere, indgå indtil i alle fald omkring 25 %  $\text{TiO}_2$ . I titanjern erstattes  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ved  $\text{FeTiO}_3$ , i titanomagnetit ligeså; altså efter den gamle skrivemåde: magnetit = oxydoxydul,  $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ; titanomagnetit =  $\text{FeO} \cdot \text{FeTiO}_3$ . — Bekjendte findesteder af titanomagnetit (»Schlackiges Magneteisen») er forskellige basiske eruptiver, ex. basalt ved Unkel i Siebengebirge; nephelinit ved Meiches, Vogelsberg. Ertsen er her at opfatte som »basisk malm-udsondring» en *miniature*; V. GRODDECK anvender derfor ganske treffende klumperne af titanomagnetit i Unkel-basalten for at illustrere Taberg-typen.

<sup>2)</sup> Noget kalk-orthotitanat,  $\text{Ca}_2\text{TiO}_4$ , er ikke kjendt.

kromspinel?), og at ilmenit-noriten holder lidt kromspinel; snarere må det ventes, at de foreliggende basiske udsondringer ved nærmere undersøgelser i sin almindelighed viser sig at holde krom. Til sammenligning kan indskydes, at såvel kromførende spinel som kromførende diopsid stadig antræffes i de i basalt indesluttede »olivinknoller», hvilke efter al sandsynlighed må opfattes som basiske intratelluriske udsondringsprodukter. — Vor titanholdige jernmalm er på gennemgangsstadierne altid forholdsvis basisk (fattig på  $\text{SiO}_2$ ), karakteriseret ved meget høi  $\text{MgO}$ -gehalt og fører desuden altid en del  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; på grund af de chemiske affinitetsvirkninger<sup>1)</sup> mellem  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  og  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$  osv. må følgende *spinel* individualiseres, i alle fald i de basiske og samtidig  $\text{MgO}$ - og  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -rige yderled; i virkeligheden er også mineralet af mig antruffet i ilmenit-norit fra Ekersundfeltet og at SJÖGREN i magnetit-olivenit fra Ransberg (bestemmelsen i sidstnævnte fald muligens ikke absolut uomtvistelig).

*Vanadinsyre*, som er påvist i malm såvel fra Taberg som fra Ingamåla, optræder sandsynligvis i stærkt koncentreret form på de basiske udsondringer.

Den i de eruptive magmaer indgående *mangan*-gehalt vil også koncentrereres i udsondringerne, dog neppe i særlig stærk grad, navnlig ikke i så stærk som jernet, idet manganen for en ikke uvæsentlig del vil holde sig i silikat-forbindelse. Af denne grund må vi vente altid at finde lidt, men samtidig også kun forholdsvis lidet  $\text{MnO}$  i vor titanførende jernmalm, — en konklusion, hvis rigtighed verificeres ved analyserne:  $\text{MnO}$ -gehalten beløber sig oftest til 0.2—0.7 %, undtagelsesvis op til 2 %, og proportionen mellem Fe og Mn falder i regelen inden grænserne 200—50 Fe: 1 Mn, sjelden kun 20 Fe: 1 Mn.

De forskellige bergarttyper i det Ekersund'ske noritfelt viser, som tidligere fremhævet, en stærkt vekslende  $\text{P}_2\text{O}_5$ -gehalt,

<sup>1)</sup> Vedrørende de chemiske betingelser for dannelse af spinel i smeltmasser henvises til mine tidligere arbejder »Studier over slagger, I» (Bih. till K. Sv. Vet.-Akad. Handl. 1884) og »Gesetze der Mineralbildung in Schmelzmassen usw.» (Archiv f. mathem. og naturv. B. 14, 1890).



idet denne forløber fra kun omkring 0.002 % i labradorstenen op til 2 eller lidt over 2 % i de yngst gennemskjærende gange (norit- og olivindiabas-gange). Denne eiendommelighed kan kun fortolkes ved en storartet og indgribende diffusionsvandring af fosforsyren (eller apatiten) i det oprindelige magmabassin: næsten den totale  $P_2O_5$ -kvantitet har diffunderet ud til de partiell-magmaer, hvoraf enstatitgraniten, den mørke hypersthen-rige norit og olivindiabasgangene resulterede; i der resterende labradorsten-magma er kun bleven tilbage små spor af fosforsyre.

Til sammenligning kan indskydes, at apatit, sammen med perowskit, magnetit, ilmenit osv., spiller en meget fremtrædende rolle i de intratelluriske<sup>1)</sup> udsondringer (A. SAUERS<sup>2)</sup> »endogene Einschlüsse»), som man møder i enkelte nepheliniter og nephelin-basalter, ex. den bekjendte bergart fra Oberwiesenthal i Sachsen.

Vi skal så gå over til at undersøge koncentrationsforholdet af fosforsyren på vare basiske magnetit-rige udsondringer. — I Kristiania-distriktets glimmersyenitporfyr-gange finder vi, som tidligere påpeget, fosforsyren stærkt ansamlet i den basiske grænsezone; da dog koncentrationen — diffusionen — her, som vi senere skal påvise, er fremkaldt ved andre faktorer end hos de egentlige malm-udsondringer, tør vi ikke uden videre transportere over den vundne erfaring vedrørende fosforsyre diffusionsvandring fra de postsiluriske gange til også at gjælde for vor malm-udsondringer.

Alle de Ekersund'ske titanjernforekomster er, såvidt mig bekjendt, bundne til selve labradorstenen (altså ikke til den mørke norit eller nogen af de øvrige bergarter), ertsmasserne er fremgaaede af den allerede ved tidligere stedfunden differentiationsproces resulterende på fosforsyre stærkt fattige labradorsten-magma. I overensstemmelse hermed finder vi, at også ertsmasserne her normalt er yderst fattige på fosforsyre (vanlige gehalt kun 0.015—0.020 %  $P_2O_5$ ); i forhold til den omgivende moder-bergart synes fosforsyren i sin almindelighed at

<sup>1)</sup> H. ROSENBUSCH, Mikrosk. Phys. d. Gesteine, s. 791 og følg.

<sup>2)</sup> A. SAUER, Section Wiesenthal, Sachsens geol. unders. (1884).

være koncentreret noget, dog ikke så stærkt som jerngehalten.<sup>1)</sup> — Kun i et enkelt fald er ved de Ekersund'ske forekomster antruffet et lokalt begrænset fosforsyrerigt malmparti, med 1.2 %  $P_2O_5$ ; årsagen til denne tilsyneladende tilfældighed kan på vort nuværende kjendskab ikke udredes.

De svenske under Taberg-typen henhørende forekomster karakteriseres ved middels fosforsyregehalter, — 0.127, 0.118, 0.07, 0.07 %  $P_2O_5$  (Ålnö 0.002 %  $P_2O_5$ ) = 0.055, 0.052, 0.03, 0.03 (0.001) % P; — da moder-bergarterne her, nemlig olivin-hyperiten og olivindiabasen, i sin almindelighed betegnes ved forholdsvis nogenlunde høi apatittilblanding, tør man vistnok udlede som resultat, at fosforsyren ved den magmatiske differentiation i alle fald ikke er bleven koncentreret i samme proportion som jernoxyderne.

I vore glimmersyenitporfyr-gange er *kisen* stærkt ansamlet i de basiske grænsezoner, — på vore malm-udsondringer derimod synes *kis*-koncentrationen at have været forholdsvis lav.<sup>2)</sup>

Ingen af de undersøgte bergarter holder så meget zirkon, at vi kan levere oplysninger om koncentrationen — diffusionsvandrings-hastigheden — af denne forbindelse.

Som i denne afhandling nærmere udviklet, optræder på den skandinaviske halvö i de forskjellige mere eller mindre *basiske* eruptiver, — labradorsten, diverse gabbroer, olivindiabas, — en temmelig talrig række ved magmatisk koncentration dannede jernertsforekomster, nemlig foruden Taberg og de mange tildels kjæmpemæssige udsondringer i den Ekersund'ske labradorsten ialt mindst 18 enkelte forekomster. I *sure* eruptiver, — ex. granit, kvartsførende syenit eller diorit, osv. — derimod kjendes, hverken i Norge eller Sverige ligesålidt som ellers i verden, ikke

<sup>1)</sup> Da det dog her dreier sig om ganske små tal, kan dette theoretiske resultat ikke opfattes som uomtvisteligt.

<sup>2)</sup> Magnetkis (med lav nikkelgehalt) er i Ekersund-feltet hist og her ansamlet til selvstændige forekomster.

en eneste hidhørende forekomst,<sup>1)</sup> — et forhold som er des mere påfaldende, nær det erindres, at granit overhovedet er den mest udbredte eruptiv.<sup>2)</sup> Fordelingen af forekomsterne, — i basiske eruptiver alt-i-alt antagelig mindst et halvt hundrede, i granit ingen, — kan ikke fortolkes som et spil af tilfældighed, men må være af lovmæssig natur: i granit er basiske udsondringer vistnok i og for sig nogenlunde hyppige, men koncentrationsgraden er her i regelen lidet fremskreden,<sup>3)</sup> og særlig voxer magnetitmængden her neppe nogetsteds til betydelige beløb. Også må tages med i betragtning, at graniterne i og for sig er forholdsvist fattige på jernoxyder, idet de oftest kun indeholder 0.5—3, sjelden op til 5—6 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ ; endvidere, at  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  og  $\text{FeO}$  på grund af den kemiske massevirkning<sup>4)</sup> i relativt stærkere grad bindes til kiselsyren (eller silikaterne) i de sure end i de basiske smeltmasser. Endelig kan vi også gjøre opmærksom på, at i granit-magmaerne indgår titansyren for en væsentlig del i mineralet titanit og kun underordnet i titanjern eller magnetit; a priori må derfor formodes, at hvis man undtagelsesvis skulde støde på en basisk jernmalm-udsondring i granit, så vilde denne ikke udmærke sig ved nogen særlig høi titansyregehalt.

<sup>1)</sup> Som vi i senere afsnit af dette arbejde nærmere skal påvise, er den i den postsiluriske granit ved Meisholt i Skien-dalen optrædende jernmalm (se T. DAHLL, *Nyt mag. f. naturv.* B. 9, 1857, s. 328) dannet ved pneumatolytisk proces; forekomsterne ved Solberg nær Tvedestrand, i »jern-granitel» (Th. KJERULF og T. DAHLL, *Nyt mag.* B. 11, 1861) derimod tilhører Arendal-typen.

<sup>2)</sup> Efter F. W. CLARKES meget omfattende sammenstillinger (Philosophical society, Washington) indeholder eruptiverne, regnet *en-bloc*, 56.8—61.9, middel 58.6 %  $\text{SiO}_2$ .

<sup>3)</sup> Exempelvis kan anmærkes, at ved de af A. G. HÖGBOHM beskrevne basiske udsondringer i Upsala-graniten (Geol. Fören. Förh. B. 10, 1888) er  $\text{SiO}_2$ -gehalten kun sunket fra 65—68 % i graniten til 54.7 % i de basiske udsondringer; i sidstnævnte optræder apatit, pyrit och magnetit i koncentreret form, desuden har magnesia-jern-silikaterne voxet i mængde; endvidere møder vi i udsondringerne en basisk, i den omgivende granit derimod en sur plagioklas, — forholdet er altså i så fald som ved glimmersyenitporfyrgangene med tilhørende grønsøsezone.

<sup>4)</sup> Se herom afsnittet »Magnetit» i mit arbejde »Beitr. z. Kenntn. d. Geseztes der Mineralbildung in Schmelzmassen usw.»

I de palæo- og neovulkanske basiske dækkebergarter finder vi nu og da, som f. ex. i Unkel-basalten i Siebengebirge, nogle små klumper titanomagnetit; malm-udsondringer af nævneværdig størrelse er dog her neppe kjendt.

De basiske, magnetit-rige zoner ved Kristiania-feltet glimmersyenitporfyr-gange er, som tidligere omhandlet, lovmæssig bundne til grænsen mod sidestenen; ligeledes optræder talrige i eruptiver hjemmehørende ertsforekomster, eksempelvis forekomsterne af nikkelholdig magnetkis i og ved gabbro (norit), fortrinsvis på selve grænselinjen eller i umiddelbar nærhed af samme; på forhånd kunde derfor formodes, at også vore basiske jernrige malm-udsondringer skulde være at opfatte som grænsefacies-dannelser; så er dog ikke tilfælde, tværtom. Ved Taberg optræder således malmen ikke i hyperitmassivets periferiske, men i de centrale dele; og af alle de talrige forekomster i Ekersund-distriktet møder vi ikke en eneste i nærheden af grænsen, men alle inde i eruptiv-feltets midtre dele. Det kan også påpeges, at labradorstenen i omgivelserne af titanjernforekomsterne er stærkt grovkornig; koncentrationsprocesserne af det basiske materiel må altså have krævet tid og ro. Dette er sandsynligvis også grunden til, at malm-udsondringer af nævneværdig betydning aldrig (eller i alle fald kun som yderste sjældenhed?) antræffes i dækkebergarter.

Koncentrationen af de forskellige på vore basiske malm-udsondringer optrædende mineraler må på forhånd supponeres at have gået for sig efter et af følgende tre alternativer: a) mineralerne kunde først være blevne udsondrede i *fast* aggregatstand og senere *mekanisk ansamlede* i den endnu flydende moderlud; b) mineralerne kunde først være blevne udsondrede, koncentreret og derpå *resorberede* i forhåndenværende moderlud; herved vilde fremkomme en jernrig og basisk magma, hvori den endelige krystallisation måtte have fundet sted; c) koncentrationen kan

endelig også have gået for sig ved *diffusion* af vædskemoleküler,<sup>1)</sup> i den endnu fuldstændig flydende magma, altså uden udsondring af mineral i fast aggregatstand.

Såvel ilmenit-noriten som magnetit-oliveniten er at opfatte som normale eruptivbergarter, hvor intet spor til mekanisk agglomeration kan observeres, og hvor følgelig krystallisationen må have fundet sted *in situ*; ved det førstnævnte alternativ kan forekomsterne således ikke fyldestgørende fortolkes.<sup>2)</sup> — Heller ikke synes de forskellige eiendommeligheder at kunne forklares derved, at de fast udskilte mineraler først er blevne koncentrerede og derpå resorberede.<sup>3)</sup> For det første måtte man i så fald vente nu og da at træffe ikke fuldstændig resorberede rester, hvilke dog overalt mangler. Dernæst må fremhæves, at den kemisk-mineralogiske sammensætning af vore udsondringer neppe uden videre kan forklares ved stoftilførsel i *fast* aggregatstand med derpå følgende resorbtion;<sup>4)</sup> endelig må som et end vigtigere moment fremhæves, at malin-udsondringerne kun kan opfattes som et special-fald af basiske udsondringer i sin almindelighed

1) Vedrørende begrebet vædskemolekül, »Flüssigkeitsmolekül«, henvises særlig til A. Fock's »Einleitung in die chemische Krystallographie« (1888).

2) Som bl. a. af Clarence King (Systematic geology, s. 678) ved undersøgelse af endnu smeltende lava fra Kilanea godtgjort, vil porfyrisk udskilte feldspath- og augitkrystaller, på grund af tyngdens indvirkning, tildels synke tilbunds i lavastrømme; på denne vis kan altså i visse fald fremkomme en forandring af bergartens sammensætning, — forklaringen passer dog ikke på vore malin-udsondringer.

TÖRNEBOHM udtaler i sin afhandling om Taberg-malmen, at denne »skulle kunna sägas vara en varietet af hyperit, i hvilken denna bergarts tyngsta mineral — magnetiten och olivenen — hopat sig, utträngande de öfriga.»

3) En sådan proces foresvævede mig forøvrigt ved udarbejdelsen af min tidligere beskrivelse over Ekersunds-forekomsterne.

Om magmatisk differentiation fremkaldt ved udsondring og påfølgende resorbtion henvises til nogle bemærkninger af J. J. H. TEALL i en afh. om Cheviot-bergarterne (Geol. magaz., 1885, s. 119).

4) Eksempelvis kan påpeges den høje MgO-gehalt i titanjerastenen fra de massive forekomster i Ekersund-feltet; — endvidere overgangen fra orthoklas + sur plagioklas til basiske plagioklas, uden orthoklas, ved de basiske grænsezoner langs glimmersyenitporfyrgangene. Ved disse gange måtte resorbtionen i tilfælde have fundet sted netop i den stærkest afkjølede zone (langs grænsen).

og, seet end mere generelt, af differentiation *en-gros* af hele magmabassiner. Årsagen til disse storslagne processer kan ikke føres tilbage til resorbtiions-fenomener, der altid i større eller mindre udstrækning vil bero på tilfældige lokale temperaturforholde, men må, som tidligere pointeret af en række forskere, bl. a. J. J. H. TEALL,<sup>1)</sup> W. C. BRÖGGER<sup>2)</sup> og H. ROSENBUSCH,<sup>3)</sup> skyldes diffusion, i den endnu fuldstændig smeltede magma.

Hvad igjen årsagerne har været til denne diffusion, blir et nyt problem, som vistnok på videnskabens nuværende standpunkt ikke med fuld sikkerhed kan udredes, men som vi dog skal forsøge at belyse.<sup>4)</sup>

Experimental undersøgelse vedrørende diffusion i silikat-magmaer er til dato, såvidt mig bekjendt, overhovedet ikke engang forsøgt og lader sig vel heller ikke med vore nuværende hjælpemidler gennemføre; vi får derfor indskrænke os til at søge vor tilflugt til de vedrørende saltopløsninger foretagne studier, idet vi erindrer om, at der ikke er nogen væsensforskjel mellem salt- og smelte-opløsning.

Angående den indflydelse, som temperatur-difference og tyngde udøver på saltopløsningers homogenitet, skal vi hidsætte et kort referat efter W. OSTWALDS Lehrb. d. allgem. Chemie,

<sup>1)</sup> British petrography. 1888. Chap. 13.

<sup>2)</sup> Mineralien der Syenitpegmatitgänge osv. 1ste del, s. 80—90.

<sup>3)</sup> Ueber die chem. Beziehungen der Eruptivgesteine. Tscherm. Min. petrogr. Mitth. B. 11, 1890.

<sup>4)</sup> ROSENBUSCH (l. c.) søger forklaringen deri, at »gewisse Stoffe in schmelzflüssiger Lösung sich gegenseitig in gewissen Mengenverhältnissen bedingen und ausschliessen». . . . »Diese Legirungen oder Verbindungen, wie sie nun auch zu nennen seien, z. B. die Magmen  $\gamma$  (Elaiolithsyenit) und  $\pi$  (Peridotit), sind offenbar in einander unlöslich.» Med andre ord, de forskjellige »Legirungen» skulde forholde sig til hinanden omtrent som vand og olje (kanske mere treffende som bly og zink), eller de skulde ikke »fugte hinanden». — Denne fortolkning synes mig dog meget lidet treffende; efter den faktisk vundne erfaring kan de forskjellige silikater smelte sammen i alle mulige blandingsforhold, og såvidt mig bekjendt foreligger ingen observation, som skulde antyde, at visse silikater senere skulde sive ud, fordi de under givne temperaturbetingelser var uopløselige eller lidet opløselige i hinanden.

Den oprindelig af TEALL påpegede vei til forklaringen af den magmatiske diffusions-differentiation vil sandsynligvis føre sikrere til målet.

B. I, Stöchiometrie (1891), afsnit »Homogenität der Lösungen» (s. 699—702):

Når forskjellige dele af en oprindelig homogen saltopløsning udsættes for forskjellig temperatur, finder der sted en forandring i saltfordelingen, idet opløsningens kolde del blir mere koncentreret end den varme. Theorien for dette fenomen er bleven udviklet af VAN'T HOFF:<sup>1)</sup> det osmotiske tryk voxer proportionalt med den absolute temperatur, der må altså finde sted en diffusion fra det varmere til det koldere sted, indtil det osmotiske tryk beggesteds er lige høit; koncentrationsgraden må altså forholde sig omvendt proportional med den absolute temperatur. Den theoretiske konklusion var allerede i forveien bleven verificeret ved eksperimenter af C. LUDWIG<sup>2)</sup> og særlig CH. SORET.<sup>3)</sup> — At den fremkomne difference i koncentration i virkeligheden er ganske betydelige, illustreres bedst ved et eksempel: er temp. etsteds i opløsningen = 20° og et andetsteds = 80°, så blir koncentrationsforskjellen:

$$(273 + 80) : (273 + 20) = 373 : 293 = 1.205 : 1,$$

d. i den kolde del 1.205 mere salt end i den varme. Anmærkes kan samtidig, at diffusionen kræver forholdsvis lang tid, — og desuden, at lovens matematiske udtryk synes at måtte undergå nogen modifikation eller korrektion, når der handles om stærkt koncentrerede opløsninger; et enkelt experiment angiver, at koncentrations-differencen her er endnu stærkere end efter den oven angivne formel, — dette kræver dog fortsat experimentel undersøgelse.

Vedrørende tyngdens indflydelse har GOUY og CHAPERON<sup>4)</sup> på grundlag af de thermodynamiske love leveret en theoretisk studie: kun i de fald, hvor opløsningen ved en liden koncentra-

<sup>1)</sup> Die Rolle des osmotischen Druckes in der Analogie zwischen Lösungen und Gasen. Zeitschr. f. phys. Chemie, B. 1, 1887.

<sup>2)</sup> Wien Ber. B. 20, 1856, s. 539.

<sup>3)</sup> Archives des Sciences phys. et nat. Sér. 3, B. II, 1879, s. 48. — Annales de Chim. et de Phys. Sér. 5, B. 22, 1881, s. 293.

<sup>4)</sup> Sur la concentration des dissolutions par la pesanteur. Annales de Chimie et de Physique. Sér. 6, B. 12, 1887.

tionsforandring ikke forandrer sin specifikke tæthed, gjør tyngdens indflydelse sig ikke gjældende; hvor derimod opløsningen ved stigende koncentration blir tættere, vil de nedre skikt blive stærkest koncentrerede, og omvendt. Forøvrigt er den fremkomne difference så ubetydelig, at den i vanlige saltopløsninger ikke eller i alle fald kun med yderste vanskelighed lader sig konstatere, selv ved rør af 100 *m* höide; af denne grund kan en række ældre eksperimenter (af BEUDANT, GAY-LUSSAC, LIEBE med flere), hvorved nogen forskjel ikke med sikkerhed kunde konstateres, overhovedet ikke tillægges nogensomhelst betydning.<sup>1)</sup>

Som bekjendt tiltager i sin almindelighed eruptiv-bergarternes specifikke vægt med voxende gehalter på de rene jernoxyd-mineraler (magnetit, jernglans, titanjern) og på de forskjellige magnesia-jern-silikater (olivin, pyroxener, amfiboler, glimmer, af sp. v. 2.8—3.5, oftest 3—3.3); da kontraktionen ved overgang fra flydende til fast og fuldt afkjølet tilstand bestandig synes at have været nogenlunde lige höi, må eruptiv-magmaernes specifikke vægt under ellers lige forholde stige ved tilførsel af vædskemoleküler af magnetit, titanjern, magnesia-jern-silikater, endvidere svovl- og magnetkis, zirkon, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-rige forbindelser, osv. —  $\rho$ : disse vædskemoleküler vil på grund af tyngdens indvirkning udsættes for en kraft, der drager dem nedad i magma-bassinerne.

Endelig må vi også tage med i betragtning den magnetiske attraktion: Alle hidtil undersøgte homogene vædsker og saltopløsninger har vist sig at være magnetiske; enkelte, som f. ex. vand, er diamagnetiske, andre, deriblandt en flerhed af de tunge metalsalters vandige opløsninger, paramagnetiske, og særlig udmærker opløsninger af jern- (og nikkel-, kobolt-)saltene sig ved

<sup>1)</sup> H. ROSENBUSCH (Mass. Gesteine, 2te Aufl., s. 339) går uden videre ud fra, at »in einem Eruptivmagma eine Differenzirung nach dem specifischen Gewichte stattfindet, wie in einer Salzlösung, die längere Zeit in einem hohen Becherglase in Ruhe bleibt.« Rigtigheden af denne konklusion bestrides af A. LAGORIO (Natur der Glasbasis usw., s. 511), under henvisning til de ældre eksperimenter af LIEBE (1857); i henhold til den af GOUY og CHAPERON (1887) leverede theoretiske udvikling har dog ROSENBUSCH her ret.



en relativ stærk paramagnetisme. I overensstemmelse hermed tør man temmelig sikkert gå ud fra, at de forskjellige jernoxyd-mineraler, magnetit, titanjern osv., samt de jernrige silikater, opløste i smeltende silikatmagmaer, betegnes ved en mere eller mindre fremtrædende paramagnetisme.<sup>1)</sup> — På grund af jordmagnetismens indvirkning vil de magnetiske vædskemoleküler blive orienterede med enslydende poler, og der vil følgelig opstå en attraktionskraft mellem nærliggende moleküler, — en kraft, som vistnok er minimal liden, af anden, kanske af tredje orden, men som dog er en kraft. Er opløsningen oprindelig aldeles homogen, vil disse uendelig mange differentielt små attraktionskræfter antagelig medføre minimale tilnærmelser mellem nærliggende vædskemoleküler, men derimod ikke nogen videregående koncentration, idet de uendelig mange ligestore attraktions- og repulsionskræfter holder hinanden i ligevægt; ved indtrædt lokal anrigning, fremkaldt f. ex. ved temperaturforandring, tyngdens indvirkning, tilfældige strømninger osv., af de magnetiske elementen vil derimod koncentrationen på grund af den magnetiske attraktion stadig skride videre og videre fremover.

Når man skal forsøge at applicere de for saltopløsninger (typus kogsalt i vand) gjældende love på de smeltede silikatmagmaer, står man strax lige over for problemet, hvad der her skal opfattes som det »opløste«, — TEALL'S »the dissolved«, ekvivalerende kogsaltet, — og hvad som »opløsningsmiddelet«, — TEALL'S »the dissolver«. — I et senere arbejde (de afsluttende kapitler af »Beiträge zur Kenntniss der Gesetze der Mineralbil-

<sup>1)</sup> Denne slutning bestyrkes ved nogle af G. WIEDEMANN (se dennes »Lehre von der Elektrizität, B. 3, s. 851) foretagne undersøgelser, ifølge hvilke det magnetiske moment af opløste salte (ex. jernchlorid) er uafhængig af opløsningsmiddelet (ex. vand, alkohol, æther).

Forøvrigt må bemærkes, at de magnetiske ytringer i sin almindelighed stærkt afsvækkes ved meget høje varmegrader (den temporære magnetisme af jern, nikkell, kobolt vokser indtil mørk rødglød, men aftager senere stærkt og er ved hvidglød nul eller næsten nul; i henhold til nogle undersøgelser af FARADAY (se WIEDEMANN'S Elektrizitet, B. 3, s. 901) synes de samme elementers oxyder i svagere grad at tabe sin magnetisme end selve metallerne).

dung usw., Archiv f. mathem. og naturv.) skal jeg forsøge at levere en udredning af dette komplicerede spørgsmål; her kun nogle foreløbig orienterende bemærkninger.

Ved individualisation i silikatmagmaer fremgår mineralerne som resultat af de kemiske massevirkninger,<sup>1)</sup> hvis yttringer kun inden relativt enge grænser modificeres ved de fysiske faktorer, tid, tryk, temperatur osv. (»agén's minéralisateurs» henregnes til de kemiske faktorer). På grund af den kemiske aktion individualiseres visse »vædske-moleküler», som foreløbig holdes opløste i den resterende magma, og som først ved indtrædt sænkning af temperatur (eventuelt tryk) udsondres i fast aggregat-tilstand. De på hvert enkelt stadium først udkrystalliserende mineraler kan følgelig opfattes som oprindelig »opløste» i den resterende »moderlud». <sup>2)</sup>

Allerede tidligere har J. J. H. TEALL (1886—88), A. LAGORIO (1887) og W. C. BRÖGGER (1889—90), — hvilke forskere endnu ikke kjendte VAN'T HOFF'S theoretiske udvikling (1887), — benyttet SORET'S undersøgelser over temperaturens indflydelse på saltfordelingen i vanlige opløsninger<sup>3)</sup> til forklaring af diffe-

<sup>1)</sup> Se herom mine tidligere arbejder »Studier over slagger» (1884) og »Gesetze der Mineralbildung usw.» (1888—90) samt A. LAGORIO »Ueber die Natur der Glasbasis, sowie der Krystallisationsvorgänge im eruptiven Magma» (1887).

<sup>2)</sup> I modsætning hertil hersker hos en flæthed af petrografer den opfatning, at »die Krystallisationsfolge in erster Linie durch den Grad der *Schwerlöslichkeit* der im Magma vorhandenen Verbindungen bestimmt ist». Dette begreb synes mig dog ikke at give fyldestgørende forklaring på de faktisk stedfindende forholde. Exempelvis kan nævnes: i (Mn, Fe)O-silikatmagmaer af aciditetsgrad 1.65 er krystallisationsserien 1) metasilikat (rhodonit), 2) orthosilikat (olivin); ved lidt lavere aciditetsgrad, 1.55—1.60, møder vi derimod den stik omvendte rækkefølge. I basiske, middels  $Al_2O_3$ -rige magmaer krystalliserer ved forhold  $Ca : (Mg, Mn, Fe) = 7 \text{ à } 6.5 : 3 \text{ à } 3.5$  først melilith, sidst olivin; — ved lidt mere (Mg, Mn, Fe) begge mineraler samtidig; — allerede ved  $Ca : (Mg, Mn, Fe) = 5.5 \text{ à } 5 : 4.5 \text{ à } 5$  derimod først olivin, sidst melilith. Årsagen til sådan gjenemgribende lovmæssighed kan ikke være at søge i, at mineralerne fuldstændig forandrer sin opløselighedsgrad ved underordnede differentiationer af moderluden, men må betinges ved virkningerne af de kemiske affinitetskræfter.

<sup>3)</sup> TEALL betegner dette fenomen i korthed som »SORET'S principle», der »may have important geological applications».

rentiation af silikatmagmaer; særlig vil det være kjendt, at BRÖGGER herved har leveret en ligeså enkel som træffende forklaring<sup>1)</sup> på den så høist interessante aldersfølge af eruptiverne i Kristiania-feltet: først basiske og samtidig jern- og magnesia-rige bergarter, derpå gradvis stadig surere og surere led (tilslut påny mere basiske, hvorom senere).

I et magmabassin vil på grund af afkjølingen fra oven de først individualiserede vædskemoleküler udsættes for en kraft, som drager dem opad mod bassinets øvre grænse; på grund af tyngdens indvirkning vil jernoxydernes og magnesia-jern-silika-ternes vædskemoleküler samtidig være gjenstand for en kraft, som virker mod jordens centrum; resultatet vil sandsynligvis blive en koncentration af de først udkrystalliserende bestanddele<sup>2)</sup> mod den øvre grænse på grund af afkjølingen; dernæst i de centrale dele en neutral zone, hvor de to modsat virkende kræfter holder hinanden i ligevægt,<sup>3)</sup> og endelig en basisk koncentration mod bassinets nedre grænse, på grund af tyngdens

<sup>1)</sup> Kun fortolkes (l. c., s. 85) SORÉT's undersøgelser didhen, at »die in dem Magma am schwersten löslichen Verbindungen» skulde diffundere mod magma-bassinets afkjølingsflade (øvre grænse).

<sup>2)</sup> Ved undersøgelser af det Ekersund'ske noritfelt er det godtgjort, at magmaens fosforsyre- (eller apatit-)gehalt i stærkt fremtrædende grad kan være udsat for differentiation (labradorstenen med ca. 0.002, de gjennemsettende normalkornige noritgange derimod med 2.13 %  $P_2O_5$ ); ligeledes lærer vi af de tidligere ohandlede glimmersyenitporfyrgange, at forfosyren ved temperatur-sænkning diffunderer mod magmaens lavest afkjølede zone. I overensstemmelse hermed må det ventes, at de basiske begyndelsesled af en eruptionsperiode karakteriseres ved relativ høi apatit-tilblanding. For Kristiania-eruptivernes vedkommende har dette thema endnu ikke været optaget til nærmere drøftelse; efter det rent foreløbige kjendskab, jeg har til de stedfindende forholde, kan dog fremholdes, at 1ste og 2den eruptivseries bergarter (gabbrodiabaserne, laurvikiterne og laurdaliterne) synes at være fosforsyre-rigere end 4de, 5te og 6te serie (graniterne). — Da apatit viser høiere specifik vægt (3.16—3.22) end de fleste eruptiv-bergarter, vil mineralet sandsynligvis også til en vis grad koncentreres i magmabassinets nedre strøg; følgelig må på forhånd formodes, at Kristiania-feltets slut-eruptiver, diabaserne, skal være mere fosforsyrerige end de lidt ældre graniter.

<sup>3)</sup> Temperaturen's indflydelse vil gjøre sig gjældende med stadig svagere og svagere intensitet, jo længere man fjerner sig fra afkjølingsfladen.

indflydelse; vi må altså vente først basiske, dernæst stadig surere og surere, tilslut for anden gang basiske eruptioner.<sup>1)</sup>

I de tidligere beskrevne glimmersyenitporfyr-gange med tilhørende basiske, jernrige grænsezoner har vi et usædvanlig in-struktivt eksempel<sup>2)</sup> på temperaturens indflydelse på den magmatiske differentiation: alle de på tidligt stadium individualiserede forbindelser, — nemlig magnetit,<sup>3)</sup> svovlkis, apatit og glimmer, — har i meget rigelig mængde diffunderet hen til den stærkest afkjølede zone.<sup>4)</sup> — Ved de basiske malm-udsondringer, typus

<sup>1)</sup> BRÖGGER (l. c., side 88) fremsætter den forklaring på de basiske slut-erup-tioner i Kristiania-feltet, at de i magmabassinets øvre dele først i fast ag-gregattilstand udskilte basiske mineraler på grund af tyngden skulle have sunket ned i de dybereliggende strøg, hvorpå de her resorberedes (efr. oven-for alternativ b). En diffusionsvandring af vædskemolekulerne synes dog mere plausibel.

<sup>2)</sup> I alle fald er dette eksempel ganske anderledes lærerigt end det af TEALL fremholdte, gangene ved Eskdale (Brit. petrography, s. 195—196, 402—403). — Se forøvrigt en bemærkning af ROSENBUSCH »Chem. Bezieh. d. Eruptiv-gesteine», s. 174.

<sup>3)</sup> At magnetiten er bleven koncentreret i betydelig stærkere proportion end glimmeren, kan formentlig sættes i forbindelse med, at førstnævnte mine-rals vædskemolekuler individualiseredes på noget tidligere stadium end sidstnævntes; forøvrigt kan de enkelte bestanddeles forskellige diffusions-vandringshastighed samt flere endnu lidet kendte eller slettede ukjendte fak-torer tilskrives en mere eller mindre fremtrædende betydning

<sup>4)</sup> Årsagen til, at også feldspathens karakter gradvis forandres, — idet ortho-klasen aftager og plagioklasen stadig blir mere og mere basisk, — jo nær-mere man kommer grænsen, må bero på en individualisationsproces af tem-melig kompliceret natur; kun antydningvis skal vi forsøge en forklaring: idet magnetit- og glimmer-mængden vokser, blir magmaens totale SiO<sub>2</sub>-gehalt og dermed også dens aciditetsgrad lavere og lavere; deraf vil sandsynligvis resultere, at de feldspath-vædskemolekuler, som individualiseres på stadium no. 3, efter glimmeren, også blir af mere og mere basisk natur; hvis også disse molekuler begiver sig på vandring henimod afkjølingsflader, — så den oprindelige moderlud lidt efter lidt i sin helhed fortrænges, — vil der re-sultere en basisk grænsezone som den i virkeligheden forefundne.

Den samme proces, som i vore smale gange på grund af den store temperaturforskjel i midten og ved grænsen kun kræver et forløb af nogle få decimeter, synes også at have afspejlet sig ved en-gros-differentiationen af magmabassinerne. Kristiania-feltets første eruptionsserie (gabbrodiaba-erne) karakteriseres ved basisk plagioklas, de sidste serier (nordmarkiterne, natrongraniterne og granititerne) derimod ved orthoklas og sur plagioklas.

Taberg-Ekersund,<sup>1)</sup> derimod må den magmatiske differentiation have beroet på ganske andre årsager, idet de malmrige strøg her ikke er bundne til grænsen; tvertom. Den gangformige optræden såvel af ilmenit-noriten som af de næsten rene titanjernmasser i det Ekersund'ske noritfelt, ligeledes malm-koncentrationen netop i de centrale dele af Tabergs hyperitmassiv angiver, at dannelsen af de basiske udsondringer i foreliggende fald ikke kan afhænge af nogen superficiel proces, men at den må sættes i forbindelse med diffusionen i magmabassinernes dyb. Tyngdens indvirkning på de specifikke tyngste vædskemoleküler kan her tilskrives en vis indflydelse, dog synes det lidet sandsynligt, at der alene på grund af denne ene faktor skulde kunne resultere så fremtrædende lokale koncentrationer som dem, vi i virkeligheden møder. Antagelig har også den magnetiske attraktion, — vistnok svagt, men permanent virkende gennem langvarige tidsperioder, — mellem de forskellige paramagnetiske vædskemoleküler gjort sig gjældende: på grund af tyngden har de først in-

<sup>1)</sup> I modsætning hertil må fremhæves, at forekomsterne af nikkelholdig magnetkis, typus Ertelien, Meinkjær-Nysten osv., i de allerfleste fald må karakteriseres som grænsefaciesdannelser ved gabbro (sorit). Dette kunde bero derpå, at ertsens bestanddele under selve gabbro-eruptionerne fremkom under form af emanationer, som fortrinsvis banede sig vei langs grænsen, idet modstanden der var mindst. En anden fortolkning, som i alle fald jeg ikke tidligere har havt min opmærksomhed hevet på, kunde være, at kisen bestanddele oprindelig tilhørte den eruptive magma, og at kisen senere ved diffusion, fremkaldt ved afkøling (»Soret's principle«), koncentreredes i grænsezonen (cfr. Huk-gangen). På grund af den kemiske massevirkning (man erindre FOURNET's række) måtte jernsulfidet i så fald optage i sig næsten magmaens totale kobbergehalt og den allervæsentligste del af nikkel- og kobolt-gehalterne (relativt mindst kobolt; til sammenligning indskydes, at ved tilsats af CaS til en MnO-rig silikatsmeltemasse udsondrer sig ved afkøling ikke CaS, men MnS eller (Mn,Ca) S, se »Gesetze der Mineralbildung«, sulfid-afsnittet; garnieret tilgodegjøres tildels ved smeltning med CaS, hvorved resulterer en nikkelrig skjærsten). Herved vilde man få en enkel forklaring på den, som det synes, lovmæssige relation mellemforekomsterne af nikkelholdig magnetkis og diverse basiske eruptiver, hvis silikatmineraller selv jævnlig karakteriseres ved en liden nikkelgehalt (man erindre den næsten konstante nikkelgehalt i olivin og deraf fremkommet serpentin). — De to tilsyneladende modstridende hypoteser kan let kombineres derved, at de ved emanationer tilførte ertsbestanddele blev opløste i den endnu smeltende silikatmagma.

dividualiserede vædskemoleküler, — af jernoxydminerallerne og de forskellige magnesia-jern-silikater, — fået en bevægelsesretning mod jordens centrum; og samtidig har de på enkelte steder på grund af den magnetiske attraktion nærmet sig ind mod hinanden indbyrdes.

Ved de her udviklede forestillinger får vi en enkel forklaring på den kjendsgjerning, at det på vore basiske malm-udsondringer netop er vedkommende jernoxydmineral, der koncentrerer i stærkest grad, og at vi som slutprodukt af koncentrationen erholder titanjern, eventuelt titanomagnetit, uden eller i alle fald kun med minimal silikat-tilblanding: jernoxydminerallerne vædskemoleküler individualiseres på meget tidligt stadium, samtidig udmærker de sig såvel ved høiere specifik vægt som ved stærkere magnetisme end de øvrige forbindelser, — på grund af samvirken af alle tre faktorer her den stærkest mulige koncentrationsgrad; andet krystallisationsstadiums magnesia-jern-silikaters vædskemoleküler individualiseres på senere trin og betegnes ved lavere specifik vægt og svagere magnetisme, — derfor mindre udpræget koncentration; apatiten individualiseres vistnok tidlig, endog tidligere end jernoxydminerallerne, men har forholdsvis lav specifik vægt og karakteriseres sandsynligvis ved forsvindende svag magnetisme (muligens diamagnetisme?), derfor under normale forhold lidet fremtrædende koncentration. Svovlkisen og antagelig end mere pointeret magnetkisen vil sandsynligvis koncentreres under nogenlunde samme betingelser som jernoxydminerallerne; forøvrigt kan nærmere klarhed over dette forhold først erholdes ved fortsatte undersøgelser over den indbyrdes relation mellem vore titanjern- eller titanomagnetit-udsondringer på den ene side og forekomsterne af nikkelholdig magnetkis på den anden.

Endnu nogle hypothetiske bemærkninger, som dog fjerner sig temmelig langt fra observationernes sikre fodfæste: På grund af gravitationens indvirkning måtte i den archaiske eller præarchaiske periode de specifik tyndste vædskemoleküler, — af gediegent jern, jernoxydmineraller, magnesia-jern-silikater osv., —

i den endnu i sin helhed smeltede jordklode koncentrerer sig mod jordens indre, hvorved muligens kan forklares hele jordklodens høie specifikke vægt (ca. 5.5). I henhold til de oven udviklede synsmåder skulde vore basiske malm-udsondringer kunne opfattes som en genetisk ekvivalent for jordklodens oprindelig smeltende kjerne; den magmatiske koncentration skulde i det ene tilfælde skyldes indvirkning af tyngden, i det anden den kombinerede indvirkning af tyngde og magnetisme. — I virkeligheden synes vi også at kunne påvise visse analogier<sup>1)</sup> mellem vore malm-udsondringer og meteoritterne, der i petrografisk og kemisk henseende efter al sandsynlighed ekvivalerer de indre dele af vor jordklode: malm-udsondringerne karakteriseres ved høi jerngehalt (jernet som  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  og  $\text{FeO}$ ) og, i alle fald på et mellemgangsstadium, ved påfaldende høi magnesiagehalt, derfor mineralerne olivin og rhombisk pyroxen; meteoritterne i sin almindelighed ligeledes såvel ved høi jerngehalt (jernet fortrinsvis som  $\text{Fe}$ ) som ved meget rigelig magnesia, hvorfor vi også her stadig møder netop samme silikater, olivin og rhombisk pyroxen. Endvidere kan påpeges den karakteristiske nikkelgehalt såvel i meteoritterne som i de til gabbro (norit) bundne magnetkisforekomster, hvilke sidste antagelig også i alle fald tildels skyldes en magmatisk diffusionsproces.

Om den teknisk-økonomiske betydning, som de ved magmatisk koncentration dannede forekomster kan afgive, må i korthed bemærkes: Enkelte af forekomsterne udmærker sig ved kolossale dimensioner, — Tabergs malmberg af areal ca. 300,000  $m^2$ ; Storgangen ved Ekersund ca. 150,000  $m^2$ , Blåfjeld-gangene sammesteds ligeledes meget store, — malmens *kvantitet* altså på adskillige steder meget betydelig; *kvalitetet* derimod i regelen af flere grunde forholdsvis slet. For det første er jerngehalten i regelen temmelig lav, oftest kun 30—40 %, sjelden op til 50 %;

<sup>1)</sup> Dette tildels allerede antydet af WADSWORTH i beskrivelsen over Iron-mine Hill.

dernæst nedsættes malmens værdi som vanlig beskiknings-jernmalm ved den betydelige titansyregehalt (neppe under 5—6 %  $TiO_2$ ), i regelen også ved den høie magnesiagehalt; fosfor- og svovl-gehalterne vistnok oftest ganske lave, det samme også tilfælde med manganmængden.

På grund af disse mange skyggesider spiller driften på den foreliggende forekomst-grupperes jernmalme nu en stærkt tilbagetrukken rolle (driften i Ekersund-feltet aldeles indstillet; ved Taberg i Småland i tilbagegang i forhold til tidligere).

Tilslut skal vi give et schematisk resumé af de vundne generelle resultater.

1) Basiske malm-udsondringer, typus Ekersund-Taberg, dannede ved *magmatisk koncentration* uden stoftilførsel ved pneumatolytiske processer eller lignende, antræffes nogenlunde hyppig i midtels og stærkt *basiske* eruptiver — (dyb-, muligens også gang-, men ikke dække-bergarter), eksempelvis labradorsten (norit), gabbro, olivinhyperit (olivingabbro) og olivindiabas, med i høiden 55—57 %  $SiO_2$ , — men mangler fuldstændig eller optræder i alle fald kun som yderste sjældenhed i granit og øvrige  $SiO_2$ -rige eruptiver.

2) Malm-udsondringerne optræder ved alle hidtil undersøgte lokaliteter i eruptivfelternes *centrale* strøg; de er således *ikke*, i lighed med de til gabbro (norit) bundne forekomster af nikkelfoldig magnetkis, at opfatte som grænsefaciesdannelser. — På enkelte steder (ex. Taberg, cfr. TÖRNEBOHMS beskrivelse) er malm-udsondringerne ved gradvise overgange forbundne med den omgivende eruptiv; andetsteds (ex. Ekersund) skjærer de gangformig gennem samme.

3) I malm-udsondringerne gjenfinder vi første og andet krySTALLISATIONSSTADIUMS mineraler (titanjern eller titanomagnetit, apatit, kis osv., derefter magnesia-jern-silikaterne olivin, rhombisk eller monosymmetrisk pyroxen, glimmer osv.) i mere eller mindre koncentreret form; særlig er jernoxydmineralerne blevne relativt



stærkest koncentrerede. — På de forskellige *gjennemgangs-*  
*trin* erholder vi bergarter, der karakteriseres ved rigdom sam-  
tidig såvel på jernerts som på magnesia-jern-silikat (ex. *magne-*  
*tit-olivenit*, bestående af magnetit — titanomagnetit — og  
meget olivin, jævnlig desuden lidt plagioklas; *ilmenit-norit*,  
3: *norit* med exceptionel høi titanjern- eller ilmenit-gehalt, des-  
uden meget rigelig hypersthen); som *slutprodukt* af koncentra-  
tionsprocessen resulterer omtrent rene jernertsmasser, kun med  
minimal tilblanding af fremmed mineral (ex. de Ekersund'ske  
titanjernmasser).

4) Såvidt erfaringen hidtil rækker, karakteriseres hver en-  
kelt eruptivtype ved bestemte, for den eiendommelige malm-  
udsondringer; således olivinhyperit ved magnetit-olivinenit og  
labradorsten (hypersthen-førende, altså en *norit*) på gjennem-  
gangsstadiet ved ilmenit-norit og på slutstadiet ved næsten rene  
titanjernmasser. — Endvidere kan medtages, at Kristiania-  
territoriets *glimmersyenitporfyr-gange* udmærker sig ved basiske,  
magnetit- og *glimmerrige* grænsezoner. — Kombinationerne

titanjern ( $\text{RTiO}_3 = \text{metatitanit}$ ) + hypersthen ( $\text{RSiO}_3 = \text{meta-}$   
*silikat*) og

titanomagnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot n \text{Fe}_2\text{TiO}_4$ , hvor  $\text{Fe}_2\text{TiO}_4 = \text{ortho-}$   
*titanat*) + olivin ( $\text{R}_2\text{SiO}_4 = \text{orthosilikat}$ )

synes at gjentage sig så ofte, at de må være af lovmæssig  
natur, beroende på den kemiske massevirkning mellem  $\text{SiO}_2$ ,  
 $\text{TiO}_2$  på den ene side og  $(\text{Fe}, \text{Mg})\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  osv. på den anden.

5) Magmaens oprindelige *titansyre*gehalt indgik for en væsent-  
lig del i første krystallisationsstadiums jernoxyd-forbindelser, titan-  
jern eller titanomagnetit; malm-udsondringerne betegnes derfor  
gjennemgående ved en mere eller mindre fremtrædende titansyre-  
gehalt (ved forekomsterne af titanjern endog ofte næsten lige så  
meget Ti som Fe; hvor titanomagnetit forherskende derimod  
oftest  $\frac{1}{6} - \frac{1}{8}$  Ti : 1Fe, sjelden kun  $\frac{1}{10}$  Ti : 1Fe).

6) De middels stærkt koncentrerede udsondringer karakteri-  
seres, på grund af anrigningen af andet krystallisationsstadiums  
magnesia-jern-silikat, altid ved en meget høi *magnesiagehalt*; i

overensstemmelse hermed finder vi, at på de rene titanjernmasser (i det Ekersund'ske felt) betegnes titanjernstenen, — der altså har passeret det MgO-rige mellemtrin, — ved en påfaldende rigelig tilblanding af  $MgTiO_3$ . — På grund af den høje MgO-gehalt, middels rigelige  $Al_2O_3$ -gehalt og lave aciditetsgrad er *spinel* oftere bleven individualiseret.

7) Sammen med første krystallisationsstadiums jernoxyder koncentrerer også den i magmaen oprindelig forhåndenværende gehalt af *kromoxyd*, *vanadinsyre*, antagelig også de øvrige i små mængder indgående sjældne tunge metaller ( $Cr_2O_3$  påvist i titanjern fra Ekersund-feltet og kromførende *spinel* i ilmenit-norit sammesteds;  $Va_2O_5$  i malm fra Taberg og Ingåmåla). — Magmaens *mangangehalt* koncentrerer også noget, dog neppe så stærkt som jerngehalten; på malm-udsondringerne Mn og Fe oftest i proportion 1Mn : 50 å 200 Fe. — Minimale mængder Cu og Zn antræffes hist og her; derimod er Ni, Co, Pb, As, Sb, Bi, Sn osv. ikke påviste på vore malm-udsondringer, altså i hvert fald tilstede i forsvindende mængde.

8) Den i magmaen tilstedeværende *svovl*gehalt, i de resulterende bergarter bundet til Fe som  $FeS_2$  eller  $Fe_8S_9$ , synes på vore basiske malm-udsondringer at koncentrerer noget, dog ikke i særlig stærk grad;<sup>1)</sup> det samme synes også at være tilfælde med magmaens *fosforsyre*-(eller *apatit*-)gehalt, — herfra dog enkelte undtagelser. De til samme eruptionsperiode henhørende bergarter i det Ekersund'ske eruptivfelt viser stærkt vekslende  $P_2O_5$ -gehalt, lige fra ca. 0.002 % i labradorstenen til over 2 % i de yngste gennemskjærende gange; dette ligesom også den stærke *apatit*-anrigning i de basiske grænsezoner ved Kristiania-feltets *glimmersyenitporfyrgange* samt de på *apatit* meget rige intratelluriske udsondringer (SAUERS »endogene Einschlüsse») i *nepheliniterne* fra Oberwiesenthal godtgjør, at *magma*basinernes

<sup>1)</sup> De til *gabbro* (norit) bundne forekomster af nikkelholdig magnetkis er antagelig også sluttelig fremkomne ved en magmatisk koncentrationsproces, i regelen forårsaget ved afkjøling fra grænsen, »SORZET'S principle» (selve erts-bestanddelene muligens tilførte den eruptive magma ved emanationsprocesser?)

fosforsyregehalt kan være underkastet en meget stærk differentiation.

9) Koncentrationen af de forskellige mineraler på vore malmudsondringer kan kun forklares ved en *diffusionsproces*, — *vandring af vædskemoleküler*, — i den endnu *fuldt smeltende magma*; malmudsondringerne blir på denne måde at parallelisere med basiske udsondringer i sin almindelighed og endvidere med de ved differentiation en-gros af magmabassiner fremkomne partielmagmaer.

10) Den magmatiske differentiation (diffusion) kan i sin almindelighed have været forårsaget ved en række forskellige *fysiske* faktorer, hvoraf vi på videnskabens nuværende standpunkt kan fremhæve:

a) Forskjellig *temperatur* i opløsningens forskellige dele; i henhold til SORET'S experimentelle undersøgelser over temperaturens indflydelse på saltfordelingen i vanlige saltopløsninger og VAN'T HOFF'S theoretiske deduktion af samme thema fremgår ved analogi-slutning, at i en silikat-opløsning vil de »opløste» — d. s. de først udkrystalliserende — forbindelsers vædskemoleküler diffundere hen til opløsningens lavest afkjølede strøg. Ved denne temperatur-indflydelse, hvis geologiska rækkevidde er bleven pointeret af TEALL (»SORET'S principle»), har som bekjendt BRÖGGER forklaret, at Kristiania-feltets eruptionsserie indledes med basiske eruptioner, hvorpå fulgte stadig surere og surere led (tilslut påny mere basiske, hvorom senere).

b) *Tyngdens* indflydelse, idet, efter GOUY og CHAPERON'S theoretiske udvikling, de specifik tyngste forbindelser herved vil udsættes for en kraft, rettet mod jordens centrum.

På grund af disse to faktorer vil i et magmabassin de først udkrystalliserende forbindelser, altså de »basiske» elementer (derhos sandsynligvis også fosforsyren) koncentreres mod den övre grænse (afkjølingsfladen); i de centrale dele vil den ved temperatur-sænkningen fremkaldte kraft *opad* og tyngdens kraft *nedad* holde hinanden i ligevægt; endelig på grund af tyngdens indflydelse en basisk koncentration mod bassinets nedre grænse. —

Hvor kun disse to faktorer gjør sig gjældende, vil rækkefølgen ved en eruptionsserie være: først basiske, derpå stadig surere og surere, og tilslut, — således som efter BRÖGGER'S undersøgelser også faktisk er tilfælde i Kristiania-feltet, — for anden gang basiske eruptioner.

c) *Magnetisk attraktion* mellem jernoxydmineralernes og de jernrige silikaters vædskemoleküler, idet disse, efter analogi med vandig opløsning af jernsalte, antagelig er paramagnetiske. Ved indtrådt lokal, tilfældig anrigning af de magnetiske forbindelser vil koncentrationen på grund af den magnetiske attraktionskraft stadig skride videre og videre fremover.

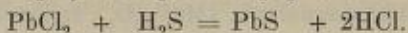
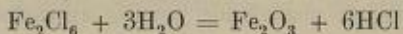
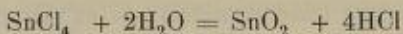
De foreløbig allerede af BRÖGGER beskrevne glimmersyenitporfyr-gange i Kristiania-feltet (se fig. 1 og 2, samt analyserækkerne) afgiver et yderst instruktivt eksempel på temperaturens indflydelse: hen til den smale basiske grænsezone, — mod *afkjølingsfladen*, — har diffunderet *alle* første og andet krystalliationsstadiums mineraler, nemlig magnetit, kis, apatit og glimmer, hvilke forbindelser her er koncentreret i ca. 3--10-dobbelte proportion (desuden i midten orthoklas + sur plagioklas, i grænsezononen derimod basisk plagioklas). — Efter samme schema er muligens også grænse-forekomsterne af nikkelholdig magnetkis, i gabbro (norit), fremkomne; dannelsen af de i eruptiv-felternes centrale dele optrædende malm-udsondringer, typus Ekersund-Taberg, må derimod skyldes andre faktorer, nemlig den samtidige indvirkning af tyngde og magnetisme. Herved forklares, at specielt jernoxydmineralerne (titanomagnetit, titanjern), som individualiseres på meget tidligt stadium, og som samtidig karakteriseres ved den relativt høieste specifikke vægt og største magnetisme, er blevne procentisk stærkest koncentreret, og at vi som endeprodukt af koncentrationsprocessen erholder næsten ren jernerts.

## II.

**Jernmalforekomster dannede ved pneumatolytiske processer.**

Ved syntetiske undersøgelser navnlig af franske forskere, — DAUBRÉE, DUROCHER, H. ST. CLAIRE-DEVILLE, TROOST, CARON, BECQUEREL, SÉNARMONT, HAUTEFEUILLE med flere, — er som bekjendt bleven godtgjort, at en flerhed af vore ertser kan dannes dels ved umiddelbar sublimation og dels ved indvirkning under høi temperatur af forskjellige dampe eller gaser på hinanden indbyrdes eller på faste metaller, oxyder, sulfider osv.<sup>1)</sup> Exempelvis kan således anføres, at mineraler som blyglans, zinkblende, greenockit, wurtzit, zinnober, antimonglans, realgar, auripigment, arsenit, claudetit, sénarmontit, kogsalt, sylvin osv. kan reproduceres ved sublimation i neutral atmosfære; videre må fremhæves, at en talrig række oxyder og sulfider lader sig fremstille ved indvirkning af vanddamp resp. svovlvandstof på flygtige clorider, fluorider m. m., efter schema:

<sup>1)</sup> Disse direkte og indirekte sublimationer sammenfattede BUNSEN under nomenclatur »pneumatolytiske processer»; benævnelsen anvendes her i noget udvidet betydning (efr. BRÖGGER, Mineralien den Syenitpegmatitgænge, I, s. 151 og følg.)



Ex. Tinsten, jernglans,  $\text{Ti}_2\text{O}_3$  (isomorf med titanjern,  $\text{FeTiO}_3$ ),  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , korund, magnetit, gahnit, chrysoberyl, rutil, anatas, brookit, periklas, — og af sulfider: sølvglans, kobberglans (rhombisk) samt regulært krystalliserende  $\text{Cu}_2\text{S}$ , blyglans, zinkblende, greenockit, zinner, antimonglans, vismuthglans, svovlkis, fahlerts, rødgyldig (såvel proustit som pyrargyrit) med flere. Også ved at lede vanddamp, tør clor- eller fluorvandstof, svovlvandstof eller andre gasarter over glødende metaller, oxyder, sulfider m. m. kan som bekjendt en række forskellige mineraler fremstilles, således de fleste oven opregnede mineraler; videre kan eksempelvis nævnes: apatit kan fremstilles ved indvirkning af clorfosfor-dampe på glødende ertsalk; willemite og zirkon ved fluorsilicium over glødende zinkoxyd, resp. zirkonjord; orthoklas kjendt helt fra begyndelsen af århundredet som sublimationsprodukt i visse smelteovne (ex. Sangershausen, når flusspath anvendtes ved beskikningen).

Mineraldannelse efter de her skitserede processer går for sig *en gros* ved naturens vulkanske verksteder, — et faktum, der særlig er bleven udredt ved de bekjendte vulkanstudier, af ELIE DE BEAUMONT, BUNSEN og FOUQUÉ fortrinsvis over de gasformige exhalationer og af SCACCHI, SILVESTRI, PALMIERI, CH. og H. ST. CLAIRE-DEVILLE, HEIM, v. RATH med flere fortrinsvis over de resulterende mineraler. Som umiddelbare emanationsprodukter ved vulkaner møder man for det første diverse clorider, særlig af natrium, ammonium, jern og bly (cotunnit), hvilke dels optræder kemisk rene og dels med tilblanding af lidt kalium, calcium, magnesium, bly, kobber, kobolt, nikkel, tin<sup>1)</sup> osv.; desuden foreligger dobbeltclorider, oxyclorider, svovl, enkelte og sammensatte sulfater, borsyre (sassolin) samt oxyder og sulfider, hovedsagelig dannede ved indvirkning af vanddamp, resp. svovl-

<sup>1)</sup> Selv sølv er leilighedsvis bleven påtruffet i vulkansk produkt, nemlig i vulkansk aske (fra Andesbergene).

vandstof på clorider (med fluorider); — ex. jernglans og tenorit (CuO), som begge to nogenlunde jævnlig antræffes ved vulkaner, desuden magnetit, magnoferrit ( $MgFe_2O_4$ ), spinel, cuprit, periklas, brookit, blyglans, covellin, realgar, auripigment, apatit osv.; ved lidt mere komplicerede pneumatolytiske processer resulterer også diverse silikater, eksempelvis tridymit, anorthit, sanidin, hypersthen, augit, hornblende, glimmer, leucit og granat.

At også eruptionerne i de tidligere geologiske perioder, således som det *a priori* må ventes efter analogi med den moderne vulkanske virksomhed, stadig har været ledsagede af emanationer, fremgår med fuld sikkerhed af den intime genetiske relation, som jævnlig kan påvises mellem eruptiver og visse særlig langs grænserne optrædende erts- eller i sin almindelighed mineral-forekomster. Som bekendt har det jo endog lykket at fastslå, at bestemte forekomstgrupper over den hele jordklode fortrinsvis er knyttede til visse eruptivtyper, og de forskellige eruptivmagmaer karakteriseredes fortrinsvis ved emanationer af bestemt kemisk natur. Det mest instruktive eksempel afgiver de mineralogisk såvel som geologisk nogenlunde skarpt begrænsede tinsten- og tinsten-kobbersulfid-gange,<sup>1)</sup> — førende tinsten, wolframit, kobbersulfider, arsenikkis med kvarts og fluorholdige mineraler, flusspath, glimmer, topas, apatit, videre bormineraler som turmalin og axinit, — hvilke gange på talrige steder rundt om i verden optræder i og ved granit, der langs ertsgangene er omvandlet til greisen og tilsvarende bergarter; DAUBRÉE'S geniale teori, der baseredes såvel på geologisk observation som på den bekendte sublimations-syntese af tinsten, rutil, jernglans, apatit og formodet topas, har i årenes løb ved hvert nyt fund og ved hver fornyet detailundersøgelse<sup>2)</sup> vundet stadig sikrere og sikrere fodfæste.

<sup>1)</sup> Vedrørende disse gange, særlig angående kombinationen tinsten og kobbersulfidertser, henvises til et påfølgende afsnit af dette arbejde, »Oversigt over de vigtigste til granit ved pneumatolytiske processer bundne mineraldannelser.»

<sup>2)</sup> Navnlig kan henvises til følgende publikationer: Af de sachsiske geologer DALMER, SCHALCH, SCHROEDER med flere over Erzgebirges tinstengange,

Videre kan fremhæves: sølvforekomsterne af typus Nagyag og Comstock, i Ungarn-Siebenbürgen og i de centrale dele af de Forenede Stater, er bundne til »propylit»,  $\alpha$ : langs ertsgang omvandlet trachyt,<sup>1)</sup> og de storartede drag af sølverts gange gennem Mexiko, Equador, Bolivia, Peru og Chili følger efter Rocky Mountains-, Sierra Madre- og Andes-kjædernes tertiære eruptiv-rækker. Ligeledes står de fleste kviksølvforekomster såvel i den nye som i den gamle verden i intim relation til tertiære bergkjæder og eruptiver.<sup>2)</sup> Kobber- og nikkelsulfider er særlig knyttede til basiske eruptiver, gabbro, diorit, diabas, melafyr, basalt osv., med tilhørende mekaniske og chemiske metamorfe produkter, som saussuritgabbro, visse amfiboliter og serpentiner,<sup>3)</sup> og de eiendommelige apatit-, rutil-, titanjern- og jernglans-gange i Norge og Nord-Sverige såvel som i Canada må opfattes som eruptive eftervirkningsprodukter af en bestemt eruptiv, gabbro, oftest olivingabbro (olivinhyperit).

Denne klassifikation af ertsforekomstgrupper til visse eruptiver må forøvrigt ikke outreres, og særlig må forholdet ikke opfattes på den måde, at f. ex. al tinsten skal være bunden til granit,<sup>4)</sup> alle kobbererts til basiske eruptiver osv. osv.; den

---

v. GRODDECK over topasfels fra Mount Bischoff i Tasmanien og oversigt over borsyremineralernes optræden. LE NEVE FOSTER over Cornwalls tinsten-kobberkis-felter. JUSTUS ROHR'S oversigt »Umänderung der Gesteine durch ältere Emanationen. Luxullianite, Greisen, Zinnerzlagerstätten, Turmalinisirung, Topasirte Gesteine», i Allgem. und chem. Geologie, B. III, s. 201—210.

1) Se oversigtsmæssig fremstilling i A. v. GRODDECK'S »Lehre von den Lagerstätten der Erze», s. 163—171.

2) Se G. F. BECKERS »Geology of the Quicksilver Deposits of the Pacific slope». U. S. Geol. Surv. Monogr. no. 13.

3) Herom henvises til nogle bemærkninger i »Salten og Ranen», s. 180—183. Forøvrigt må vi i denne forbindelse gjøre opmærksom på, at forekomsterne af nikkelholdig magnetkis i gabbro (norit), typus Ringerike-Klefva, således som nærmere udviklet ved en tidligere anledning i denne artikelrække, efter al sandsynlighed er dannede ved koncentration inde i selve den eruptive magma.

4) Exempelvis kan anføres, at i Durango, Mexiko, optræder tinsten sammen med topas på spalter i trachyt (liparit?), se beretning af F. v. RICHTHOVEN (Zeits. d. D. geol. Gesellsch., 1869, s. 737).



givne oversigt må kun fortolkes didhen, at visse mineralogisk skarpt begrænsede forekomstgrupper udelukkende eller fortrinsvis optræder i forbindelse med bestemte eruptiver. Igjen at udrede den indre årsag til denne kombination må være overladt fremtidens forskning.

Inden de moderne vulkan-exhalationer indtager i sin almindelighed jernchlorid en stærkt fremskudt stilling, og jernglans opføres i det hele og store som det i rigeligst mængde optrædende pneumatolytiske vulkan-mineral; ligeledes møder vi stadig dels de egentlige jernoxyder og sulfider, — jernglans, magnetit, magnetkis, osv. — og dels andre mere eller mindre jernrige ertsar, — som titanjern, arsenikkis, kobberkis, osv., — på næsten alle oven omhandlede ertsforekomstgrupper; alligevel synes jernmalmsforekomster, i ordets vanlige betydning, kun forholdsvis underordnet at optræde i intim, lovmæssig tilknytning til eruptiver. Særlig mangler man for jernets vedkommende, i modsætning til hvad der gjælder for tin, sølv, kviksølv, nikkel, krom osv., nogen *verdens-regel* angående nogenlunde konstant forhold mellem ertsforekomster og en bestemt eruptivtype.

Efter disse orienterende bemærkninger skal vi levere en kort, schematisk fremstilling af et jernmalmsfelt, hvor det med sikkerhed kan konstateres, at ertsen er dannet ved »eruptiv eftervirkning», efter granit-eruption.

*Ertsforekomster förende jernglans og magnetit, lokalt også overveiende meget kobber-, bly- eller zinkerts, langs grænserne af Kristiania-territoriets postsiluriske granitfelter.*

(Hertil planche 2).

*Literatur:*

B. M. KEILHAU. »Christiania Uebergangs-Territorium», i Gæa norvegica, 1ste bind, 1838.

TH. KJERULF. »Udsigt over det sydlige Norges geologi», 1879, s. 62—65. — Spredte bemærkninger også i »Beskrivelse over Jordbunden i Hadeland» og »Beskrivelse over Jordbunden i Hedemarkens Sorenskriverier og Totens Thinglag», Polyt. tidsskrift, årg. 9, 1862,

s. 36 og s. 137. »Veiviser ved geol. excursions i Christiania omegn», 1865, s. 41—42.

J. H. L. VOGT. »Jernertser m. m. ved yngre granit og syenit.» Videre »Ertsforekomster ved grönstengange» (Norske ertsforekomster, no. I & II); vedrørende partiet Skreia-Feiring-Mistberget desuden de trykte dagbogsnotiser i *Nyt mag. f. naturv.* B. 28, s. 215—248.

Se også: A. DAUBRÉE »Skandinaviens Erzlagerstätten», tysk overs., 1846, s. 26, 56. J. DUROCHER »Les gîtes métallifères de la Norvège, Suède etc.», *Annales des mines*, 4 série, tome 15, 1849; s. 254—258. — T. DAHL. *Nyt mag. f. naturv.* B. 9, 1857, s. 327—328. — W. C. BRÖGGER. »Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge usw.» 1890. 1ste del, s. 62—63; se også s. 163—168. — B. v. CORTA. »Die Lehre von den Erzlagerstätten», 2den del, 1861, Contactlagerstätten der Gegend von Christiania, s. 509—512. — A. v. GRODDECK »Die Lehre von den Lagerstätten der Erze», 1879. Typus Christiania, s. 260—265.

Historiske, statistiske og tekniske oplysninger i flere af ovenstående afhandlinger, desuden i: LEBANGERS beskrivelse af forekomsterne i Hurdalen, Eidsvold og Feiring samt G. FAYES over Jarlsberg bly-sølvverk, i »Topografisk journal for Norge», resp. B. 1, 1792—93 og B. 7, 1799—1800. — J. F. L. HAUSMANN'S »Reise durch Skandinavien 1806 und 1807»; om grubefelterne Hakedalen til Skreia B. 2, s. 279—354. — JENS KRAFT, »Topografisk-statistisk Beskrivelse over Kongeriget Norge». B. 2, 1822, s. 198, 366, 642. — Bergmanden, 1846 og 1847; om Hadelands blyverk 1847, s. 60—63; Jarlsberg eller Konerud bly-sølvverk 1847, s. 77—80 og s. 83—91. — *Magazin for Bergmandsefterretninger*, 1875—1878, no. 1, 6, 17, 27, 28, 31—33. — Desuden STRÖMS Ekers beskrivelse, osv. osv.

Allerede B. M. KEILHAU beskjæftigede sig med studiet af den her omhandlede ertsforekomstgruppe, hvis geologi han for såvidt opfattede korrekt, som han kom til det resultat, at ertsene på en eller anden vis måtte stå i intim genetisk relation til graniten; da han dog fuldstændig misforstod granitens oprindelse, kunde han ikke nå frem til nogen nærmere erkjendelse af ertsens dannelse. Som bekjendt antog han, at Kristianiafeltets granit skulde være fremkommet ved en mystisk omdannelse af de siluriske skifere, — ligesom porfyrrækkerne af de tilgrænsende devoniske sandstene; — ertsene optræder nær granitgrænsen, i de kontaktmetamorfoserede skifers zone, altså i hans »overgangsled» mellem skifer og granit, og måtte altså også være en kontaktdannelse, født ved »transmutationen fra skifer til granit».

Senere blev det af TH. KJERULF nærmere fremholdt, at ertserne ikke hører hjemme på noget bestemt niveau inden de siluriske skifere, men at de optræder på vilkårligt vekslende trin, dog altid i umiddelbar nærhed af granitgrænsen; følgelig måtte »ertserne, som ikke tilhører etagerne, som fuldstændig fremmede være indkomne med eruptiverne».

Selv har jeg i en tidligere afhandling, »Jernertser m. m. ved yngre granit og syenit» (1884), leveret en nogenlunde udførlig beskrivelse af de her omhandlede forekomster og navnlig forsøgt at klargjøre detaillerne ved ertsens dannelse; i de forløbne år er mit eget observationsmateriel bleven adskillig forøget, tilmed kan jeg nu også bygge på en række af B. M. KEILHAU i 1830- og 40-årene over Kristiania-territoriet optagne manuskriptkarter<sup>1)</sup> (i målestok 1:100.000), hvor de talrige forlængst nedlagte og nu tildels også forglemte jerngruber med stor omhyggelighed findes indtegnede; jeg tror derfor, at en fornyet oversigtsmæssig behandling af de i geologisk henseende meget lærerige forekomster kan være på sin rette plads.<sup>2)</sup>

Vi må begynde med et overblik over eruptivfeltets historie.

Efter W. C. BRÖGGERS fremstilling i »Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge, I», (1890) kan Kristiania-eruptiverne deles i 6 — eller når de yngst opsættende diabasgange medregnes, 7 — aldersrækker, nemlig, idet vi begynder med de ældste:

1:ste række (ældst). Gabbrodiabaser osv. i Brambokampen, Sölvberget, Buhammeren og flere andre steder på Hadeland, med tilhørende gang- og dækkebergarter; dækker navnlig af augitporfyrir og labradorporfyrir, inden området af vort kart (planche 2) bl. a. i partiet Alunsjön-Nitedal samt mellem Kristiania og Tyrifjorden.

<sup>1)</sup> Disse yderst zirligt udførte håndtegnede karter, som omfatter strækningen fra Gjerpendalen nord for Skien til Skreia ved Mjøsen, er nylig af KEILHAU amannensis, nuværende forstmester J. C. HÖRBY skjænkede til den »geologiske undersøgelse.»

<sup>2)</sup> Vedrørende detaillerne henvises til mit originalarbejde.

2:den række. Basiske augit-, glimmer- og nefelinsyeniter (laurvikit og laurdalit) osv., med gang- og dækkebergarter; dækker af rhombeporfyr inden vort kartområde særlig mellem Kristiania og Tyrifjorden, desuden i Nordmarken og VNV for Drammen.

3:dje række. Sure, kvartsførende augitsyeniter (akerit) osv., med forholdsvis liden udbredelse inden vort kartområde (bl. a. i Vettakollen og Ullernåsen nord for Kristiania).

4:de række. Røde kvartssyeniter (nordmarkit) med tilhørende grænse-, gang- og dækkebergarter; nordmarkit forherskende i eruptivfeltet fra lidt nord for Kristiania til Skreia ved Mjøsen; såvidt hidtil kjendt uden dækkebergarter inden vort kartområde.

5:te række. Natrongraniter, ved Ekerensjøen, med tilhørende grænse- og gangbergarter (bl. a. grorudit,  $\alpha$ : aegiringranit).

6:te række. Granititer, i stort felt på begge sider af Drammensfjorden, ved Drammen og syd for Tyrifjorden, med tilhørende grænse- og gangbergarter (særlig af kvartsporfyrr og granofyr).

Yngst: Gange af diabas (med diabasporfyr, proterobas osv.)

De fleste af Kristiania-territoriets ertsforekomster er bundne til de røde kvartssyeniter<sup>1)</sup> (nordmarkit), enkelte dog også til natrongraniterne (nemlig i feltet øst for Ekerensjøen) og til granititerne (i Hörtekollen, Lierdalen og syd for Drammen). Disse tre nogenlunde nær hinanden stående eruptionsled holdt jeg ved mine undersøgelser (1881—83, 89) ikke ud fra hinanden, men sammenfattede dem under fællesbenævnelsen »granit»; lige over for ertsforekomsterne og deres dannelse indtager de også, såvidt hidtil kjendt, overalt nøiagtig samme stilling, og da nogen detailleret kartlægning til dato heller ikke er gennemført,<sup>2)</sup> kommer vi også her til at behandle dem under et.

Af hensyn til vor studie må særlig pointeres, at ikke alene grundfjeldet og de siluriske etager, men også alle de store på

<sup>1)</sup> De ubetydelige skjærp ved Barnekjærn og Sognsvand optræder ved akerit, som her sandsynligvis kun er at opfatte som en grænsefaciesdannelse af nordmarkit (Brøggens arbejde, s. 52).

<sup>2)</sup> På kartskitsen, planche 2, er de petrografiske detailbestemmelser gjengivne efter Brøggens kart i »Mineralien d. südn. Augitsyenite.»

kartet afsatte porfyrdækker, — af augitporfyrit, labradorporfyrit, rhombeporfyrit osv., — er *ældre* end graniterne<sup>1)</sup> (nordmarkit, natrongranit og granitit).

De vigtigste på vorø forekomster optrædende ertser er:

Magnetit og jernglans, den sidste oftest i radiel bundtformigt sammenstillede blade (som sublimeret Vesuv-jernglimmer), jævnlig med større eller mindre mængder af svovlkis og magnetkis<sup>2)</sup> (den sidste efter foretagne analyser med lav nikkelgehalt, omkring 0.5—0.75 % Ni + Co); lokalt kan kobberkis, brogetkobber, kobberglans, blyglans (sølvholdig, oftest med 0.03—0.3 % sølv<sup>3)</sup>) eller zinkblende være forherskende, og som sjældenhed antræffes molybdenglans, vismuthglans,<sup>4)</sup> antimonglans,<sup>5)</sup> koboltglans<sup>6)</sup> og kanske endnu flere ertser.<sup>7)</sup>

<sup>1)</sup> At porfyrdækkerne ved Alunsjön og Stenbruvand, i modsætning til den ældre nedarvede forestilling, er ældre end den tilgrænsende granit (nordmarkit), blev forøvrigt også påpeget i mit tidligere arbejde (1884) over Kristiania ertsforekomster; se også en bemærkning i Kristiania vidensk.-selsk. forh. 1881, no. 9, s. 17.

<sup>2)</sup> Undertiden møder vi også en højere sølvgehalt; udplukket ren blyglans fra Bø skjærp (i grundfjeld) ved Slemmestad i Røken holder således omkring 0.6 % sølv; uren blyglans-malm fra et skjærp (i silur) nær Stensby i Eidsvold gav 18 % bly og 0.27 % sølv, svarende til 1.3 % sølv i blyglans (fablerts muligens forhånden!). — Brogetkobber og kobberglans fra Alunsjöfeltet viser også en nævneværdig sølvgehalt.

<sup>3)</sup> I den kontaktmetamorfoserede skiferzone optræder undertiden også magnetkis, fremgaaet af den oprindelig i skiferen hjemmehørende svovlkis; antagelig på grund af varmevirkning fra den tilgrænsende eruptiv afgav nemlig svovlkisen (FeS<sub>2</sub>) hist og her henimod halvparten af sin svovlgehalt, hvorved magnetkis (Fe<sub>3</sub>S<sub>4</sub>) resulterede.

<sup>4)</sup> Vismuthglans i forholdvis rigelig mængde i Gjellebæk-Auvi-Buttedal-skjærpene i Lier; mineralet også fundet i Narverud jernmalmgrube, vest for Drammen.

<sup>5)</sup> Antimonglans omtalt af KEILHAU i et skjærp i Asker eller ved Gjellebæk; efter bergmesterens befaringsprotokol (1884) mineralet også optrædende, om end meget sparsomt, i Rød skjærp, Traudem gård i Eidsvold, her sammen med blyglans, zinkblende og kis.

<sup>6)</sup> Koboltglans en enkelt gang (1848) fundet i Åserud jernmalmgrube, syd for Drammen.

<sup>7)</sup> Jordagtig mangauerits (wad?) leilighedsvis fundet i et eller et par skjærp i Hakedalen.

Af sekundærdannede mineraler kan mærkes: malachit og kobberlazur, som antræffes jævnlig, om end sparsomt, i Alunsjöfeltet; gediegent kobber

Til de ved selve emanationsprocesserne producerede mineraler må også henregnes flusspath, som optræder ved de fleste hidhørende forekomster, undertiden — navnlig ved jernglansforekomster — endog i forholdsvis rigelig mængde. Andre fluorholdige mineraler er derimod ikke påviste, og af borsyremineraler kjendes kun et, axinit, som en enkelt gang er påtruffet ved Åserud jernmalmgrube<sup>1)</sup> (efter DUROCHER). Også mineralet helvin, som blev fundet af H. C. STRÖM<sup>2)</sup> i en ældgammel jernmalmgrube på Hörtekollen, lige ved granitgrænsen, og som her optræder sammen med flusspath, må medregnes til de ved de pneumatolytiske processer dannede mineraler.<sup>3)</sup>

Kalkspath og kvarts, ofte i zirlige krystaller (kalkspathen jævnlig i  $\infty R$ ) møder vi stadig i vore gruber og skjærp; og hvor ertserne optræder i siluriske skifere, er de, som vi senere nærmere skal omtale, opblandede med de af vedkommende skikt ved kontaktmetamorfose producerede mineraler, granat, pyroxen, hornblende, biotit, epidot, chiastolith, kalkspath osv.

Med hensyn til fordelingen af de forskellige slags ertser, — det vil sige, med hensyn til sammensætningen af de oprindelige emanationer, — kan forekomsterne deles i en række lokalfelter, som vi i korthed skal gennemgå, idet vi begynder længst mod nord.

*Skreia-feltet* (se detailkart fig. 1, målestok 1:100.000, i min originalafhandling): mindst 14 forskellige, tildels forholdsvis

i tynde blade, på sletter gennem kobberkis-førende hård skifer, fundet i Buttetal grube, Lier. (Tilsvarende sekundærdannet gediegent kobber møder man nu og da også ved forekomsterne typus Røros-Meldalen og typus Ringes-rikke-Klefva).

- <sup>1)</sup> I modsætning hertil kan fremholdes, at angitsyeniten, tilhørende Kristiania-eruptivernes anden række, i Langesundseggen karakteriseres ved pneumatolytiske fluor- og bormineraler, melinophan, leukophan, turmalin, cappelinit, bomilit osv., i rigelig mængde (se herom BRÖGGER'S tidligere citerede arbejde, 1ste del, s. 148 og følgende).
- <sup>2)</sup> Mag. f. naturv. B. 7, 1826, s. 73. — En stuf med STRÖM'S originaletikette er endnu opbevaret på universitetets mineralkabinet; hans bestemmelse er sikker. Helvina brun; i store tetraeder-krystaller.
- <sup>3)</sup> Til sammenligning kan indskydes, at også i Langesundstraktens syenitpegmatitgange optræder helvin, her tilhørende den pneumatolytiske fase, næsten altid sammen med rigelig flusspath (efter BRÖGGER, l. c., s. 162).

betydelige jernmalmgruber, dels i små brudstykker af siluriske skifere inde i granit (nordmarkit), dels i et stort næsten fuldstændig af granit omflydt skiferparti; endelig også i grundfjeld, nær granitgrænsen (i gneis en større grube ved Langgård samt, efter KEILHAUS manuskriptkart, en mindre grube mellem Torgrundrud og Fagernæs; begge i nærheden af granitgrænsen). — Ertserne i dette felt er magnetit og jernglans, med noget svovlkis og magnetkis,<sup>1)</sup> svage spor af kobberkis, neppe noget blyglans eller zinkblende.

I modsætning hertil karakteriseres *Feiring-feltet* fortrinsvis ved kobberkis: inde i et isoleret lidet eruptivfelt, — antagelig syenitporfyr,<sup>2)</sup> fra den nærliggende granit (nordmarkit) indkilet som apofyse mellem grundfjeld og silurisk etage 2, — ved Brots-haug nær Feiring kirke optræder en række næsten parallelt forløbende ertsgange, nemlig kvarts-kalkspath-gange med kobberkis og noget svovlkis (se kartskitse i *Nyt mag. f. naturv.*, B. 28, s. 221); i grundfjeldet ved Berthelseie, omkring hundrede eller et par hundrede meter fra porfyrgrænsen, nogle tilsvarende ertsgange, med kobberkis, svovlkis og lidt jernglans. I silurisk etage 2 i nærheden af Almerli et par ørsmå jernmalmskjærp (alunskiferen nær ertsen metamorfoseret til chialolithskifer).

Inde i granitfeltet nord for Hurdalssjøen findes nogle jernmalmsforekomster (Rognlikol, Ødemark og Skurven), hvor malmen optræder i små siluriske skiferflager, fuldstændig indesluttet i granit.

*Mistberg-feltet* i Eidsvold. I siluren i Mistbergets søndre del et par urgamle jernmalmgruber; nær toppen, vid Rød nabben, en større forekomst af næsten ren magnetkis (med omkring  $\frac{3}{4}$  % Ni + Co); længere nord, dels i silur og dels i grundfjeld, en række anvisninger på blyglans og zinkblende.

<sup>1)</sup> Malmen fra enkelte gruber her var så svovlrig, at man ved Eidsvolds jernverk undertiden måtte udløse den med vand efter röstningen (se HAUSMANN'S reiseberetning).

<sup>2)</sup> Mit materiale til sikker petrografisk bestemmelse af denne bergart er desværre gået tabt. — Løng ertsgangene er porfyren stærkt dekomponeret.





*SV for Hurdalssjøen.* Inde i det lille silurfelt et par gamle jernmalmgruber nær Åmundrud; mellem Åmundrud og Toftner en hel del nys fundne skjærp af zinkblende-blyglans og af magnetkis (med lav nikkelgehalt). Efter KEILHAUS manuskriptkart endelig også en forlængst nedlagt jernmalmgrube<sup>1)</sup> lidt VNV for Dal, i grundfjeldet ikke fuldt 1 km fra granitgrænsen.

*Hakedals-feltet.* Inde i et meget stort (på geologisk rektangelblad »Nannestad» ikke afsat) af granit fuldstændig omflydt silurflag, mellem vestre og østre Råsjö, Sörsæter, Dalstjern og Elsjöhaugvandene, er i de senere år opdaget en hel del forekomster förende zinkblende med magnetkis; en noget lignende anvisning, hvor også blyglans samt manganokker er påvist, et par hundrede m söndenfor Vardeåstjernet.<sup>2)</sup> I de siluriske etager 2 og 3, O og SO for Storöiungen tre små jernmalmskjærp, nær ved granitgrænsen; desuden efter KEILHAUS manuskriptkart to kobbermalmskjærp i grundfjeldet lige ved granitgrænsen, omkring 1.5—2 km O og NO for Hakedalens kirke; endnu noget længere mod øst, fremdeles i grundfjeld, tre jernmalmskjærp;<sup>3)</sup> nær gården Haug kobbermalm-grube og skjærp, i silurisk skifer; endelig et lidet jernmalmskjærp umiddelbart i kontakten mellem silurflag og granit, ved »Skjærpet» nær Greveveien.

*Hadelands-feltet.* I konkaktmetamorfoseret silur nær granit i omgivelserne af Grua, hvor granit-silur-grænsen danner vinkel på 90° (se kartskitsen), en række noget forskjelligartede forekomster: ved gården Grua et par urgamle, små jernmalmgruber, i krystallinsk silurkalk; videre nogle gamle blyglans-zinkblende-forekomster nær Grua, i Skjærperdalen og ved Kjørven sæter;

<sup>1)</sup> Den dybeste skakt i denne grube skulde, efter HAUSMANN'S beretning, allerede for slutten af forrige årh. have nået et dyb på 102 m. Det kan forøvrigt ikke ansees som sikkert bevist, at ertsen ved denne forekomst i grundfjeldet skyldes eruptiv eftervirkning efter granit.

<sup>2)</sup> Ovenstående efter mundtlige meddelelser af fagmænd. Nær Vardeås skjærp en grönstengaug.

<sup>3)</sup> Heller ikke for disses vedkommende kan det med sikkerhed påståes, at ertsen tilhører granit-kontaktforekomsterne.

en hel del tilsvarende anvisninger i de senere år også fundne lidt længere vest, ved Mylla kjærn med omgivelser.

Ved Nysæter møder vi et større ertsfelt, hvor zinkblende (mørk) optræder dels fri for andre ertser, dels opblandet med lidt magnetkis og svovlkis; inde i de stærkt kontaktmetamorfoserede siluriske skifere, som stryger O å ONO, medens granitgrænsen forløber N—S, kan man holde ud fra hinanden tre eller endnu flere ligeløbende ertsdrag, som — om end med afbrydelser — kan følges fra granitgrænsen til 300 eller 400 m ind i skiferzonen. Mægtigheden af det med zinkblende, ofte i store og næsten rene blokke, indstrøede skiferparti går i alle fald på enkelte steder op til over 3 m. — Tilsvarende forekomst også lidt længere nord, ved Håkenstad sæter.

Også andetsteds på Hadeland er kjendt en række blyglans-zinkblende-anvisninger,<sup>1)</sup> som i korthed skal berøres, om end forekomsterne antagelig ikke står i genetisk relation til graniten, men til gabbrodiabas eller til de yngste diabasgange (herom senere).

Ved Gamkinn og Vien flere forekomster af zinkblende (lys) og blyglans, i siluriske skifere i umiddelbar nærhed af Buhammerens eruptiv (gabbrodiabas).

Lignende forekomster også i silur mellem gården Egge og Brambokampen (gabbroproterobas) samt i grundfjeld lidt øst for Egge.<sup>2)</sup>

Også i grundfjeldet nord for Hønefos og Heen jernbanestation, vest for Randsfjorden, er i de sidste år fundet en hel del ertsgange, med blyglans, zinkblende og kobberkis (ved Bottenkjærn, Marigård, Næsset og Nøkleby, Nordby).

*Alunsjö-Grorud*-feltet, omkring 10 km NV for Kristiania (se min originalafhandling s. 24 og 31—34) betegnes fortrinsvis ved

<sup>1)</sup> Ingen af disse har jeg selv besøgt, men har kun at støtte mig til meddelelser fra diverse hold.

<sup>2)</sup> Som vi senere nærmere skal omtale, er granit-kontaktforekomsterne ældre end Kristianiefeltets diabasgange; ertsgangen ved Egge derimod opgives at overkrydse en grønstengang og må derfor sandsynligvis parallelliseres med Kone-rud-forekomsterne, hvorom senere.

kobberertser, nemlig kobberglans, brogetkobber og kobberkis, som dels optræder for sig alene, dels i forbindelse med blyglans, zinkblende eller jernglimmer. På enkelte steder (ex. Grussletten, forefindes ertserne, som så ofte ellers, i siluriske skifere eller i silurflag, fuldstændig omsluttede af granit; de allerfleste gruber og skjærp<sup>1)</sup> inden vort distrikt er dog anlagte på ertsgange, som gennemskjærer augitporfyritdækket og porfyrtuffen ved Alunsjö-Bredsjö, og som neppe nogetsteds fjerner sig mere end 0.5—1 km fra granitgrænsen. Disse gange fører snart de rige kobberertser uden opblanding, snart kobbererts med mere eller mindre jernglans; atter igjen på enkelte steder næsten ren jernglans. Ved hovedforekomsten, Nedre Grorud grube, forløber ertsgangene langs grænsen af nogle smale gange af granofyr; herom mere senere (fig. 16).

Ved Barnekjærn og Sognsvand nord for Kristiania nogle örsmå jernmalmskjærp, i silur lige ved granitgrænsen (akerit).

*Gjellebæk-feltet*, på östsidan af Lierdalen, udmærker sig ved at före jernmalm og kobberkis, med svovlkis, i nogenlunde jævn blanding, hvorhos også vismuthglans<sup>2)</sup> her antræffes meget ofte og i forholdsvis rigelig mængde; ligeledes skal antimonglans her være påvist. De mange små gruber og skjærp blev i fordums dage, alt efter forholdet mellem magnetit og kobberkis, dels drevne på jern og dels på kobber. Efter KEILHAUS manuskriptkart skal der være fem gruber og skjærp ved Buttedal og Gjellebæk, samtlige beliggende i kontaktlinjen mellem granit (granitit) og silur eller nogle få *m* ind i siluren; ved Opsjö, lidt længere mod öst, to jernmalmskjærp, fremdeles i granitgrænsen; endelig VSV for Ulven et lidet skjærp, i silurflag inde i granit.

*Hörte-feltet*, vest for Holsfjordens sydende: Oppé i selve Hörtekollen, nær granitgrænsen, et par urgamle jernmalm-gruber eller skjærp; ligeledes et par smågruber vest for gården Svarte-

<sup>1)</sup> I 1880-årene blev mættet omkring et halvt hundrede forskjellige skjærp i ströget NO, N, NV og V för Alunsjöen.

<sup>2)</sup> Leilighedsvis har man påtænkt at ville bearbejde en af gruberne ved Gjellebæk eller Auvi på vismuthglans; mineralet omtales allerede af J. KRAFT i 1820.

berg, henimod granitgrænsen ved Øien tjern (efter KEILHAUS manuskriptkart). — Helvin fundet af STRÖM i et af disse skjærp.

I *Drammens-feltet* (Sandedalen-Konerudverket-Narverud-Ekersjöen, se detailkart fig. 2, målestok 1:100.000, i min originalafhandling) kan man holde ud fra hinanden to slags forekomstgrupper, — nemlig a) jernmalforekomster (ældre end diabasgange), henhørende til samme kategori som de tidligere her omhandlede, og b) blyglans-zinkblende-forekomster, typus Konerudkollen (samtidig med eller yngre end diabasgange), genetisk bundne til diabasgange; sidstnævnte gruppe skal vi ofre særskilt omtale senere i denne afhandling.

Vedrørende jernmalforekomsterne. — Rökeberg eller Krambodol, Besseberg, Såsen og Korsegård gruber ved natrongraniten øst for Ekernsjöen; Narverud store grube i kontakten mod granit vest for Drammen, desuden Åserud grube samt en hel del skjærp ved Austad, Viulrud, Egeberg, Borgen osv., — kan fremhæves, at jernmalmen jævnlig er nogenlunde stærkt opblandet med kis, undertiden, som i Gjellebæk-feltet, også med vismuthglans (ex. Narverud); undtagelsesvis møder man dog også god, svovlfattig malm (ex. Åserud grube og skjærp).

*Meisholt-feltet* i Gjerpendalen nord for Skien, udenfor området af vort kart, kjender jeg ikke efter personligt besøg; efter KEILHAUS manuskriptkart hidsettes: lige på kontakten mellem granit (nordmarkit) og silur ligger Teiggruberne, Meisholt grube og Bødker grube; omkring 1 km inde i siluren Flittig skjærp samt lige drevne på jernmalm (se også DAHLLS beskrivelse i *Nyt mag.*, B. 9, s. 327—328).

For at fuldstændiggjøre oversigten over de pneumatolytiske processer, som stod i rapport til vore graniter, kan endelig også medtages, at på grænsen mellem felsofyr og granofyr i nærheden af Glittrevand (NV for Drammen) er bergarten omvandlet til *greisenporfyr*, bestående af kvarts, muskovit, svovlkis, spor af *tinsten* osv. (efter BRÖGGER, *Min. d. südnorw. Augitsyenite*, s. 76).

Fra alle de oven omhandlede ertsforekomster, — nemlig alt-i-alt vistnok et par hundrede jerngruber og skjærp, desuden nogle

smågruber eller skjærp på kobber, bly og zink, — blev i fordums dage leveret malm til de mange små og nu nedlagte bergverk inden »Kristiania-territoret», hovedsagelig jernverk,<sup>1)</sup> videre et par ubetydelige kobberverk<sup>2)</sup> og et ørlidet bly-sølv-verk på Hadeland.<sup>3)</sup> Forekomsterne må i sin helhed betegnes som små, om de end hist og her kunde vise nogenlunde respektable dimensioner;<sup>4)</sup> ved de

<sup>1)</sup> Næmlig jernverkenes:

Eidsvold (i sin tid med 2 masovne ved selve Eidsvold, 1 ved Julsrud og 1 ved Vik i Stange) og Feiring jernverk, som fik sin malm hovedsagelig fra Skreia-feltet, tildels også fra Mistberget. Eidsvold-verket omtalt i 1631; nedlagt 1820.

Hakkedalen jernverk, omtalt i 1622; fik i sin tid malm fra Hadelandsgruberne (rødskjört jern), senere hovedsagelig fra Dalsgruben nær Hurdalsjøen samt fra Arendal-Kragerø-gruberne; masovnsdrift indstillet omkring 1850.

Bærum med filialer (masovn i Maridalen 1578, ved Bærum ca. 1600), fik i en lang periode malm fornemmelig fra Arendal-Kragerø-gruberne; masovnsdrift indstillet omkring 1870. — Dikkemark jernverk (1697—1790), beliggende nær Gjellebæk-gruberne.

Eidsfos jernverk ved Ekersjøen (omtalt i 1697, masovnsdrift indstillet omkring 1870), som fik sin malm fra Narverud, Røkeberg og Åserud-gruberne i Drammensfeltet (disse gruber nedlagde 1860—70); endelig Hassel jernverk (ca. 1650—ca. 1850), Kongsberg jernverk, Soknedalen jernverk og kanske endnu flere, som dels hentede malm fra kantakforekomsterne i Drammensegnen, dels fra forekomster i grundfjeldet.

<sup>2)</sup> Et lidet kobberverk i Feiring, anlagt på Brotshang-gangene (verket drevet før eller omkring midten af det 17de årh.); et lignende lidet verk nær Alunsjøen, i Tonsen- og Rødtvedtmarken (drevet et par år, omkring 1705—1708); endelig Kongs kobberverk ved Sagvold i Lier, nær Gjellebæk (anlagt omkring 1751, drevet nogle få år).

<sup>3)</sup> I drift 1632, men strax indstillet; senere optaget i 1736 og i 1798, hver enkelt gang dog kun drevet et par år.

Det efter omstændighederne betydelige Wedels eller Jarlsbergs- bly-sølv-verk arbejdede på forekomster henhørende til Konerud-typen; herom mere senere.

<sup>4)</sup> For at godtgjøre, at malmtilgangen i alle fald undertiden ikke var så ubetydelig, som enkelte muligens på forhånd kunde være tilbøielig til at formode, skal vi hidsette nogle opgaver over enkelte af de større jernmalmgruber.

Efter præsten LEGANGERS beskrivelse havde gruberne i Skreia omkring år 1792 (30 år før nedlæggelsen) nået følgende dimensioner:

Langgårds grubé.	200 m	i	længde,	20 m	dyb.
Storgruben	240	>	>	20	>
Bækkegruben	160	>	>	18	>
Nyberg	140	>	>	20	>

i silur opsættende jernmalforekomsterne, som i alle fald i procentisk henseende ubetinget spiller den mest fremtrædende rolle, var selve malmen desuden i så stærk grad opløst med de ved kontaktmetamorfose af siluren fremkomne mineraler, — granat, glimmer osv., — at den skeidede malm oftest kun holdt 30—35 %, sjelden så meget som 40 % og kun rent exceptionelt op til 50 % jern;<sup>1)</sup> malmen fra en flæthed af forekomsterne var desuden temmelig svovlholdig, fra enkelte gruber også med en generende gehalt af kobber, bly, zink, vismuth osv. Derimod kan påpeges, at malmen i sin admindelighed *ikke* viste nogen nævneværdig titansyregehalt, — kun malmen fra Langgårds grube ved Mjösen opgives som titanholdig, — og endelig, at fosfor- eller apatitgehalten gjerne var nogenlunde lav.<sup>2)</sup>

Paul.....	120 m	i længde,	14 m	dyb.
Salomon.....	120 »	»	20 »	»
Flesvig.....	120 »	»	anseeligt »	
Stiger.....	32 »	»	16 m.	»

Den første af disse i grundfjeld, de øvrige i silur.

Ved Dalsgruben (SV for Hurdalsjøen; i grundfjeld) skulde en synk ved udgangen af forrige århundrede have nået et dyb på 102 m.; en nærliggende grube var i 1806 52 m. dyb (efter HAUSMANN).

De vigtigste jernmalgruber, alle i silur, inden Drammensfeltet var:

Åserud grube, afsynket til dyb 56 m. under dagen; de forskellige forekomster opfaret i længde tilsammen adskillig over 100 m. Arbejdsbeløget gik i midten af 1860-årene op til over 60 (i 1866 produktion 4560 tons med 77 arbejdere); gruben nedlagt 1870.

Narverud grube eller gruber, ligeledes ganske betydelige; det samlede felt over 100 m langt; hovedgruberne opfaret i ca. 50 m længde og efter faldet ca. 50 m.

Besseberg grube; vertikalt dyb 50 m; malmen kort, stolpeformig.

Røkeberg grube; længde 65 m og dybde 20 m.

- 1) Malm fra Åserud grube og skjærp gav ved Eidsfos jernverk i 1870-årene et rjernsudbytte stort 43—44 %.
- 2) Den tidligere bestyrer, ingeniør CONRAD OLSEN, af Eidsfos jernverk har velvillig meddelt mig et par gennemsnitsanalyser af malm fra Åserud.

	SiO <sub>2</sub>	FeO <sup>1/2</sup>	CaO	Fe <sup>2/3</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	Fe	P
Åserud skjærp no. 1 . . .	7.9	3.9	4.6	83.3	0.11	0.04	58.03	0.05
» » no. 2 . . .	16.03	1.50	10.90	68.13	0.11	0.14	47.69	0.05

Mangangehalten i disse malme lav (i det fremstillede rjern omkring 0.2 % Mn).

I de senere tider har der været udført en del forsøgsarbejder på de til granit bundne kobberertsforekomster i Feiring, ved Alunsjön og ved Gjellebæk;<sup>1)</sup> og i de allersidste år har også zinkblendeforekomsterne på Hadeland<sup>2)</sup> tiltrukket sig adskillig opmærksomhed.

Som allerede tidligere berørt, er vore kontaktforekomster anstændige i alle de mod graniterne, — nordmarkit, natrongranit og granitit, — tilgrænsende *ældre* bergartsviter, nemlig ikke alene i siluren, men også i grundfjeldet og de ældre porfyrdækker; og inden siluren igjen er ertserne vilkårlig fordelt over samtlige etager, fra 2 til 8.<sup>3)</sup>

Særlig kan fremhæves, at ertserne med hensyn til sin kemisk-mineralogiske natur *ikke* afhænger af sammensætningen af de forskellige prægranitiske bergarter, hvori forekomsterne antræf-

---

Røjern fra Åserud grube & skjærp og udplukket rig jernglans-malm fra Åserud skjærp anvendtes ved Eidsfos verk (1875—82) til fremstilling af Uchatiestål; analyser af røjernet gav 0.035, 0.042 % og af det færdige stål 0.027, 0.033 % fosfor.

Malmens fosforsyre kan for den væsentligste del eller i sin helhed skrive sig fra fosforsyre,] som oprindelig tilhørte den senere med erts impregnerede skifersubstans.

- 1) Om forsøgsarbejdet på de i porfyr opsættende kvarts-kobberkis-gange ved Brotshaug, Feiring, se Nyt mag. B. 28, s. 221. Enkelte gange af længde omkring 100 m; et par gruber afsynket til dyb 20—30 m. Ertsföringen nogenlunde jævn, men på de opfarede gangflader ikke så rig, at driften (1880—84) kunde fortsættes med fordel.

På de talrige kobbererts-gange i angitporfyrten og porfyrdækket ved Alunsjön blev årene 1880—87 anlagt en hel del forsøgsdrifter; hovedgruben, Nedre Grorud grube (se fig. 16) afsynket til dyb 27 m og opfaret i længde 65 m. Brogetkobber-gangene her undertiden meget smukke; totalresultatet var dog negativt.

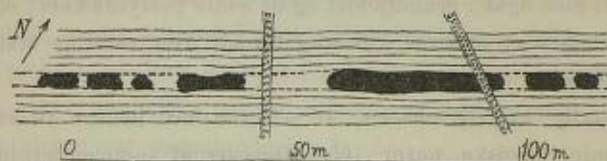
Anvi eller Gjellebæk grube, i silur, lænset 1888 (dyb 12 m); efter bergmesterens befæringsprotokol: »kobberkis med magnetjern og vismutthglans tilsyneladende »lagvis« optrædende i silurstraterne; et kobberkis-rigt parti 50 cm mægtigt; fortsat forsøgsarbejde vel beføiet.»

- 2) Ved Nysæter synes der at foreligge et ikke ubetydeligt ertsfelt, hvor zinkblende-malmen ved håndskedning tildels kan bringes op til gehalt omkring 40 % zink. Et ganske betydeligt forsøgsarbejde, påbegyndt 1889. fortsætter fremdeles.

- 3) Herom henvises til en tabellarisk oversigt af KJERULF i »Udsigt over det »yd. Norges geologi«, s. 63—64; kompletteret ved egne undersøgelser i »Jernertser ved yngre granit og syenit«, s. 16—17.

fes; jernglans og magnetit forefindes således ikke alene i silur, men også i grundfjeld (ex. Langgård grube i Skreia-feltet) og i augitporfyriddække (ex. kvartsgange med jernglans og spor af kobberglans eller brogetkobber ved Alunsjöen); — og kobbererts møder vi f.ex. inden Alunsjö-Grorud-feltet<sup>1)</sup> såvel i augitporfyriten som i de af granit omsluttede silurflag; samme slags erts inden Gjellebæk-feltet i silur, nær granitgrænsen.

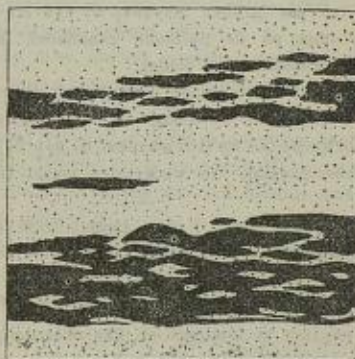
Fig. 7.



Kartskitse over Nyberg jernmalmgrube, i Skreia-feltet. Sort betyder grubens dagåbninger. Ertsdraget overskåret af gange af granit og kvartsporfyr.

Ved de i silur optrædende forekomster er ertsen, særlig ved nogenlunde steil lagstilling, i regelen indkilet eller fordrummet langs efter skiktfladerne; et bestemt skiferniveau kan på denne vis ofte være impregneret med erts i flere 100 *m*'s længde, se

Fig. 8.



Håndstykke (i fuld målestok) fra Kjenner grube ved Gjellebæk. Sort betyder erts (magnetit); lysprykket betyder stærkt kontaktmetamorfoseret skifer (allochroit,  $\circ$ : fin Kornig granatmasse).

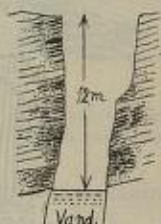
<sup>1)</sup> Se herom nærmere i mit originalarbejde s. 31—34.



f.ex. hosstående kartskitse over Nyberg jernmalmgrube i Skreia-feltet. Selv i håndstykkeformat kan det jævnlig erkjendes, at de enkelte ertspartikler følger skikterne, se den aftegnede ertsblok, fig. 8.

Disse vanlige, langs efter lagfladerne forløbende jernmalmsforekomster i den kontaktmetamorfoserede silurzone viser jævnlig en vis ydre lighed med utvivlsomt sedimentært dannet jernmalm, typus Næverhaugen-Norberg-Dannemora-Arendal osv.; der er dog den meget væsentlige forskjel, at ved den sidstnævnte gruppe kan man jævnlig inde i selve malmen påvise en række vilkårligt vekslende *differente ertsskikt*, noget, hvorom der ikke er tale ved de i silur yngre optrængte ertser. Ved kontaktforekomsterne optræder malmen desuden, såvel i det store som i det små, jævnlig stærkt uregelmæssigt og klumpformigt indstrøet langs efter lagfladerne. Endelig må vi også tage med i betragtning, at ved fladt svævende lagstilling skjærer ertsen meget ofte, i alle fald hvor forekomsterne optræder i større afstand fra granitgrænsen, tvert gennem skikterne (se Profil over Åserud skjærp, i Drammensfeltet, fig. 9); og selv ved de »falbåndlignende» (fig. 7 og 8) leiesteder kan man nu og da observere små ertsårer, som krydser over lagene.

Fig. 9.



Profil over Åserud skjærp, i Drammensfeltet.

Ved de i augitporfyrinen ved Alunsjön opsættende forekomster møder vi ertsen ikke fint impregneret inde i selve bergartmassen, men optrædende i normale ertsgange; et analogt forhold viser også i alle fald en flerhed af de i grundfjeldet i nærheden af den postsiluriske granit »indblæste» ertser, idet disse, som f.ex. tilfældet er ved Langgård grube i Skreia-feltet, krydser gangformig over gneisstraterne. På enkelte steder kan dog muligens de yngre indtrængende ertser have banet sig vei ind mellem gneislagene,<sup>1)</sup> så der resulterer »falbånd», på samme vis som i siluren.

<sup>1)</sup> Så synes at have været tilfælde ved enkelte af de i Hakedalsfeltet i grundfjeldet i umiddelbar nærhed af granitgrænsen optrædende forekomster; nogen

For med sikkerhed at kunne klargjøre ertsernes genetiske afhængighedsforhold til graniten, — eller graniterne, nordmarkit, natrongranit og granitit, — skal vi, følgende det allerede af KEILHAU angivne schema, levere en oversigt over forekomsternes beliggenhed i relation til nærmeste granitgrænse.

På vedfølgende kartskitse, planche 2, er ved sorte »punkter» angivet ialt 108 gruber og skjærp,<sup>1)</sup> tilhørende den til granit bundne forekomstgruppe (ved denne beregning gruberne langs diabasgange i Drammensfeltet og på Hadeland ikke medregnede); for 4 grubers eller skjærps vedkommende savnes de nødvendige oplysninger, — vor statistik kommer således til at omfatte alt-  
alt 104 enkelte forekomster. Af disse optræder:

Fig. 10.



Fig. 11.



Kartskitse over jernmalmskjærp i siluriske skiferflag, fuldstændig omsluttet af granit.  
Fig. 10 »Svenskeskjærp». Fig. 11 »Stiger skjærp», nær Paul grube, begge i Skreia-feltet.

I. Inde i siluriske skiferflag, fuldstændig omsluttet af granit, — se f.ex. fig. 10 og 11, — 17 forekomster i tilsammen 13 forskellige silurbrudstykker.

II. 22 forekomster netop på kontaktlinjen mellem granit og silur, — ertsen dog overalt afsat udelukkende inde i de silu-

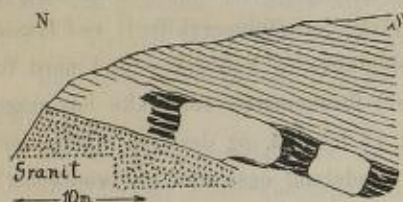
pålidelig detailundersøgelse ved disse for hundrede år siden nedlagte smågruber kunde dog ikke foretages.

<sup>1)</sup> Ved et enkelt »punkt» omfatter vi her undertiden en hel del nærliggende skjærp eller grubeåbninger (ex. de 7 forskellige dagåbninger ved Nyberg grube, fig. 7, betegnede ved et enkelt »punkt»; nogle få middels store gruber og kanske et halvt hundrede småskjærp ved Alunsjøen angivne ved alt-i-alt 6 »punkter»). Skulde vi medtage alle særskilte skjærp og ertsfund, vilde taller stige til mange hundrede.

riske skifere, se fig. 12 og 13. — eller i høiden 10—20 *m* inde i siluren (se f.ex. fig. 5 i mit originalarbejde).

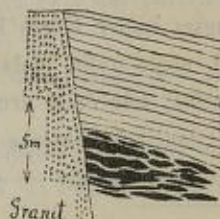
III. Videre 48 forekomster længere inde i den kontaktmeta-morfoserede skiferzone; deraf en meget væsentlig del omkring 50—250 *m* fra granitgrænsen, mange 250—500 *m* fra grænsen, enkelte også i afstand  $\frac{1}{2}$ —1 *km* eller endog op til  $1\frac{1}{2}$  *km* fra grænsen; i endnu større afstand fra granitgrænsen er inden hele

Fig. 12.



Profil over Narverud jernmalmsgrube, i Drammensfeltet.

Fig. 13.



Profil over »Henckels» magnetit-grube, i Drammensfeltet.

det østlandske silurfelt,<sup>1)</sup> — når undtages nogle ertsanvisninger ved diabasgange (ex. »Dragehullet» ved Gamle Akers kirke inde i Kristiania by; Balke skjærp på Thoten) og enkelte af de Hadelandske forekomster (ved Egge i eller ved diabasgang; ved Vien nær gabbrodiabas), — overhovedet, såvidt mig bekjendt, ikke antruffet en eneste ertsforekomst.

IV. I grundfjeld 10 forekomster, hvoraf halvparten omkring  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$  *km* fra granitgrænsen; de tre små jernmalmsforekomster i Hakedalsfeltet dog indtil 2—3 *km* fra grænsen.<sup>2)</sup>

V. I augitporfyriddækket ved Alunsjön talrige kobbererts- og jernglans-gange, neppe nogetsteds i afstand over  $\frac{1}{2}$ —1 *km* fra granitgrænsen. Efter KEILHAUS manuskriptkart desuden

<sup>1)</sup> De til diabasgange bundne forekomster ved Konerud syd for Drammen ligger — indirekte neppe tilfældigvis(?) — ikke langt fra granitgrænsen.

<sup>2)</sup> Som allerede tidligere berørt, er det dog tvivlsomt, om disse tre skjærp, ligesom også Dalsgruben SV for Hurdalsjön og blyglans-zinkblende-skjærpene ved Bö nær Slemmestad i Røken, tilhører granit-kontaktgruppen; vedrørende dannelsen af grundfjeldsarterne i Feiring- og Skreia-felterne kan der dog ikke herske nogen berettiget tvivl.

et par jernmalmgruber i porfyrdække øst for gården Dramsdal, nord for Haugsund.

VI. Endelig i det lille eruptivfelt ved Brotshaug i Feiring en række kvarts-kobberkis-gange.

På vort oversigtskart er ved tegn Ni, Co, Fe, Cu og Pb angivet de øvrige inden kartets område hidtil kjendte ertsforekomster,<sup>1)</sup> nemlig de talrige kontaktfelter af nikkelholdig magnetkis i og ved gabbro (norit) på Ringerike; kobolterts-falbåndene i Modum og Snarum samt kobberkis-falbåndene ved Berg og Haugset under Ekers kobberverk; jernglimmerskifer<sup>2)</sup> ved Hassel samt nogle nylig opdagede blyglans- og kobberkis-fund nord for Hønefos; når disse archæiske<sup>3)</sup> forekomster, som ikke har noget med den postsiluriske granit at bestille, og desuden ertsfundene langs diabasgange — og på Hadeland også nær gabbrodiabas(?)

<sup>1)</sup> Lidt søndenfor vort kartområde forefinder man i augitporfyrit-(melafyr)-dækkerne ved Moss og Horten på begge sider af Kristianiafjorden, — nemlig på Guldholmen ved Gjeløen nær Moss og på Løvøen nord for Horten, — nogle theoretisk interessante, om end praktisk regnet aldeles ubetydelige forekomster af gediegent kobber, som ikke står i noget påviseligt afhængighedsforhold til de yngre graniteruptioner, og som vi følgelig ikke skal tage hensyn til ved den efterfølgende schematiske oversigt.

Her skal kun anmærkes, at ved de nævnte lokaliteter optræder gediegent kobber, sammen med prehnit, kalkspath osv., dels på spalter, som gennemkrydser augitporfyriten, og dels afsat inde i mandelstenshulerum i bergarten. I geologisk-genetisk henseende kan man drage sammenligning med de bekjendte forekomster ved Lake superior (Keveenaw-halvøen og Ontonagon), hvor gediegent kobber, også her ledsaget af prehnit, optræder i melafyrbæuker og i mellemelet konglomerat og sandsten; den inden de amerikanske geologer (PUMPELLY, *Geology of Michigan*, Vol. I, part. III, s. 43 og IRVING, *Copper-bearing rocks of Lake superior*, s. 425) gjældende forklaring er, at kobberet skyldes reduktionsudfældning af en kobberopløsning (karbonat i kulsyreholdigt vand), og særlig, at reduktionen fremkaldtes ved jernoxydul, som opoxyderedes til oxyd. Som argument fremføres navnlig, at rundt omkring det gediegne kobber er det oprindelige jernoxydul i magnetit, augit, glas osv. overført til oxyd.

<sup>2)</sup> Efter DUROCHERS beskrivelse (l. c., s. 251) kan jernmalmen — jernglans og kvarts i fine skikt — ved Hassel, som forøvrigt ligger nær ved granitgrænsen, parallelliseres med Utö-Norberg-typen i Sverige; efter de i universitetets samlinger opbevarede prøver er malmen en jernglimmerskifer, identisk f. ex. med Dunderlandsdalens.

<sup>3)</sup> Blyglans-anvisningerne nord for Hønefos kan dog muligens være yngre gange(?).

— fraregnes, er inden hele det foreliggende distrikt kjendt noget over hundrede gruber og skjærp, fordelt på silur, grundfjeld og augitporfyr, og samtlige optrædende i nærheden af den postsiluriske granit; nemlig

næsten tredieparten<sup>1)</sup> (ca. 31 %) på selve kontaktlinjen mellem granit og tilgrænsende ældre bergart eller i høiden 10—20 *m* fra granitgrænsen;

lidt over fjerdeparten (ca. 26 %) i afstand mellem 20 og 250 *m* fra grænsen, — altså alt-i-alt noget over halvparten (ca. 57 %) i afstand indtil 250 *m* fra grænsen;

lidt under fjerdeparten (ca. 24 %) i afstand 250—500 *m* fra grænsen;

lidt over tiendeparten (ca. 12 %) i afstand 500—750 *m*, og endelig lidt under tiendeparten (ca. 7 %) i afstand fra 750 til 1250 à 1500 *m* fra grænsen.

Denne statistik godtgjør uomtvistelig, at ertserne står i umiddelbar og intim rapport til graniten (eller graniterne); vor opgave er kun nærmere at udrede det genetiske afhængighedsforhold.

Först må da fremhæves, at ertsen ikke skyldes nogen omdannelse eller omkrystallisation *in situ* af allerede forhåndenværende bergarter, — idet vi f.ex. inden siluren ikke har skikt med 30—40 % jern, end mindre med høi kobber-, bly- eller zinkgehalt, — men at ertsens bestanddele er stofflig tilførte.

Dernæst må vi gjøre opmærksom på, at erts-afsætningen ved de i silur<sup>2)</sup> optrædende forekomster fandt sted samtidig med eller i alle på meget tidligt stadium efter eruptionen af vedkommende granitmagma, tilmed i regelen endog för afslutningen af granitens störkning eller krystallisation. De foreliggende kontaktforekomster i silur gjennejskjæres nemlig ofte ikke alene af

<sup>1)</sup> Tallet så stort, idet under denne rubrik også de talrige anvisninger inde i de oftest forholdsvis små siluriske skiferlag, fuldstændig omsluttede af granit må medregnes.

<sup>2)</sup> Ertsgangene i augitporfyrten ved Alunsjöen synes derimod at være dannede under noget andre ydre betingelser.

de til sidste eruptionsrække henhørende diabasgange, men også af apofyser fra det nærmest tilgrænsende granitfelt;<sup>1)</sup> ertsen forelå altså fuldt færdig, medens granitmagmaen i alle fald lokalt fremdeles var i smeltet tilstand. — Videre må vi tage hensyn til, at ertsen ved de talrige inde i silurflag, fuldstændig omsluttede af granit, optrædende forekomster ligesom også ved de på kontaktlinjen mellem granit og silur beliggende leiesteder udelukkende eller omtrent udelukkende er afsat inde i de siluriske skifere eller kalkstene, og ikke — eller i alle fald kun rent underordnet<sup>2)</sup> — også i den tilgrænsende eruptiv; tværtom, denne beholder i chemisk henseende sin normale karakter lige ind til kontakten mod de ertsførende silurskikt. — Også dette angiver, at ertsdannelsen i foreliggende fald må have været afsluttet før granitmagmaens størkning.<sup>3)</sup>

Som konsekvens heraf igjen følger, at ertsen ved de i silur og silurflag optrædende leiesteder ikke kan skyldes cirkulerende thermalvand,<sup>4)</sup> idet dettes temperatur på grund af varmen hos den umiddelbart tilgrænsende granitmagma i tilfælde måtte have

1) Exempelvis kan således nævnes, at malmen i Paul grube i Skreia-feltet, beliggende kun et snes *m* fra granitgrænsen, er gjennemsat af udgreninger fra graniten, nordmarkit (se fig. 5 i mit originalarbejde) og malmen i Nyberg grube, ligeledes i Skreia, af et par gange af finkornig granit og kvartsporfyrr (se fig. 7 i dette arbejde); Røkeberg grube på Eker, lige ved grænsen af natrongranit, gjennemskjæres af en eugranitisk aplitisk natrongranitgang (BRÖGGER, l. c., s. 69), og malmen i den nærliggende Såsen grube af »akmitførende granitgang» (efter bergmesterprotokol, 1845; obs. den bekendte akmitpegmatitgang ved Rundemyr i kort afstand fra Såsen grube); af granit omsluttet silurflag med små kobberskjærp ved Grusletten nær Grorud overskåret af en gang af »grorndit» (BRÖGGER, l. c., s. 66).

2) Kun ved en eller et par af de i silurflag optrædende forekomster (se fig. 10 og 11) har jeg fundet nogle små og fine ertsårer i den flakkrystallinske, langs grænsen af skiferflaget hurtigt stivnede granitzone.

3) Ved en enkel statistik kan man overbevise sig om, at ertsen ved de talrige i granit indesluttede silurflag ikke kan have været iboende i silurskikterne før graniteruptionen.

4) De »ægte» ertsgange, typus Clausthal-Freiberg Svenningås-Kongsberg, er derimod sandsynligvis dannede på denne vis; det samme gjælder antagelig også de tidligere omhandlede kvarts-erts-gange i angitporfyriten ved Alunsjön.

overskredet<sup>1)</sup> vandets »kritiske punkt» (625° C), over hvilken varmegrad H<sub>2</sub>O kun kan eksistere i gas- eller dampform.

En dannelse ved cirkulerende vand er forøvrigt allerede af den grund udelukket, at derved ertsens meget hyppige optræden i de små i granit indesluttede silurflag ikke kunde forklares; vi møder erts i alle mulige forskellige slags bergarter, — kalksten,<sup>2)</sup> mergelskifer, lerskifer, bituminøs lerskifer eller alunskifer, porfyr, gneis osv., — afsætningen har altså ikke beroet på nogen bestemt sammensætning hos vedkommende bergartled; skulde ertsen skyldes thermalvand, vilde det have været aldeles uforklarligt, hvorledes jernopløsningerne så ofte skulde kunne have afsat sit materiel i de jævnlig kun nogle få kubikmeter store i granit indesluttede skiferflag uden at have efterladt sig påviseligt spor i selve graniten.

Tilbage blir kun, at ertsen må være dannet ved pneumato-lytisk proces; senere skal vi også nærmere udvikle, hvorledes i virkeligheden herved de mange forskelligartede detaljer meget let lader sig fortolke.

De med erts, tilhørende flusspath osv. impregnerede silur-skikt har overalt, såvidt erfaring hidtil rækker, gennemgået den normale kontaktmetamorfose, som dog uden undtagelse i umiddelbar nærhed af selve ertsmasserne har gjort sig gjældende med exceptionel stærk intensitet. Særlig kan vi gjøre opmærksom på, at hvor ertsen er afsat i ren kalksten, er denne bleven omvandlet til marmor (ex. enkelte skikt ved Røkeberg grube i Drammensfeltet og ved Åmundrud SV for Hurdalssjøen); uren kalksten er metamorfoseret til marmor med granat, vesuvian, skapolith,

<sup>1)</sup> Granitmagmaens varmegrad kjender vi vistnok ikke, men kan i alle fald være sikker på, at den må have ligget betydelig over 700°; de mest letsmeltelige silikater smelter nemlig først ved 1000—1100°.

<sup>2)</sup> Det kan her fremhæves, at ertsen ikke særlig optræder i kalksten, og at ertsdannelsen på ingen måde kan forklares ved metasomatisk proces, beroende på udfældning af FeCO<sub>3</sub>-opløsning ved kalk (hvorved relativt let opløseligt CaCO<sub>3</sub> skulde have gået i opløsning, medens FeCO<sub>3</sub> udfældtes; se nogle bemærkninger i »Salten og Ranen», s. 137—138).

pyroxen osv. (ex. enkelte skikt ved Røkeberg og Åserud gruber); mergelskifer og lerskifer, alt efter modifikationerne i skiferens oprindelige kemiske sammensætning, til granat, vesuvian, pyroxen, biotit, hornblende, epidot, plagioklas, chiastolith osv. (ex. Narverud og Besseberg ved Drammen; Paul og Nyberg ved Skreia; jernmalm i chiastolithskifer i Feiring). Den stedfundne stofførsel synes følgelig at have været indskrænket til at omfatte selve ertsbestanddelene med ledsagende flusspath, undtagelsesvis også lidt helvin og axinit. Inde i malmen møder man nu og da noget kvarts, kalkspath og clorit, hvilke sidste mineraler antagelig er fremkomne ved sekundærprocesser.

Den potenseret stærke kontaktmetamorfose langs ertsen ytrer sig derved, at de i silurstraterne nydannede mineraler, sålangt ertsimpregnationen vedvarer (se fig. 14), gjennemgående er udviklede i forholdsviis meget store individer: granaterne ved de foreliggende jernmalmgruber kan således nå dimensioner på 1 til et par *cm.*; biotitbladene,<sup>1)</sup> som ellers i regelen er temmelig små, kan få en bredde på omkring 1 *cm.*; pyroxen- og hornblende-nålene kan antage tilsvarende længde, osv. osv. Selv i håndstykkeformat giver den förstærkede kontaktmetamorfose langs ertsen sig ofte tilkjende; således kan henvises till hosstående tegning (fig. 15), hvor de enkelte ertsårer er omgivne af en smal — oftest kun 5 *mm* bred — bræm, bestående af mørkerød granat med lidt lysegrøn pyroxen (diopsid), begge i nogenlunde store individer, medens skiferen i længere afstand fra ertsårerne må betegnes som en grønlig, yderst finkrystallinsk kalksilikathornfels.

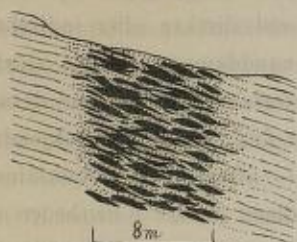
Overhovedet kan man inden kontaktzonen langs Kristiania-territoriets postsiluriske graniter opstille to af hinanden uafhængige faktorer, som er bestemmende for metamorfosens grad, nemlig först afstanden fra granitgrænsen og dernæst mængden af eventuelt forhåndenværende erts, — med andre ord, hvor ertsbestanddelene trængte sig frem, yttrede de kontaktmetamorfoserende kræfter sig i særlig stærk grad.

<sup>1)</sup> Biotiten intensiv grøn; bissectrix næsten nøiagtig  $\perp$  OP; optiske axers vinkel yderst liden.



Virkningerne af den normale kontaktmetamorfose kan man ofte spore i afstand indtil 3—4 km fra grænsen, medens derimod vore ertsforekomster inden siluren neppe nogetsteds fjerner sig mere end 1.5 km fra »ertsbringeren».

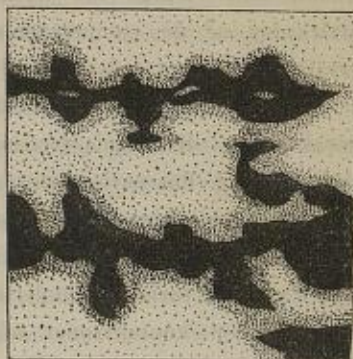
Fig. 14.



Kalksilikathornfels.  
Kalksilikathornfels med små granater osv.  
Jernglans i grovkrystallinsk granatmasse.  
Kalksilikathornfels.  
Kalksilikathornfels med små granater osv.

Detailprofil fra Åserud skjærp (efr. fig. 9).

Fig. 15.



Håndstykke (i fuld målestok) fra Røkeberg grube.

Magnetitårer omgivne af grovkrystallinsk granat og pyroxen; i længere afstand en finkrystallinsk kalksilikat-hornfels.

Den ved de forskellige dybberarter — fra siluriske graniter til tertiære gabbroer<sup>1)</sup> — fremkaldte kontaktmetamorfose beror, i modsætning til de fritnings- og smeltningssfenomener, som vi møder ved moderne og tertiære dækkeberarter, på den kombinerede indvirkning af tryk, temperatur og gennemstrømmende overophedede vanddampe, som undertiden ledsagedes af forbindelser af fluor, bor osv.; derhos må man også tage med i betragtning en overordentlig langsom afkjøling. At vanddampe må have

<sup>1)</sup> Det kan her indskydes, at, — efter hvad jeg selv på stedet har haft anledning til at overbevise mig om, — den tertiære eugranitisk-kornige gabbrolignende dybberart ved Rognstock nord for Aussig i Böhmen omgiver sig med en kontaktzone nøiagtig svarende til den, som f. ex. er kjendt langs granitfelterne ved Kristiania. Ved Rognstock er kretacæisk mergelskifer (baculitmergel, tilhørende senon) i en forholdsvis bred zone omvandlet til kalksilikat-hornfels, som nær eruptivgrænsen er rig på granat, epidot osv.

Se forøvrigt Hinsch, Verh. d. k. k. geol. Reichsanst. 1889, s. 204.

spillet en mere eller mindre fremtrædende rolle,<sup>1)</sup> slutter vi for det første deraf, at de omhandlede eruptivmagmaer gennemgående har været i hydratopyrogen smeltetilstand; endvidere må det i theoretisk henseende tillægges meget væsentlig betydning, at selv små skiferbrudstykker indesluttede i granit viser hårskarp grænse og ikke nogen ansmeltet overgangszone,<sup>2)</sup> — et forhold, som vistnok må forklares ved direkte eller indirekte indvirkning af de gennempressede vanddamp. At de sidste jævnlig har været ledsagede af fluorforbindelser, fremgår deraf, at man, — således som tilfældet er f.ex. inden den bekendte kontaktzone i Kristiania-territoret, — oftere træffer fluormineraller, navnlig flusSPATH, i de omvandlede skifere i nærheden af eruptivgrænsen; inden talrige kontaktzoner langs granit møder vi også i mere eller mindre rigelige mængde forskellige bormineraler, i regelen turmalin, undertiden også axinit.<sup>3)</sup> Og om erts-tilførsel inden kontaktzoner afgiver netop det her foreliggende Kristiania-territorium et usædvanlig instruktivt eksempel.

<sup>1)</sup> Herom kan særlig henvises til fremstillinger af:

DAUBRÉE. Géol. expériment. 1879, s. 232.

LOSSEN. Jahrb. preuss. Landesanst. 1883, s. 637. Se også Zeits. d. Deutschen geol. Gesellsch. 1872, s. 742—743; og 1869, s. 324—326.

A. DE LAPPARENT. Note sur le rôle des agents minéralisateurs dans la formation des roches éruptives. Bull. soc. géol. de la France, 1889, s. 282—290. Se også Compt. rend. 1889, 108, s. 149.

Oversigt over de forskellige forklaringer hos:

JUSTUS ROTH. Allg. und chem. Geologie, B. III, 1890, s. 176—177.

E. WEINSCHENK. Serpentine aus den östl. Central-Alpen, 1891, s. 52—56.

<sup>2)</sup> Kun små glasporer har man hist og her i udlandet antruffet i kontaktmetamorfoseret skifer nær granit, først ved Monzoni (se BECKE, Glaseinschlüsse in Contactmineralien von Canzacoli bei Predazzo, Tscherm. Min. Petr. Mitth. 1882, B. V, s. 174); senere også på et par andre steder.

<sup>3)</sup> Det sidste mineral inden kontaktzonerne

f.ex. i kalkhornfels ved Schierke, Harz (efter LOSSEN, Jahrb. preuss. geol. Landesanst. 1883, s. 634);

i omvandet kalk ved Rothau, Vogeserne, nær hornblendegranit (efter DAUBRÉE, Géol. exp. s. 141);

videre hist og her nær Cornwall-graniterne samt, som tidligere berørt, ved Åserud jærgrube inden Drammensfeltet. — Forøvrigt kan i denne forbindelse anmærkes, at bormineraler spiller en påfaldende lidet fremtrædende rolle langs Kristiania-territoriets graniter (se også BRÖGGER, Die silurischen Etage 2 und 3, s. 368).

Den exceptionelt stærke kontaktmetamorfose ved vore ertsforekomster må i henhold til ovenstående udvikling bero på, at ertsbestanddelene exhaleredes i forbindelse med »uddunstninger» af vanddampe osv.

I korthed skal vi rekapitulere de vundne resultater vedrørende vore ertsforekomsters genesis: ertsdannelsen inden den siluriske kontaktzone fandt sted samtidig med eller umiddelbart efter eruptionen af det tilgrænsende granitfelt; ertsafsætningen skyldtes en pneumatolytisk proces; hvor ertsbestanddele — i forbindelse med undvigende vanddampe osv. — trængte sig frem, gjorde den normale, fysiske kontaktmetamorfose sig gjældende med potensret intensitet. Disse sammenstillinger igjen fører nødvendigvis til den slutning, at de metalliske emanationer oprindeligt må have været opløste i den eruptive granitmagma.

Angående exhalationernes kemiske natur kan vi på basis af de resulterende mineralkombinationer danne os i alle fald en approximativ forestilling: ertsernes ledsages jævnlige, undertiden endog i meget rigelig mængde, af flusspath, hvoraf følger, at metallerne, — på samme vis som så ofte ved de moderne vulkaner, og i overensstemmelse med, hvad der efter DAUBRÉE'S fremstilling gjælder for de til granit bundne tinstenforekomster, — i alle fald for en væsentlig del indgik som fluorider, eventuelt chlorider.

Og inden metallerne igjen indtager jern i regelen, — nemlig ved forekomsterne af magnetit, jernglans, magnetkis, — en aldeles prædominerende stilling eller er i alle fald, — ved forekomsterne af zinkblende (mørk, jernrig) og af kobberkis osv., — tilstede i procentisk meget rigelig mængde; dernæst følger kobber, zink, bly, hvilke elementer lokalt kan være forherskende, og endelig møder vi undertiden også lidt nikkel, kobolt, sølv, vismuth, antimon, molybdæn, tin osv.

Oxyder er inden vore forekomstgruppe, — på samme vis som ved de ligeledes til granit bundne tinsten- og tinsten-kobberkis-forekomster, — i det hele og store tilstede i adskillig rigeligere mængde end sulfider; dette må fortolkes didhen, at svovlvandstof eller tilsvarende svovlforbindelser (som f.ex. svovlkulstof)

regnet *en bloc* ikke har spillet nogen stærkt fremskudt rolle; neppe nogetsteds kan de dog have manglet fuldstændig, idet vi selv ved de bedste jernmalme inden kontaktzonen oftest træffer en generende kiprocent; lokalt møder vi også en betydelig sulfidgehalt. — Da kobber har højere affinitet til svovl end jern, optræder kobber altid som sulfid (kobberglans, brogetkobber, kobberkis), jernet derimod fortrinsvis som oxyd.<sup>1)</sup>

Som allerede tidligere berørt, karakteriseres Kristiania-territoriets graniter, nordmarkit, natrongranit og granitit, — i modsætning til, hvad der gjælder såvel for eruptionsrækkens andet led, de basiske augit- og nefelin-syeniter,<sup>2)</sup> som for granitfelter på talrige andre lokaliteter rundt om på jorden, — ved at have leveret exhalationer med påfaldende lav borgehalt; kun en enkelt gang har man ved vore gruber, nemlig ved Åserud jerngrube, påtruffet et bornineral, axinit.

De fra granitmagmaerne undvigende exhalationer viser inden de forskellige felter visse modifikationer med hensyn til den ind-

<sup>1)</sup> Såvel de her omhandlede kontaktføremønstre som de i geologisk-genetisk henseende nogenlunde analoge, ligeledes til granit bundne ertsgange i Thelemarken karakteriseres ved ertskombinationerne:

overveiende meget jernglans eller magnetit med svovlkis, magnetkis og lidt kobberkis (Narverud, Skreia);

magnetit, jernglans med svovlkis, magnetkis' og kobberkis i midlere blandingsforholde (ex. flere af Gjellebækgruberne);

forherskende kobberkis med på den ene side noget svovlkis, magnetkis (ex. enkelte gange i Thelemarken) eller på den anden side med jernglans (enkelte gange i Alusjö-feltet);

kobberkis uden andre ertser (mange gange i Thelemarken) eller med lidt brogetkobber (ex. Åmdals grube, den vigtigste i Thelemarken);

brogetkobber eller kobberglans dels for sig alene (enkelte gange i Thelemarken) og dels optrædende sammen med enten kobberkis eller jernglans, eventuelt magnetit (ex. talrige gange i Thelemarken og i Alusjö-feltet).

Derimod antræffes, såvidt min erfaring rækker, aldrig kobberglans eller brogetkobber i forbindelse med svovlkis eller magnetkis.

Nærmere om disse kombinationer samt om årsagen til samme se »Norske ertsforekomster», III, s. 88, 91 og 114.

<sup>2)</sup> De talrige fluor-, bor- og samtidig fluor-bor-silikater på de nefelisyenitiske pegmatitgange i Langesundseggen er, efter BRÖGGER'S klassiske fremstilling i »Mineralien d. südnorw. Augitsyenite», dannede ved pneumatolytiske processer, efter eruptionen af vedkommende dyb-eruptiv.

byrdes proportion mellem de optrædende metaller: i Skreia-feltet har der således resulteret afsætning af jernmalm med forholdsvis lav kobber- og svovlgehalt; i omegnen af Feiring kirke møder vi hovedsagelig kobberkis opblandet med en del jernglans eller svovlkis, — fremdeles indgår altså jern i procentisk rigelig mængde; i Mistberget zink-, bly-, kobber- og jern-ertser i nogenlunde intim blanding; endnu længere i syd, på *begge sider* af det brede granitfelt, — i øst ved Åmundrud nær Hurdals-sjøen og inden Hakedalsfeltet og i vest over hele kontaktzonen på Hadeland, — såvel som i silurflag *inde i selve graniten*, er zinkblende forherskende, hvorhos også indgår noget jern- og blymalm, men ganske lidet kobbermalm; i omegnen af Alunsjøen dominerer kobberertser, inden Gjellebæk-feltet vismutholdig jern- og kobbermalm, på Hörtekollen jernmalm, osv., osv.

Særlig kan det påpeges, at i Kristiania-distriktet, ligesom også inden Thelemarken og Sæterdalen,<sup>1)</sup> karakteriseres i regelen de talrige gange inden hvert enkelt lokalfelt ved et bestemt metal eller bestemt metalkombination; vi møder altså ikke noget stadig og intim repeteret veksel mellem forskellige metaller, — et forhold, som vistnok kan forklares derved, at de oprindelig i den smeltende magma opløste flygtige metalforbindelser inden hvert enkelt felt ved diffusion i alle fald delvis udjævnede mulige modifikationer i sammensætning.

I forbindelse hermed kan vi også gjøre opmærksom på, at i Kristiania-distriktet omgiver graniten — eller graniterne — sig med ertsforekomster i meget stort antal og i *næsten kontinuerlig række*, ligesom også en flerhed af de i granitmagmaen oprindelig indesluttede silurflag er impregnerede med erts. Exempelvis kan således nævnes, af langs den 70 km lange grænselinje fra Skreia til Alunsjøen følger der gruber og skjærp med inbyrdes mellemrum i høiden 0.5—1 km, den ene efter den anden i tilsammen 35 km længde; tilbage er fire ertstomme — eller ertsfattige — sprang af resp. 6, 7, 8 og 14 km længde, om hvilke dog må bemærkes, at terraintet her i alle fald på enkelte steder

<sup>1)</sup> Se »Norske ertsforekomster», III, s. 88—93.

(Romerikssletten og Hurdalssjøen) er aldeles tildækket, så mulig forhåndenværende ertsforekomster her ikke kan opdages. Ovenfor er kun taget hensyn til forekomster af såvidt betydning, at de har været gjenstand for grubedrift eller forsøgsarbejde; vilde man også tage med i betragtning alle de fattige og sparsomme impegationer, navnlig af jernglans og flusspath, som man stadig støder på inden den kontaktmetamorfoserede silurzone, kan man opføre som resultat, at der inden siluren i de fleste grænsestrøg neppe nogetsteds kan påvises mellemrum af så meget som  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$  km længde aldeles blottet for exhalationsminerale.

De i silur optrædende ertser er i regelen (se fig. 7, 8, 10, 12, 13), om vistnok ikke altid (fig. 9, 15), såvel i det store som i det små indkilede langs efter lagfladerne, hvilket let forklares derved, at passagen her var lettest. I forbindelse hermed kan også berøres, at af de mod granitfelterne tilgrænsende ældre bergartsviter er siluren i procentisk meget rigeligere grad impregneret med erts, end tilfældet er med grundfjeldet og porfyrdækkerne;<sup>1)</sup> dette må sandsynligvis bero på, at de forskellige slags gaser eller dampe havde meget vanskeligere for at trænge gennem solide, kompakte bergartmasser, som gneis og porfyrdækker, end gennem de relativt løse og let skifrige silurlag.

Inden siluren igjen kan vi ikke påvise nogen speciel etage eller nogen bestemt bergarttrække, som særlig skulde udmærke sig ved stort antal ertsforekomster, tværtom, disse er nogenlunde jævnt fordelt over den hele mægtighed; udtrykkelig kan, — af hensyn til studium af de *sedimentære* jernmalme,<sup>2)</sup> — pointeres,

<sup>1)</sup> At det virkelig forholder sig således, kan man let overbevise sig om ved et blik på det medfølgende oversigtskart. Eksempelvis kan vi fæste opmærksomheden ved det omkring 80 km lange og 15—30 km brede nordmarkitfelt, som strækker sig fra Kristiania omegn op mod Skreia, og som i omkring 105 km længde begrænses af silur, i 80 km af grundfjeld og 45 km af de ældre porfyrdækker; i silur har vi omkring 100 nævneværdig store forekomster, nogenlunde jævnt spredt over den hele grænselinie; i grundfjeld derimod kun nogle ganske få, og i porfyre kun inden et enkelt lokal-felt et større antal gange.

<sup>2)</sup> Som i et senere afsnit nærmere skal udredes, optræder de i cambriske og archaiske skifere hjemmehørende sedimentære jernmalme, typus Næverhau-

at de til graniten bundne ertser *ikke* viser nogen tendens til særlig at optræde i kalksten eller på grænsen mellem kalk og skifer; snarere synes det omvendte at være tilfælde.<sup>1)</sup>

I porfyrdækket ved Alunsjön, hvor ertserne optræder ikke fordelt i impregnationer, men samlet i nogenlunde snorlige forløbende ertsgange, — og hvor ertsafsætningen, som allerede berørt, rimeligvis skyldes thermalvand og ikke gasformige forbindelser, — møder vi ved »Nedre Grorud grube» et forhold, som fortjener nærmere omtale. Ved den nævnte lokalitet er porfyren gjenemsat af tre parallelle bergartgange (se kartskitse fig. 11 i mit originalarbejde) af granofyr, udviklet med kuglestruktur; ertsgangene, bestående af kvarts med brogetkobber og kobberkis, forløber, som på hosstående tegning fig. 16 angivet, netop efter grænsefladen mellem disse bergartgange og den omgivende porfyr; nogle fine ertsårer krydser hist og her også ind i granofyren, det er altså utvivlsomt, at

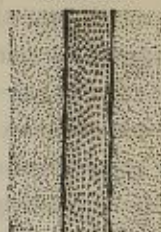
denne er ældre end ertsgangene. Forklaringen til den ganske eiendommelige salbånds-dannelse må selvfølgelig være, at de infiltrerende metalopløsninger havde lettest for at bane sig vei langs efter de forholdsvis åbne grænsesletter mellem bergartgangene og sidestenen.

I tektonisk henseende aldeles analoge forekomster gjenfinder vi på adskilligs andre steder i Norge. Ved Hisö sölvgrube (Geol.

gen-Norberg-Arendal-Dannemora, jævnlig i intim genetisk forbindelse med kalksten eller dolomit.

<sup>1)</sup> Såvel i under- som oversilur, KJERULFS etager 3 og 5—8, har vi en hel del tildels endog temmelig mægtige kalklag; af vore hundrede eller hundreder gruber og skjær optræder dog kun nogle ganske få (ex. Rökeberg, tildels også Åserud) i kalk eller på grænsefladen mellem kalk og skifer; de allerfleste hører hjemme i skifer, hvoraf vi drager den slutning, at exhalationerne i alle fald ikke fortrinsvis bandede sig frem langs efter kalklagene.

Fig. 16.  
Kartskitze.



Profil.



Kartskitze og profil over Nedre Grorud grube. Gang af granofyr gennemsættende augitporfyr; på begge sider begrænset ved ertsgange.

Fören. Förh., B. 8, s. 64—70) optræder således kalkspathgange, med gediegent sølv, kobbernikkel osv. (mellemed mellem typus Kongsberg og typus Schneeberg), langs grænsefladerne mellem diabasgang og tilgrænsende grundfjeldsbergarter; og inden den Thelemark'ske gangformation forløber ertsgange, nemlig kvartsgange med brogetkobber osv., hist og her på grænsen mellem granitgange og omgivende skifer (se »Norske ertsforekomster», III b, fig. 52 og 53); atter andetsteds inden Thelemarken har metalopløsningerne trængt sig frem efter og afsat sig på de inden granitgangene ved kontraktion under afkølingen fremkomne tver-afsandringsletter, lodrette på afkølingsfladen (se »Norske ertsforekomster», III, fig. 21 og 22).

*Ertsforekomster langs diabasgange, typus Konerud.*

(Jarlsberg bly-sølv-verk syd for Drammen).

For at fuldstændiggjøre billedet af de til Kristiania-feltets forskellige eruptivserier bundne ertsforekomster må vi også tage hensyn til ovennævnte gruppe, som forøvrigt her ikke skal omhandles i detail, idet jeg allerede tidligere har gjort den til gjenstand for en mere udførlig fremstilling, »Ertsforekomster ved grønstengange» (Norske ertsforekomster, no. II); se forøvrigt også ældre beskrivelser af KEILHAU og KJERULF.

Denne gruppe, — som er repræsenteret over det hele Kristiania-territorium, mest fremtrædende i Konerud-feltet med omgivelser syd for Drammen, desuden i omegnen af Stathelle og Langesund (på vestsiden af Skiensfjorden), i Røken, Asker, Aker, Romerike, Hadeland og Thoten, — karakteriseres *mineralogisk* fortrinsvis ved sulfidertser, nemlig: blyglans (sølvholdig), zinkblende, kobberkis, svovl- og magnetkis, molybdenglans, arsenikkis (i alle fald undertiden koboltholdig), som sjældenhed også koboltglans og fahlerts(?); af oxydiske ertser træffer man hist og her noget jernglans, muligens desuden lidt magnetit; endelig optræder også større eller mindre mængder kvarts, kalkspath, fluspath osv. Hvor ertserne er afsatte i siluriske skifere og kalk-



stene, er disse i særlig stærk grad kontaktmetamorfoserede, nøiagtig som tilfældet er ved de til granit bundne jernertsforekomster.

Som *geologisk* kriterium på vor ertsgruppe må fremhæves, at ertserne optræder, — uafhængig af sidesten, oftest silur, undertiden dog grundfjeld (som ved Stathelle og på Thoten) eller granit, — i intim forbindelse med diabasgange, der selv jævnlig gjennekrydses af fine ertsårer (se fig. 15 i min originalbeskrivelse); ertserne er altså *ynge* end — eller omtrent samtidige med — diabasgangene, Kristiania-feltets sidste eruptivrække, medens derimod granit-kontaktforekomsterne, som tidligere fremholdt, er *ældre* end diabasgangene, i regelen også ældre end apofyserne fra det nærmest tilgrænsende granitfelt. For at bruge KEILHAUS udtryk er diabasgangene — eller med det gamle populære grubenavn, »blåbestgangene» — »en sand ertsbringer»; og allerede i forrige årh. betonedes den rent praktisk opdragne bestyrer<sup>1)</sup> af grubedriften ved Konerudverket, at »blåbestgangene (eller 'trapgangene') som en rettesnor blev fulgt ved driften på dyb og i felt.» Man afbyggede, indtil henimod 100 *m* dyb, en oftest 2—5 *m* bred zone, snart kun på den ene og snart på begge sider af de steiltstående, gjerne kun 1 *m* mægtige diabasgange, som selv ofte var så rigt impregnerede med erts, at de blev medtagne ved driften; undertiden udsendte ertsen også udgreninger, langs da nogenlunde fladt bølgende skiferplader, i afstand til 50—100 *m* fra diabasen (se fig. 12—14 i min originalbeskrivelse).

Af de oven anførte kjendsgjerninger må man, som forøvrigt også tidligere præciseret af KJERULF, nødvendigvis udlede som resultat, at ertserne står i genetisk afhængighedsforhold til diabasgangene, og særlig, at de, på samme vis som granit-kontaktforekomsterne, er dannede ved pneumatolytiske processer.

Tilslut skal vi schematisk sammenstille de til Kristiania-territoriets forskellige eruptionsled henhørende exhalationsprodukter.

<sup>1)</sup> Se FAYES beskrivelse i »Topografisk journal for Norge», 1799—80.

Nefelin-, underordnet også augit-syeniterne (2:den eruptionsrække) karakteriseres i grænsefaciesstadiet ved pneumatolytisk dannede fluor-, bor- og fluor-bor-silikater (exempelvis melinophan, leukophan, — hambergit, nordenskjöldin, datolith, — tritomit, karyocerit, melanocerit), med sparsom optræden af enkelte ertser, kobberkis, blyglans, zinkblende, löllingit osv.; — samtlige mineraler forekommende på pegmatitiske gange (se BRÖGGERS beskrivelse).

De tre granitiske eruptionsled, nemlig nordmarkit, natrongranit og granitit (4:de, 5:te og 6:te eruptionsrække) udmærker sig derimod, som tidligere i denne afhandling nærmere udredet, ved pneumatolytisk dannelse navnlig af magnetit og jernglans, med kobber-, bly- og zinksulfider, desuden flusspath, men bormineraler kun i påfaldende sparsom mængde; særlig kan fremhæves, at der, såvidt hidtil kjendt, ikke kan påvises nogen forskjel med hensyn til de nydannelser, som medfølger hver enkelt af de tre granitbergarter.

Endelig betegnes diabasgangene, Kristiania-feltets yngste eruptionsserie, ved pneumatolytisk dannelse fortrinsvis af sulfidertser, navnlig blyglans og zinkblende, der som i foregående fald gjerne ledsages af flusspath.

#### *Oversigt over de vigtigste til granit ved pneumatolytiske processer bundne mineraldannelser.*

Vi skal indlede denne schematiske fremstilling med et overblik over de bekjendte tinstenforekomster, som mineralogisk karakteriseres ved:

*tinsten, wolframit* (med scheelit, stolzit), *kobbersulfider* (kobberglans, brogetkobber, kobberkis), *arsenikkis*, forskjellige *vismuthertser*, svovlkis, jernglans, molybdænglans, undertiden columbit, tantalit, rutil, anatas, zirkon, forskjellige uranforbindelser osv. osv.;

i kombination med *kvarts og fluor-, borsyre- og fosforsyremineraler*, navnlig

*flusSPATH*, fluorholdig alkaliglimmer (meget ofte *lithionglimmer*, *zinnwaldit* eller *lepidolith*), *topas* samt af borsilikater<sup>1)</sup> oftest *turmalin*, undertiden *axinit*, som sjældenhed *datolith*; af fosfater særlig *apatit* (fluor- eller chlorholdig), desuden *amblygonit*, *wawellit*, *triphylin*, *kobberuranit* osv.;

desuden *beryl*, *phenakit*, — *steinmark* (med *gilbertit*, *nakrit*, *ivigtit*), *clorit*; endelig også

hist og her de vanlige gangminerale baryt, *kalkspath*, *dolomitspath* osv.

I korthed udmærker altså tinstengangene sig ved elementerne Sn, Si, Fl, Cl, B, P, S med W, Cu, As, Bi, Li,<sup>2)</sup> Be,<sup>3)</sup> undertiden også Mo, U, Nb, Ta, Ti, Zr osv., medens derimod Pb, Zn, Sb, Hg, Ag, Ni, Co, Mn, Cr osv. mangler eller i alle fald kun er tilstede i påfaldende sparsom mængde.

Geologisk betegnes forekomsterne først og fremst, hvad som bekendt forlængst er påpeget af ELIE DE BEAUMONT<sup>4)</sup> og A. DAUBRÉE,<sup>5)</sup> ved den intime tilknytning til granit (med kvarts-

1) Vedrørende borsilikaternes udbredelse henvises navnlig til en fremstilling af v. GRODDECK »Kurze Uebersicht des geologischen Vorkommens der Bormineralien» (Zeits. d. deutschen geol. Gesellsch., 1887, s. 253).

*Axinit* og *datolith* undertiden på Cornwall-halvøens tinstengange.

Også de på Langesundsegnens nefelinsyenit-pegmatitgange hjemmehørende bor- og bor-fluor-silikater, som *homilith*, *hambergit*, *melanocerit*, *karyocerit* osv., er efter BRÜGGERS tidligere citerede undersøgelser dannede ved pneumatolytiske processer.

2) Af *lithion*minerale på tinstengangene kan mærkes foruden *lithionglimmer* også *spodumen* og *triphylin* (*lithionfosfat*, begge på gange i Dakota); tinstengangenes *turmalin* er i alle fald undertiden *lithionholdig* (SANDBERGER, Unters. über Erzgänge, II, s. 170).

*Zinnwaldit* og *lepidolith* holder jævnlig lidt borsyre, ofte også tinsyre.

3) *Beryl* som bekendt meget almindelig på tinstengangene; *phenakit* som sjældenhed på gangene i Morbihan, Frankrige.

4) Se særlig den opsigtsvækkende afhandling »Note sur les émanations volcaniques et métallifères» i Bulletin de la Soc. géol. de France, 2 série, t. 4. 1847.

5) DAUBRÉE har vedrørende tinstengangenes geologi leveret en lang række bidrag, fra 1841, »Memoire sur le gisement, la constitution et l'origine des amas d'étain» i Annales des mines, 1841, til 1879, »Études synthétiques de géologie expérimentale».

Publikationen af hans bekendte pneumatolytiske synteser af tinsten, *rutil*, *jernglans*, *apatit* osv. påbegynte i 1849.

porfyr, felsitporfyr, granitpegmatitgange osv.) og dernæst ved den karakteristiske pneumatolytiske pseudomorfose, — til greisen (granit-greisen, gneis-greisen<sup>1)</sup>), glimmerfels, kvartsfels, tinstenfels, Zwittergestein, luxullianit, turmalinfels, turmalinskifer, topasfels,<sup>2)</sup> — som den omgivende sidesten næsten uden undtagelse har gennemgået.

For at man kan få en forestilling om, hvor overordentlig hyppig og konstant, rundt om på den hele jordklode, denne forekomststype er udbredt, skal vi levere en tabel<sup>3)</sup> over de vigtigste hidtil kjendte, til granit med fuld sikkerhed knyttede tinstengangfelter:

<sup>1)</sup> Ved omvandling af granit fremkommer egentlig greisen eller granit-greisen; af gneis får vi gneis-greisen (om den sidste se RÜCKER, Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst., 1864, s. 417).

<sup>2)</sup> Allerede ELIE DE BEAUMONT og DAUBRÉE har for flere decennier siden fæstet opmærksomheden ved, at topas spiller en fremtrædende rolle på selve tinstengangene; også i greisen med Zwittergestein er mineralet forlænget bleven påvist, — den gennemgribende og hyppige omvandling til topas (»Topasirung») er dog først bleven konstateret i de allersidste år, navnlig ved v. GRODDECK's undersøgelser over den langs tinstengangene »topaserede» kvartsporfyr ved Mount Bischoff i Tasmanien (Zeits. d. deutschen geol. Gesellsch., 1884, 1886 og 1887); videre kan henvises till SCHROEDERS undersøgelse over Schneckenstein, — med »topaseret» kvartsporfyr, Topas-Quarzschiefer og Topasbrockenfels, — DALMERS studie over Altenberg, SALOMON & HIS's notits om Geyer (Zeits. d. d. g. G., 1888), osv.

Den nanseelige, ofte sandlignende topasfels oversees meget let; ved fremtidige undersøgelser vil den vistnok vise sig at være meget udbredt.

<sup>3)</sup> Den følgende liste er baseret på de ældre opgaver af ELIE DE BEAUMONT og DAUBRÉE samt oversigtsarbejderne:

A. v. GRODDECK »Die Lehre von den Lagerstätten der Erze» (1879).

E. REYER »Zinn, eine geognostisch-montanistisch-historische Monographie» (1881).

JUSTUS ROTH, Allgem. und chem. Geol., B. III, afsnit »Zinnerzlagersstätten» (1890);

og desuden kompletteret ved notitser i forskjellige tidsskrifter (navnlig Engineering and Mining Journal, New York og Mineral resources of the United States) samt ved iagttagelser, jeg har havt anledning til at anstille ved et par verdensudstillinger (Pariserudstillingen i 1889 og Mining and metallurgical exhibition i London, 1890).

Eldre litteratur, allerede angivet i de oven opførte arbejder, finder jeg det overflødig at citere i denne afhandling.

I det sachsisk-bøhmiske Erzgebirge:<sup>1)</sup> Altenberg, Zinnwald, Graupen, Geyer, Greifenstein, Ehrenfriedersdorf, Marienberg, Platten, Eibenstock, Schlackenwald osv.; desuden Weissenstadt i Fichtelgebirge foruden diverse andre lokaliteter i Tyskland.

I Cornwall med tilstødende dele af Devonshire og Somerset:<sup>2)</sup> meget talrige, tildels også ertsrige gange langs de bekendte, efter Cornwall-halvøens midtaxe strygende fire granitfelter.

I Finland: Pitkäranta.<sup>3)</sup>

I Frankrige: inden en række forskellige departementer en hel del, oftest temmelig ertsfattige tinstengange; ex. Montebrais (Creuse), La Villeder (Morbihan), Piriac, (Loire-Inferieure), Vaulry (Limousin), osv.

I det ostindiske archipel, et kolossalt og ved meget stor ertsrigdom karakteriseret felt på Bangka, Bilitong, Singkep med tilstødende dele af Sumatra, Borneo og med Malakka-halvøen samt dele af Siam, Birma, tildels også Bengalen.

I en flerhed af de australiske kolonier,<sup>4)</sup> særlig i

New South Wales, med store felter af tingranit over hele kolonier, dog navnlig i den nordre del; videre

Queensland,

Victoria,

<sup>1)</sup> Vedrørende forekomsterne i Erzgebirge henvises navnlig til:

A. STELZNER. Beiträge zur geogn. Kenntniss des Erzgebirge, 1865, (Geyer, Greifenstein osv.), — samt til en række »Erläuterungen zur geol. Spezialkarte des Königreichs Sachsen«, særlig:

SCHROEDER, Eibenstock (1884) og Falkenstein (med Schneckenstein, 1885); SCHALCH, Johannegeorgenstadt (1885), Dippoldiswalde-Frauenstein (1887) og Glashütte-Dippoldiswalde (1888); DALMER, Auerbach-Langefeld (1885) og Altenberg-Zinnwald (1890).

En hel del af de sachsische tinstenfelter kjender jeg ved autopsi.

<sup>2)</sup> Se navnlig en række afhandlinger af LE NEVE FOSTER, i Quart. Journ. of the Geol. Soc., 1875 og 1878; Transact. of the Royal Geol. Soc. of Cornwall, 1875—78; Miner's association of Cornwall and Devonshire, 1866 og 1876.

<sup>3)</sup> Se TÖRNEBOHMS afh. i Geol. Fören. Förhandl., 1891, aprilheftet.

<sup>4)</sup> I Australien, ligesom også i Bangka-Malakka-feltet, er det fremdeles strömtin, som leverer den største del af produktionen; på de fleste steder arbejdes dog også på tinstengange i fast fjeld, nemlig granit med tilgrænsende andre bergarter.

South Australia, hvor man i »The Northern Territory» (som stöder op mod Carpentaria-bugten) i de allersidste år har opdaget meget betydelige tingranit-felter; endelig

Tasmania, bl. a. med gruberne Mount Ben Lomond og Mount Bischoff, sidstnævnte efter v. GRODDECK'S undersøgelser karakteriseret ved rigelig nydannelse af topasfels.

»The Northern Territory» danner det topografiske bindeled mellem Borneo-Bangka-Malakka og kolonierne i den sydøstre del af Australien; man kan følgelig i disse verdensdele udsondre en storartet, ved kolossal ertsrigdom karakteriseret og fra nordvest til sydøst forløbende tingranit-zone,<sup>1)</sup> fra Birma, Siam, Malakka, Singkep-Bangka-Bilitong, Sumatra, Borneo over »The Northern Territory» til Queensland, New South Wales, Victoria og Tasmanien.

I de Forenede Stater: et udstrakt tingranit-felt i de senere år opdaget i Harney's Peak med omgivelser i Black Hills, Dakota, med tilgrænsende dele af Wyoming, — ertsgangene i mineralogisk henseende<sup>2)</sup> særlig karakteriserede ved lithionminerale (spodumen, triphylin med forvittringsprodukt heterosit) samt ved store mængder af fosfater (apatit, triphylin, kalkuranit) og af columbit med tantalit. — Tinstengang-førende granitfelter også i Nord Carolina, Vest Virginia, Georgia, Connecticut, New Hampshire, Montana, Californien.

Tilsvarende forekomster — tinsten i eller ved granit — møder vi også i talrige andre lande rundt om på jorden, således

<sup>1)</sup> Verdens tinproduktion (for 1888) kan, efter opgaver i Eng. and min. journal, Berg- und Hüttenm. Zeitschr. osv., anslåes til:	
Bangka, Bilitong, Singkep med Malakka, Java, Siam osv....	27,990 tons
Australien med Tasmanien.....	ca. 10,000 »
England .....	9,240 »
Mexico, Bolivia, Peru, Chili, Argentina, Spanien, Frankrige,	
Tyskland, Finland, Rusland med China.....	ca. 9,000 »
	Sum. ca. 56,000 tons
Altså feltet Malakka-Bangka-Australien.....	ca. 38,000 »
Mod hele den øvrige verden.....	ca. 18,000 »

<sup>2)</sup> Efter Mineral resources of the United States.

f. ex. i Portugal, S. Bartolameo og Rebordóza, NO for Oporto; fleresteds i Spanien; på Elba; i Italien, i Campiglia, her i liaskalk nær ved gang af felsitporfyr; i Sibirien, China, på den afrikanske guldkyst, i Mexiko — forøvrigt her også i trachyt (eller liparit?) — osv., osv.

På basis af denne konstante optræden af alle de vigtigste tinstenfelter rundt om på jorden i forbindelse med granit udledede som bekendt ELIE DE BEAUMONT og DAUBRÉE allerede i 1840-årene den slutning, at forekomsterne stod i *genetisk* afhængighedsforhold til granit-eruptionerne, — et resultat, som i de senere år bl. a. også er bleven bestyrket derved, at enkelte af tinstengangenes mineraler, navnlig tinsten, turmalin og topas, undertiden indgår som *primær* bestanddel i den betreffende granit, udskilt under magmaens første krystallisationsstadium.<sup>1)</sup> — Selve ertsgangene, som dels sættes op gennem granit, navnlig i felternes periferiske strøg, og dels — og hovedsagelig — i de mod graniten tilgrænsende ældre bergarterækker, og som viser sig at være aldeles uafhængige af sammensætninger af de umiddelbart omgivende bergarter (granit, gneis, fyllitiske skifere; kalksten og skifer tilhørende silur, devon og op til lias), kan på ingen måde, således som i de senere tider navnlig af FR. SANDBERGER<sup>2)</sup> på-

<sup>1)</sup> Herom henvises særlig til W. C. BRÖGGERS »Mineralien der südnorw. Augit syenite», I, s. 212 og K. DALMERS Sectionsbeskrivelse Altenberg-Zinnwald.

Denne leilighedsvisse optræden af de ovennævnte mineraler som primære udsøndringsprodukter i granitmagmaen må selvfølgelig ikke forveksles med den af E. REYER, R. HOERNES og enkelte andre forskere forfægtede, notorisk urigtige påstand, at greisen tildels skulde være at opfatte som en primær »Schliere»-dannelse i granit (se REYER, Zinn, s. 211—216; HOERNES, Jahrb. k. k. geol. Reichsanst., 1888, s. 563—580).

<sup>2)</sup> Se herom særlig SANDBERGERS »Untersuchungen über Erzgänge», I, 1882 og II, 1885 (s. 172—173); også LODIN, Bull. géol. B. 12, 1884, s. 645; REYER, Zinn, s. 215, 218.

Uholdbarheden af den generelle anvendelse af FORCHHAMMER- og SANDBERGER'S lateralsekretionsteori på de vanlige ertsgange er som bekendt navnlig bleven belyst i en række forskellige kritiker af A. W. STELZNER (Neues Jahrb. f. Min. 1886, II, s. 220; 1888, II, s. 56; særlig »Die Lateralsecretions-Theorie und ihre Bedeutung für das Pribramier Ganggebiet», med talrige literaturhenvisninger, i Berg- und hüttenm. Jahrb. d. k. k. Bergakad. zu Leoben, Pribram und Schemnitz).

stået, skyldes nogen lateralsekretion, men må, i overensstemmelse med ELIE DE BEAUMONT's og DAUBRÉE's fremstillinger, utvivlsomt skyldes stofftilførsel ved emanationsprocesser; dette følger såvel af det eiendommelige, navnlig ved elementerne Fl (og Cl), B, P, As, S karakteriserede mineralselskab som af den betegnende »pneumatolytiske pseudomorfose», som sidestenen overalt har gennemgået; også må man tage med i betragtning, at tinstengangene i korthed kan opføres som endomorfe og exomorfe kontakt-dannelser ved granitfelterne. — Exhalationerne fandt i sin almindelighed ikke sted samtidig med, men på noget senere stadium end selve granitmagma-eruptionerne; det viser sig nemlig, at tinstengangene i mere eller mindre regelmæssige gangspalter skjærer sig gennem den allerede udkrystalliserede og fuldstændig faste granit. Desuden kan vi også minde om, at flere af de under den normale krystallisationsproces i graniten (med kvarts- eller felsitporfyren) dannede mineraler hist og her ved ertstilførselen er blevne pseudomorft omsatte, f.ex.:

granitens feldspath (orthoklas, i alle fald undertiden i Carlsbader-tvillinger) til tinsten (ex. Huelcoath ved St. Agnes, Cornwall), andetsteds til tinsten med kvarts;

feldspath til turmalin;

turmalinen undertiden nok en gang omsat, nemlig til topas (ex. Schneckenstein);

kvarts til topas (ex. Mount Bischoff); osv.<sup>1)</sup>

Tidsforskjellen mellem den magmatiske eruption på den ene side og exhalations-udbruddet på den anden har man på enkelte steder troet at kunnet angive med temmelig stor nøiagtighed; således er DALMER (Altenberg-Zinnwald, s. 66) kommet til det resultat, at ertsimpregnationen med tilhørende omdannelsesprocesser ved det Altenberg'ske granitfelt sandsynligvis fandt sted netop på det tidspunkt, da graniten var størknet i de øvre partier, medens magmaen endnu var fuldt flydende på noget større

<sup>1)</sup> Se herom DAUBRÉE, Géol. experim. s. 36; GRODDECK, Zeits. d. d. geol. Ges. 1886, s. 371; SCHROEDER, section Frankenstein; COLLINS, Mineral. mag., 1880, s. 112 osv.



dyb, kun nogle få 100 *m* under den nuværende overflade. — Ved de langs Kristiania-graniterne optrædende ertsforekomster, som i geologisk-genetisk, om end ikke i mineralogisk-chemisk henseende blir at sidestille med tinstengangene, kan vi, som tidligere i denne afhandling fremholdt, med sikkerhed påvise, at erts-emanationerne i regelen allerede foregik, forinden granitens krystallisation var påbegyndt.

For at undgå misforståelse kan vi her udtrykkelig fremhæve, at emanationsprodukter af tinstengang-typen vistnok for den allervæsentligste del er bundne til granit; hist og her optræder de dog også i genetisk forbindelse med andre eruptiver. Exempelvis kan således nævnes, at ved Durango (Coneto) i Sierra Madre, Mexiko forekommer tinsten, ledsaget af topas, flusspath, durangit (arsenat) på spalter i trachyt, som langs ertsgangene er stærkt omsat;<sup>1)</sup> efter meddelelser i de senere årgange af Eng. and min. journal er tinstengangene inden det store trachyt-(eller liparit?)-felt meget udbrudte og i alle fald undertiden temmelig ertsrige. — Efter velvillig meddelelse af A. W. STELZNER (Freiberg) kjender man også i Bolivia-Peru en hel del tinstenforekomster i forbindelse med yngre eruptiver. — I omvandlet trachyt ved Felsö-Bánya i Ungarn foreligger der spalteudfyldninger, af *wolframit*, svovlkis, markasit, arsenkis, kobberkis med adular, som af J. A. KRENNER<sup>2)</sup> sammenlignes med det vanlige tinstenselskab. — WHITMANN CROSS<sup>3)</sup> omtaler topas, sammen med fayalit og granat, som nydannelsesprodukt i lithofyser i rhyolit, i Colorado. — Fra vestre North Carolina beskriver COURTNEY DE KALB<sup>4)</sup> nogle tinstengange — førende tinsten (i små mængde), arsenikkis, kvarts, topas, apatit, flusspath — optrædende efter hans opfatning i genetisk relation til basaltgange; en bekræftelse

<sup>1)</sup> Se særlig F. v. RICHTHOFEN, Zeits. d. d. geol. Gesellsch., 1869, s. 737. Også G. v. RATH, Sitzungsber. niederrh. Ges. in Bonn, 1884, s. 123.

<sup>2)</sup> Tscherm. Min. Mitth., 1875, s. 9—12.

<sup>3)</sup> Americ. Journ. of science, 1886, s. 432.

<sup>4)</sup> Eng. and min. journal, 1888, I, s. 435.

af denne interessante observation vilde dog være meget ønskelig.

Når den sidstnævnte, aldeles enestående lokalitet fraregnes, optræder, såvidt mig bekjendt, alle de hidtil kjendte tinstengange i forbindelse med *sure* eller i alle fald middels *sure*, dyb-, gang- og dagbergarter (granit-liparit- og syenit-trachyt-rækkerne).

På de normale, til granit bundne tinstengange indgår i regelen, foruden wolframit, arsenikkis, vismuthertser osv., større eller mindre mængder af kobbersulfidertser (kobberglans, brogetkobber, kobberkis), som ikke sjelden spiller en i kvantitativ henseende stærkt fremtrædende rolle; inden enkelte distrikter kan man endog påvise successive overgange fra tinsten- og tinsten-kobbersulfid- til rene kobbersulfid-gange, uden tinsten. Et instruktivt eksempel afgiver det berømte Cornwall-felt: for det første kan man her, langs de fire tidligere omhandlede granitmassiver, holde ud fra hinanden en særskilt gruppe tinsten- og en tilsvarende særskilt gruppe kobberkis-gange, begge betegnede ved mineralkombination flusSPATH, turmalin osv., ligeledes begge karakteriserede ved samme greisen-omvandling og »Turmalinisirung». Endvidere møder man ved en flerhed af gruberne i distrikterne Gwennap, Redruth, Illogan og Cambarne den eiendommelige kjendgjerning, at en og samme gang zonevis fører næsten ren tinnalm for sig og zonevis næsten ren kobbermalm for sig; særlig pleier gangene i de øverste 100 *m* at holde overveiende meget tinsten, i dyb 100—300 *m* derimod overveiende kobbermalm, på endnu større dyb påny tinsten.<sup>1)</sup>

Et tilsvarende fenomen er også kjendt ved Seiffen<sup>2)</sup> i Sachsen, hvor gangene på det øvre dyb førte omtrent ren tinsten, på lidt større dyb tinsten og kobberertser i jævn blanding, på endnu større dyb derimod omtrent ren kobbermalm. — Denne zonevise afsætning gjentager sig således inden forskjellige gangfelter såvidt

<sup>1)</sup> Se REYER, ZIBB, og J. A. PHILLIPS, A treatise on ore deposits (1884); Cornwall-afsaittene.

<sup>2)</sup> v. GRODDECK, Lagerstätten der Erze, s. 61.

hyppig, at den ikke kan fortolkes som lokal tilfældighed, men som et produkt af lovmæssige faktorer, — tryk, temperatur, forflygtighedsgrad osv. — ved selve emanationsprocesserne.

Kombinationen tinsten + kobberkis (samt magnetit, hvorom mere senere) gjenfinder vi endvidere ved Pitkäranta i Finland, hvor dog ertsföringen, efter TÖRNEBOHMS fremstilling, ikke beror på samtidige, men på efter hinanden følgende emanationsprocesser, først af tin og senere af kobber.<sup>1)</sup>

Som yderled ved disse gradvise overgange fremkommer gangdistrikter — fremdeles genetisk knyttede til granit — med kobbersulfid-ertser uden så meget spor af tinsten. Som typus for denne gruppe eller undergruppe vælger vi det Thelemark-Sætersdal'ske gangfelt,<sup>2)</sup> som i mineralogisk henseende betegnes ved:

kobberglans, brogetkobber, kobberkis, undertiden vismuthertser (vismuthglans, gediegent vismuth, tellurvismuth og et PbS-Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub>-mineral), jernglans, hist og her blyglans (en enkelt gang også selenbly), zinkblende, arsenikkis, som sjeldenhed uranbegerts og andre uranforbindelser (på Strömsheien), titanjern, rutil osv., endelig gediegent guld, sølv og kobber; i kombination med kvarts, alkaliglimmer, karbonatSPATH, flussPATH, i enkelte distrikter (Svartdal — og ved Kravikfjord i Nore,<sup>3)</sup> Numedal) forherskende meget *turmalin*; som sjeldenhed beryl og apatit (på Strömsheien).

<sup>1)</sup> Det kan her indskydes, at også ved sachsiske og böhmiske tinstengange har man (efter BREITHAUP, Paragenesis, 1849, og STELZNER, Geyer, l. c., 1865) en tilsvarende paragenesis, idet rækkefølgen her er:

1 kvarts, 2 tinsten, 3 wolframit, 4 molybdænglans, 5 apatit, 6 flussPATH.

Arsenikkis, som 2 b, mellem tinsten og wolframit.

Topas mellem wolframit og flussPATH.

Sulfider (af kobber, jern, vismuth) altid efter wolframit og snart før, snart efter flussPATH.

1 Cornwall ligeledes vismuthglans efter tinsten.

Successionsordenen først tinsten, bagefter sulfidertser syaes altså ofte at gjentage sig.

<sup>2)</sup> Se herom særlig mine egne undersøgelser, Norske ertsforekomster III, med tillæg III b, hvor også den ældre literatur er citeret.

<sup>3)</sup> For Nores vedkommende efter HERTER, Zeits. d. d. geol. Ges. 1871.

At forekomsterne er genetisk bundne til granit, fremgår — som oprindelig påpeget af TH. SCHEERER (1845) og T. DAHL (1860) og senere nærmere udviklet af VOGT (1884 og 1887) — med utvivlsom sikkerhed af gangenes optræden på enkelte steder inde i grānit, på andre netop i kontaktfladen mellem granit og sidesten og atter igjen, aldeles påfaldende jævnlige, i forbindelse med granitgange, idet ertsen her undertiden synes at tilhøre granit-magmaen som primær bestanddel, medens den dog oftest er senere afsat langs efter granitgangenes grænsesletter mod sidesten (cfr. fig. 16 i dette arbejde) eller på de ved kontraktion af magmaen fremkomne tverafsondringsletter. Den intime geologiske analogi med tinstegangene godtgjør sig endelig også derved, at de Thelemark'ske kobbersulfid-gange, såvel hvor de sætter gennem granit (med granitgange) som gennem gneis, på adskillige steder karakteriseres ved den samme greisen-omdannelse, som tilfældet er ved tinstenforekomsterne; gangmineral-selskabet — kvarts, flusspath, turmalin, beryl, apatit osv. — er også i begge fald det samme, de chemiske emanationsprocesser må altså have været analoge.

Også Kristiania-territoriets graniter omgiver sig, som tidligere i denne afhandling påvist, inden enkelte felter, nemlig ved Alunsjöen-Grorud og ved Gjellebæk, med nydannelser af kobbersulfid-ertser.

I sin almindelighed vil vistnok denne ertsforekomst-gruppe — kobbersulfid ved granit — ved fremtidige forskninger vise sig at være temmelig udbredt rundt om på den hele jordklode. Her skal vi indskrænke os til at omtale et enkelt oversøisk felt, Tamaya i Chili, hvor der, efter v. GRODDECK's beskrivelse,<sup>1)</sup> foreligger et stort antal eiendommelige ertsgange, karakteriserede ved kobbersulfid-ertser i kombination med *turmalin* i meget rigelig mængde; gangene synes at være bundne til kvartsporfyrr.

<sup>1)</sup> Ueber Turmalin enthaltende Kupfererze von Tamaya in Chili. Zeits. d. d. geol. Ges. 1887. — Turmalin sammen med kobbererts senere også omtalt af SCHEERER, fra Lüderitzland, SV-Afrika; Zeits. d. d. geol. Ges. 1888, s. 200.

På alle de til granit ved pneumatolytiske processer bundne ertsføremøder møder vi stadig lidt blyglans, zinkblende, sølv-ertser, nikkel-kobolt-forbindelser osv., som rent lokalt, således som f. ex. tilfældet er på flere steder i Thelemarken og i Kristiania-territoret, kan være forherskende; regnet *en bloc* spiller dog de ovennævnte ertser på de her omhandlede forekomster<sup>1)</sup> en meget lidet fremtrædende rolle, og særlig er de på langt nær ikke tilstede i så rigelig mængde som kobbersulfid-ertserne.

Det er følgende fuldt ud berettiget at opretholde den forlængst af ELIE DE BEAUMONT og DAUBRÉE givne klassifikation af ertsgangene i to store hovedgrupper, »filons stannifères» og »filons plombifères ou sulfurés» (typus Pribram-Clausthal-Freiberg-Svenningås-Kongsberg); kun må man under den førstnævnte hovedgruppe henregne ikke alene de egentlige tinstengange (typus Altenberg-Geyer-Bangka), men også de til granit ved analoge emanationsprocesser bundne tinsten-kobberkis-gange (typus Redruth i Cornwall; Seiffen i Sachsen) og rene kobberkis-gange (typus Thelemarken); nogen skarp grænse mellem de to store ertsgang-grupper eksisterer dog ikke, hverken med hensyn til mineralkombination eller til geologisk dannelse.

Hidtil har vi fortrinsvis fæstet os ved de pneumatolytisk fremkomne ertsføremøder og skal dernæst nærmere omhandle øvrige til granit ved tilsvarende processer bundne *mineral*dannelser.

<sup>1)</sup> Ertsgange karakteriseret ved sølv-bly-ertser, typus Clausthal-Freiberg-Kongsberg, optræder vistnok på adskillige steder, som f. ex. på Oberharz, ved Schneeberg i Sachsen, i Cornwall, i Svensningåsen i Nordland, osv., inde i granit eller i de tilstødende skifere, nær granitgrænsen. Der synes dog her — muligens dog med undtagelse af Cornwall-feltet(?) — ikke at kunne være tale om nogen umiddelbar, *genetisk* forbindelse mellem graniterne og de yngre i og ved samme optrædende ertsgange; tværtom, forholdet synes dels at kunne opføres som lokal tilfældighed (ex. Schneeberg) og dels at være beroende på fenomener af eksklusiv *mekanisk* natur, således som af v. GRÖNDECK og LOSSÉN udviklet for Oberharz's vedkommende; en lignende forklaring gjælder, som jeg i et senere arbejde (om Nordland) nærmere skal udrede, også for Svensningåsen.

Som allerede tidligere i denne afhandling berørt, møder man meget jævnlig i granitfelternes periferi, — såvel inde i den endomorft omsatte eruptiv som i den vanlige exomorfe kontaktzone, — en række ved stoftilførsel nydannede mineraler,<sup>1)</sup> hovedsagelig tilhørende det fra tinstengangene kjendte mineralselskab; vi kan altså her tale om »tinstengange» uden tinsten eller overhovedet uden erts.<sup>2)</sup> Den vigtigste rolle spiller turmalin; dernæst følger af bormineraler axinit, datolith og danburit, — sidstnævnte hidtil kun kjendt på kløfter i granit (fleresteds i de Forenede Stater og i Schweiz); — desuden antræffer vi også stadig fluspath og alle de tidligere opregnede fluorforbindelser.

Et eiendommeligt eksempel på rigelig emanation af fluorider afgiver det bekjendte Ivigtut-felt på Grønland, hvor kryolithen med ledsagende mineraler optræder gangformig inde i et lidet granitmassiv; at mineraldannelsen her i virkeligheden, således som tidligere påpeget af DAUBRÉE (Géol. expériment., s. 31), tildels også af J. F. JOHNSTRUP,<sup>3)</sup> beror på en pneumatolytisk proces, fremgår med tilstrækkelig tydelighed af mineralselskabet:

*kryolith* (med sekundærmineraler hagemannit, thomsenolit og ralstonit) samt *fluspath*;

*tinsten*, *wolframit*, arsenikkis, kobberkis, blyglans, zinkblende osv.;

*columbit*;

kvarts, mikroklin, ivigtit (ekvivalerende gilbertit ved tinsten-topas-forkomsterne); også jernspath.

Topas og bor- og fosforsyre-mineraler mangler fuldstændig.

Ved den anden hidtil kjendte kryolithlokalitet, Pike's Peak i Colorado,<sup>4)</sup> optræder kryolith, med tilhørende sekundærminera-

<sup>1)</sup> Se herom kapitel »Metamorphosen in und an den Graniten» i ROSENBUSCH'S Mikr. Phys. der Gesteine, 1887.

<sup>2)</sup> En række instruktive eksempler, hentede fra Sachsen-Böhmen, Alperne, Sibirien, Brasilien osv., findes angivne i DAUBRÉE, Géol. expériment., s. 34, 45 og 60.

<sup>3)</sup> Kryolitens forekomst i Grønland. Förh. vid de skand. naturfs. 12te möte i Stockholm 1880.

<sup>4)</sup> WHITMAN CROSS og HILLEBRAND, Ueber Kryolithmineralien von Colorado. Amer. Journ. of Sc. Bd 27.

ler, ligeledes på kvartsgange gjennemsættende granit og ledsaget af flusspath, columbit, astrofyllit, zirkon, kaolin osv.

Også på de pegmatitiske granitgange møder vi — som oprindelig antydet af DAUBRÉE (Géol. expériment., s. 30) og senere nærmere udviklet af W. C. BRÖGGER<sup>1)</sup> — et stort antal mineraler, som er dannede enten umiddelbart ved pneumatolytiske processer eller i alle fald under stærk medvirken af disse. Navnlig kan vi fæste opmærksomheden ved:

*tinsten* (kjendt på granitgange ved Finbo nær Fahlun; Pitkäranta; S. Piero på Elba; Wernersreuth ved Asch nær Elster; Chesterfield i Massachusetts, osv.);

*wolframit*, *columbit* og i sin almindelighed talrige niob-, tantal- og uran-forbindelser;

*topas*, *beryl*, *turmalin*<sup>2)</sup> osv.;

*flusspath* samt sjeldne fluorider;

endelig en hel del fosfater, der endog leilighedsvis optræder i påfaldende rigelig mængde,<sup>3)</sup> særlig *apatit*, *monazit*, *xenotim* osv.

Resultaterne af de med graniteruptionerne forbundne exhalationsprocesser kan vi nu, i henhold til den oven givne fremstilling, gjenfinde under stærkt heterogene ydre betingelser, — nemlig på ertsgange med ertsimpregnationer, mineralgange, granitgange og i endomorfe og exomorfe kontaktzoner; billedet synes ved første blik temmelig broget, ved nærmere studium finder vi

<sup>1)</sup> Nogle bemærkninger om pegmatitgangene ved Moss og deres mineraler Geol. Fören. Förh. B. 5, 1881. — Mineralien der südnorweg. Augitsyenitpegmatitgange, navnlig afsnittene s. 148—214.

<sup>2)</sup> Det kan her indskydes, at den pegmatitgang (ved Sjøna nær Kragerö), som i de senere år har leveret det største kvantum feldspath (ca. 4,000 tons årlig) i Norge, er en turmalin- eller turmalin-orthit-pegmatitgranitgang, uden spor af primær glimmer.

<sup>3)</sup> Eksempelvis kan anføres, at ved en på feldspath dreven granitpegmatitgang under Holt præstegård ved Tvedestrand udbrød må leilighedsvis en hel del tons (efter erindring henimod et snes) apatit. Ved Nedenæs-Bratsberg-kysten kan man også påvise successive overgang fra apatit- til granitgange.

dog let talrige forbindelsesled. Således kan vi gjøre opmærksom på, at f.ex.

tinsten optræder ikke alene på tinsten- og tinsten-kobberkis-gange, men også hist og her som primær bestanddel i vanlig granit, endvidere på talrige granitgange og i kryolith-selskabet på Grönland;

columbit på tinstengange, pegmatitgange og sammen med kryolith såvel på Grönland som i Colorado;

topas, beryl, turmalin med andre bormineraler, apatit og andre fosfater, endvidere flusSPATH osv. osv., både på ertsgange, mineralgange og granitpegmatitgange og som nydannelsesprodukter i de normale kontaktzoner.

Emanationsprodukterne består i korthed for den væsentligste del af:

oxydiske ertser, tinsten, wolframit, jernglans, magnetit osv.; sulfidiske ertser, hovedsagelig arsenikkis og kobbersulfidertser;

silikater, navnlig fluor- og bor-silikater;

fluorider, fosfater, osv. osv., der optræder snart hver for sig, snart i vilkårlige blandingsforholde (ex. tinsten + topas, jernglans + flusSPATH, kobberkis + turmalin, kolumbit + kryolith, osv.).

Tilslut skal vi, — hvad der har været det endelige mål med hele det herværende afsnit, — nærmere dröfte den rolle, som *jern* indtager inden det til *granit*, ved pneumatolytiske processer resulterende mineralselskab.

Vi må da fremhæve, at jern, der som bekjendt er det mest udbredte af alle tunge metaller, omtrent uden undtagelse er repræsenteret på alle de oven omhandlede erts- og mineralgange, dels under form af jernglans, magnetit, svovlkis, magnetkis, og dels indgående i andre mineraler, arsenikkis, kobberkis, tinsten, glimmer, turmalin osv. Undertiden er de egentlige jernertser, navnlig jernglans, — således som tilfældet er f.ex. ved enkelte gange, Altenberg, Eibenstock osv. i Sachsen og Saint-Just i



Cornwall, — tilstede i temmelig rigelig mængde; regner man *en bloc*, må det dog indrømmes, at jern på alle de her foreliggende forekomst-grupper ikke indtager nogen særlig karakteristisk, men tværtom snarere en påfaldende lidet fremtrædende stilling, — i alle fald, når man drager parallel med den totale udbredelse af jern i forhold til elementerne tin, wolfram, kobber, vismuth, uran osv.

Rent lokalt kan dog jernertserne være aldeles prædominerende. — Et ypperligt eksempel herpå afgiver de tidligere i dette hovedafsnit nogenlunde detailleret beskrevne kontaktforekomster langs Kristiania-territoriets graniter, hvor magnetit eller jernglans på de fleste steder er omtrent enerådende, men hvor vi dog også inden enkelte felter møder overveiende meget kobbersulfidertser eller blyglans og zinkblende; som eiendommelighed for det hele felt kan fremhæves, at tinsten, wolframit, topas og bormineraler fuldstændig mangler eller i alle fald kun er fundne ved en eller et par lokaliteter og selv der kun i meget sparsom mængde.

Også jernmalmen ved Pitkäranta i Finland er muligens dannet ved en analog proces. Efter TÖRNEBOHMS fremstilling (l. c.) optræder der her inde i en malakolit-granat-masse, — i skifer i umiddelbar nærhed af granitgrænse og omsværmet af yngre, tildels tinstenførende granitgange, — ikke mindre end tre forskellige slags malme, nemlig jernmalm, tinsten og kobberkis (med andre sulfider); desuden møder vi noget apatit, scheelit (*wolframsur* kalk), vismuth-ertser osv., og tinstenen omgiver sig ved Pitkäranta, som så ofte ellers, med en *eiendommelig nydannet glimmer*,<sup>1)</sup> hvilket unægtelig minder om den normale pneumatolytiske metamorfose. Efter TÖRNEBOHMS opfatning skal tinstenen og kobberkisen være yngre indtrængte ertser, medens derimod jernmalmen oprindelig skal have tilhørt de sedimentære skifere. Noget absolut fyldestgørende bevis for rigtigheden af den sidstnævnte slutning synes mig dog ikke at være leveret, tværtom står den mulighed åben, at alle tre slags ertser skyldes samme oprindelse, og at der har fundet sted en længere række

<sup>1)</sup> Citat efter TÖRNEBOHMS beskrivelse, side 324.

emanationsprocesser med produkt: 1) jernmalm, 2) tinsten, 3) kobberkis. Malakolit-granat-»skarnet» måtte i tilfælde, som ved Kristiania-feltets granit-kontaktforekomster, kunne forklares ved en netop efter erts-kanalerne potenseret stærk kontaktmetamorfose.

*Jernmalmsforekomster ved pneumatolytiske processer  
bundne til gabbro (olivinhyperit)*

*Langøens jernglans-albit-gange, sandsynligvis tilhørende apatitgang-gruppens.*

I det sydlige Norge, navnlig ved Bratsberg-Nedenæs-kysten, desuden i Snarum (Modum) og Nissedal (Thelemarken) optræder som bekendt talrige apatit- eller mere detaljeret angivet apatit-magnetkis-rutil-titanjern- og jernglans-gange,<sup>1</sup> som må fortolkes som pneumatolytisk dannelse efter eruption af gabbro (olivinhyperit), og som endvidere i geologisk henseende udmærker sig ved den bekendte eiendommelige pneumatolytiske metamorfose af sidestenen til skapolith-hornblende-fels<sup>2</sup> med lignende berg-

<sup>1</sup> Fuldstændig litteraturfortegnelse over de talrige undersøgelser, — af J. DAHL, TH. KJERULF og T. DAHL, A. HELLAND, W. C. BRØGGER og H. H. REUSCH, J. H. L. VOGT, HJ. SØGREN, A. LACROIX og G. LÖFSTRAND, — findes indtaget i HJ. LUNDBOHMS bilag (side 31) af den svenske apatitkommissions betænkning (1890). — Også kan påpeges en afhandling af J. W. JUDD »On the processes by which a plagioclase feldspar is converted into a scapolite» (Min. mag. B. 8, s. 186—198).

Tilsvarende gange også kjendt i Norrbotten og i Canada.

Gange med rutil, apatit og hypersthen (istedenfor som ved det sydlige Norges gange enstatit) påvist på Södmöre (i Volden); geologisk optræden ukjendt.

<sup>2</sup> Vedrørende parallellen mellem omvandlingen til greisen-bergarter langs tinstengangene og til skapolith-hornblende-fels langs apatitgange henvises til nogle bemærkninger i mine arbejder Norske ertsforekomster, no. III b, s. 73 (1887) og Salten & Ranen, s. 179 (1890), og til W. C. BRØGGER, Mineralien der südnorw. Syenitpegmatitgänge, 1ste del, s. 211 (1890).

arter; i mineralogisk henseende betegnes gangene i korthed ved kombination:

*fosfater*: apatit, kjerulfin;

*titansyre-* og *jernoxyd-*forbindelser: rutil, pseudobrookit, titanit, titanjern, jernglans (sidstnævnte vistnok i regelen titanholdig);

*sulfider*: magnetkis, svovlkis, kobberkis;

*silikater*: enstatit, hornblende, forskellige glimmere, skapolith, albit med forskellige andre feltspather, kvarts, turmalin osv.

I lighed med, hvad der gjælder ved den store til *granit* ved pneumatolytiske processer bundne forekomstgruppe («tinganggruppen»), møder vi også ved »apatitgang-gruppen» det eiendommelige forhold, at de talrige til den fælles kombination hørende mineraler kan optræde i aldeles vilkårlige blandingsforholde; snart er det ene og snart det andet mineral forherskende. I det omkring 110 km lange og op til 25 km brede »apatit-distrikt» fra Bamle til Lillesand kan vi således holde ud fra hinanden en række forskellige gang-typer eller undertyper, som, — idet vi kun fæster os ved fosfaterne, titan- og jern-forbindelserne samt sulfiderne, — karakteriseres ved:

1) overveiende apatit, med ganske små mængder rutil, titanjern, kis; uden kjerulfin; ex. det store gangfelt ved Ödegården i Bamle;

2) overveiende kjerulfin, med titanmineraler (bl. a. pseudo-brookit), men uden apatit; de talrige gange ved Havredal i Bamle;

3) apatit med noget mere rigelig tilblanding af rutil, titanjern eller kis; meget udbredt;

4) magnetkis — med svovlkis, kobberkis — og apatit i midlere blandingsforholde; ex. Hanto i Landvig; Gruppe<sup>1</sup> ved Dalsvand i Söndelev;

<sup>1</sup> Ved denne lokalitet er en gang, — førende magnetkis med noget svovlkis och forholdsvis meget kobberkis, videre apatit, hornblende, titanit (eller yttritanit, meget rigelig), kvarts osv., — fulgt i længde omkring 100 m; bredde op til 2—2.5 m. Over enkelte strøg magnetkisen aldeles forherskende; forsøgsvis udskeidedes i sin tid en del malm med efter skjön 8% kobber.

5) overveiende magnetkis, med lidet eller intet apatit; ex. enkelte små gange nær Söndelev gård;<sup>1</sup>

6) rutil og apatit i midlere blandingsforholde, tildels rutil forherskende; så er særlig tilfælde ved en række gange, ex. Fogne<sup>2</sup> og Tranbergåsen (Simonstad) med flere i et større lokal-felt i den östre del af Vegårdsheien med tilstødende dele af Gjerrestad;

7) magnetkis med rutil (i krystaller), lokalt uden apatit; gang nær Fogne i Gjerrestad;

8) apatit og jernglans i nogenlunde midlere blandingsforholde eller jernglansen endog forherskende; en enkelt gang ved Hiåsen i Gjerrestad (her også rutil, turmalin; jernglansen tildels i store, tavleformige krystaller; forekomster i sin tid forsøgt som jernmalmgrube).

I henhold til denne oversigt må det a priori formodes, at også jernglans (eller magnetit) inden vore gange lokalt kan være eneherkende; i virkeligheden kan vi også inden det foreliggende distrikt påpege et bestemt jernglans-gangfelt, som efter al sandsynlighed står i genetisk rapport til gabbro (olivinhyperit) og indgår som led i »apatitgang-gruppen».

Som vi i en påfølgende detailbeskrivelse over Kragerö-feltet nærmere skal udrede, kan man på Langöen og Gomöen holde ud

<sup>1</sup> Disse gange (beliggende i en liden ås ved bunden af Söndelevfjorden, i nærheden af Regårdsheien og Ravnefjelds store gabbrofelt, med tilhørende apatitgange) er næsten horisontalt svævende, gennemskjærende steiltstående hornblendegneis. Langs grænsen, normalt på grænsefladen, er, — således som stadig er tilfælde ved de egentlige apatitgange, — påvokset en hel del hornblendekrystaller; gangmidten er næsten i sin helhed fyldt med grovkrystallinsk magnetkis. — Gangene må geologisk talt ikke forveksles med »udsondrings»-forekomsterne af nikkelholdig magnetkis, typus Ringerike-Klefva, inde i gabbro (norit).

<sup>2</sup> Ved den største gang, — op til 3—6 m bred; indtil våren 1890 afbygget i 25 m længde og til 9 m dyb, — ved Fogne blev 1888—89 advundet med rundt tal 60 tons apatit, 20 tons prima rutil (med antagelig 95 % rutil) og 20 tons sekunda rutil (med antagelig 75 % rutil); altså efter vægt lidt mere apatit end rutil. Omtrent samme forhold mellem apatit og rutil har også vedvaret ved de sidste års drift.

Ved enkelte mindre gange i nærheden fundet rutil uden ledsagelse af apatit.

fra hinanden ikke mindre end tre forskjellige slags grupper af jernmalmsforekomster, nemlig:

A. Forekomster af titanrig jernmalm<sup>1</sup> (silmenit-enstatitit), dannede ved magmatisk koncentration inde i gabbro (olivinhyperit).

B. Sedimentære magnetit-lesteder, typus Næverhaugen-Dannemora; hid hører alle de i teknisk henseende betydelige forekomster på Langöen (Grevinde Wedel-Fru Anker-draget).

C. Yngre opsættende ertsgange — brecciegange, — særlig karakteriserede ved kombination jernglans + albit.<sup>2</sup>

Allerede KJERULF og DAHLL gjør i sit arbejde om »Jernertsernes forekomst ved Arendal, Næs och Kragerö» (Nyt mag. f. naturv., B. 11, 1861) opmærksom på, at der på Langöen og Gomöen optræder et meget stort antal brecciegange eller »karbonatgange»,<sup>3</sup> førende kalkspath, jernholdig kalktalkspath, kvarts, albit, clorit, jernglans, magnetit, lokalt også rutil og beryl, hvortil — efter egne undersøgelser og WIEBEYS optegnelser<sup>4</sup> — endvidere kommer hornblende (strålsten, tremolith), talk, epidot, spor af kobberkis og buntkobber samt lidt apatit; endelig også, undertiden i store mængder, et rødtligt, aldeles dekomponeret silikatmineral (feldspath?). På enkelte steder, — særlig i en lang og mægtig zone fra Smedjedalsgruberne (ved Langåresund, nær Langöens vestspids) over Tangmyråsen, vestre Langö, Käsefjeld til »Kirkegården»<sup>5</sup> på Langöen, videre ved de mere

<sup>1</sup> Om disse forekomster se »tillæg», i slutten af denne afhandling.

<sup>2</sup> Først i den forløbne sommer (1891) havde jeg anledning til at studere de yngre opsættende jernglans-albit-gange, medens jeg fra tidligere ophold på Langöen kjendte de sedimentære forekomster; af denne grund har indsneget sig en mindre fejl i en note, s. 30—31 af dette arbejde.

<sup>3</sup> Under »karbonatgangene» henregnede forøvrigt KJERULF og DAHLL også den relativt regelmæssige magnetit-kalkspath-zone, — efter min opfatning et vanligt kalkleie, — i det hængende for Grevinde Wedel- og Fru Anker-gruberne.

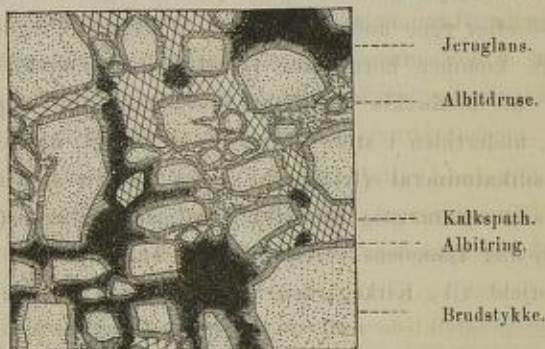
<sup>4</sup> P. C. WIEBYE, Beiträge zur topographischen Mineralogie Norwegens. Karstens Archiv für Min., Geol. und Bergbau, B. 22, 1848, s. 465—544.

<sup>5</sup> Vedrørende lokaliteterne henvises til KJERULFS og DAHLLS kart samt til et senere følgende kart i denne afhandlingsrække.

isoleret liggende forekomster Peder Anker grube (øst på Langøen) og Knudegruben (på Gomøen). — indgår jernglans eller undertiden magnetit i så rigelig mængde i disse brecciegange, at man har udvundet malmen ved grubedrift. Nu er forlængst alt grubearbejde her indstillet; ved observation i dagen kan vi dog danne os en ganske god forestilling om de geologiske forhold.

Hvert enkelt brudstykke inden den undertiden op til 100 à 250 *m.*, ja kanske endog 500 *m.* mægtige brecciezone inden strøget Smedjedalsgruberne til Kåsefjeld er, således som på fig. 17 angivet, omtrent uden undtagelse inderst beklædt med en krans af albit, som jævnlig optræder i zirligt udviklede krystaller; mellemrummet mellem albitringene igjen er udfyldt på enkelte steder med ren jernglans (eventuelt magnetit), på andre steder med

Fig. 17.



Brecciegang fra Smedjedalsgruben, Langøen, visende mineral-rækkefølge: 1 albit, 2a jernglans, 2b kalkspath og kvarts. (Halv målestok).

kalkspath og kvarts uden erts, atter andetsteds med jernglans, kalkspath, kvarts, epidot, strålsten osv. i jævn blanding. Hist og her finder man også nogle små krystaller af magnetit afsat inderst inde på breccie-brudstykkerne, før albiten. På grund af breccienaturen og de regelmæssige albitringe erindrer den hele gangmasse meget levende om de bekjendte »Ringelzerze» fra Clausthal

(se f.ex. fig. 52 og 53 i A. v. GRODDECKS »Lagerstätten der Erze»).

Selve jernglans- og magnetit-mængden på vore gange er stærkt vekslende, snart forsvindende lav, snart temmelig betydelig. Af de svære dagbrud og de uregelmæssige og nu tildels sammenstyrtede grubeåbninger fremgår utvetydig, at den malmførende zone på enkelte steder har været meget bred; efter opgivende har enkelte gruber i Kåsefjeld-feltet været afsynkede til omkring 50 m dyb. Som det følger af den givne beskrivelse (se særlig fig. 17), og som det også kan sees på berghaldene, har man af alt det udskudte blot kunnet udskede en forholdsvis liden del som malm; denne synes forøvrigt, at dømme efter en liden gjenliggende malmhaug, at have været nogenlunde rig på jern.

*Jernglans.* De store og pragtfulde krystaller af jernglans, som under etikette »Kragerö» eller »Langö» findes spredt i mange samlinger, stammer fra en ganske liden, forlængst nedlagt grube, Peder Anker grube, som nu står fuld af vand og således ikke er tilgængelig; på berghalden kan man endnu finde krystaller af albit, medens jernglansen er bortplukket.

Jernglanskrystallerne, som undertiden antager meget betydelige dimensioner, — bredde på 10—15 cm, endog op til 20—25 cm, og tykkelse 3—6 cm, — og som særlig udmærker sig ved homogenitet og påfaldende frihed for rids og tvillinglameller,<sup>1</sup> er i regelen udviklede med tavleformig typus,<sup>2</sup> se fig. 18 (c = 0P).<sup>3</sup> Videre møder vi de to søiler,  $\infty R(b)$  og  $\infty P2(a)$ , hvoraf den sidste er mere fremtrædende end den første, samt to eller flere

<sup>1</sup> Af denne grund blev jernglans fra Peder Anker grube valgt som material ved H. BÄCKSTRÖMS undersøgelse over mineralers elektriske og termiske ledningsevne samt thermoelektricitet (se Öfvers. af K. Vet.-Akad. Förh., 1888).

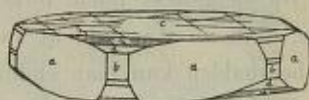
<sup>2</sup> Til sammenligning kan indskydes, at sublimeret jernglans ved vulkaner ligesom også det ved laboratorieforsøg ved indvirkning af  $H_2O$  på  $Fe_2Cl_6$  producerede mineral næsten altid viser tavleformig typus; den samme gjenfinder vi forøvrigt også ofte hos sedimentær jernglans.

<sup>3</sup> Krystallfladernes signatur efter H. BÜCKING, Zeits. f. Kryst. u. Min. 1877.

lave (positive) rhomboëdere og flere, oftest tre høie (negative) rhomboëdere, endelig også nogle ikke sikkert bestembare lave (negative), matte rhomboëdere; på en enkelt krystal er også et tvivlsomt skalenoëder iagttaget. Af de lave rhomboëdere udmærket et, med vinkel omkring  $20^\circ$  mod OP og altså svarende til  $+\frac{1}{4}R$  eller  $-\frac{1}{4}R$ , sig ved at være hvælvet og stærkt horizontalstribet; da denne egenskab er karakteristisk for fladen  $+\frac{1}{4}R$  (u) hos jernglans fra Elba såvel som fra flere andre lokaliteter, må også det lave, stribede rhomboëder i foreliggende fald bestemmes som positivt. Herved blir krystallens stilling given.

De tre høie negative rhomboëdere, — nemlig  $-\frac{1}{4}R$ ,  $-\frac{5}{2}R$  og  $-\frac{5}{3}R$ , som ikke findes optagne i BÜCKINGS fortegnelse (Zeits. f. Kryst. u. Min., 1877) over alle indtil 1877 kjendte krystalflader hos jernglans, og heller ikke er nævnte i noget af de senere bind af samme tidsskrift, og som følgelig må være nye

Fig. 18.



Jernglanskrystal fra Peder Anker grube, Langö.

former, — og det positive rhomboëder  $+\frac{1}{4}R$  (d) er vistnok meget smukt speilende og vel udviklede, men også næsten uden undtagelse så stærkt facetterede, at gode vinkelmålinger, — i alle fald på de temmelig få til min disposition stående krystalbrudstykker, — kun vanskelig fåes; på grund af den lille interesse, som jo altid kan knytte sig til nye former, hidsættes dog en tabel over de foretagne målinger.



Krystal.	M å l t				Beregnet (ved $c = 1.359$ ).
	I.	II.	III.	IV.	
$\infty R : \frac{1}{4}R$ .....	—	—	ca. 70°	—	68°35'
$\infty R : \frac{1}{2}R$ .....	ca. 52°	—	51°34'	—	51°53'
$\infty R : -\frac{5}{3}R$ .....	21°10'	ca. 21½°	—	20°58'	20°55'
$\infty R : -\frac{5}{2}R$ .....	14°18'	13½-14½°	—	13½-14°	14°18'
$\infty R : -4R$ .....	8°35'	8°51'	—	—	9°3'

De bedste målinger er markerede ved kursiv.

$\div \frac{5}{2}R$  er på en flerhed af de krystaller fra Peder Anker grube, som jeg har seet, temmelig stor, medens  $\div 4R$  og  $\div \frac{5}{3}R$  er ganske smale; på et par krystaller mangler endog  $\div \frac{5}{3}R$ .

På OP, som er triangulært stribet, efter kant OP :  $+ \frac{1}{4}R$ , finder man undertiden rhomboidale etsfordybninger.

Ved de fleste øvrige forekomster (Käsefjeld, Tangmyrasen osv.) er jernglansindividerne i regelen udviklede så tynd tavleformige, at mineralet nærmest opføres som jernglimmer.

Efter en af RAMMELSBERG (Mineralchemie, 1875, s. 157) foretagen analyse består jernglansen fra Peder Anker grube af:

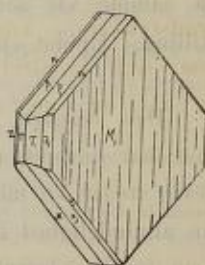
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	93.63 %
FeO.....	3.26 %
TiO <sub>2</sub> .....	3.55 %

Sum. 100.44 %

svarende temmelig nøiagtig til formel 12 FeFeO<sub>3</sub> · 1 FeTiO<sub>3</sub>.

Albit optræder ligeledes ved Peder Anker grube, tildels også ved Käsefjeld, Tangmyrasen osv., i jævnlig meget store — indtil 3—4 cm lange — krystaller, som overalt tilhører en fælles type (se fig. 19): tavleformig efter  $\infty \bar{P} \infty$  (M); stærkt udviklet OP (P) og  $\bar{P} \infty$  (x), derimod ganske kort, ofte endog næsten forsvindende  $\infty P'$  (T og l); endelig en smal kant-afstumpning i zonerne T : M, P : M og x : M; krystallerne altid i tvillinger, efter albitloven.

Fig. 19.



Albitkrystal fra Peder Anker grube, Langö.

Albiten er i regelen farvelös og næsten vandklar.

Særlig kan fremhæves, at albiten på de i Snarum optrædende apatit-albit-gange, at dømme efter de i universitetets mineralogiske samling opbevarede håndstykker, tilhører nøiagtig samme typus som Langö-albiten; da også udseende, farve, ja endog størrelse i begge fald stemmer overens, ligner prøver fra de to lokaliteter hinanden til forveksling.

*Apatit* omtalt af KJERULF og DAHL (l. c.) fra Peder Anker grube; uden at have lagt mærke til denne angivelse fandt også jeg apatit, i lang-søileformige krystaller, ved samme lokalitet, — mineralet synes derfor her at måtte optræder nogenlunde hyppig. — Jernmalmen fra Kåsefjeld-Tangmyrås-draget skal efter opgivende være temmelig fosforholdig.

*Rutil* i »karbonatgang», sammen med kvarts, hornblende, kalkspath osv., efter KJERULF og DAHL (l. c.) fundet nær ved Kírkegården på Langö,<sup>1</sup> ikke langt fra Kåsefjeld grube; håndstykker viser druserne med talrige, små og klare rutilkrystaller.

*Kobberkis* og *orogetkobber*, i forsvindende liden mængde, fundet ved Kåsefjeld grube. — *Kobbernikkel* fra Langöen er analyseret af TH. SCHEERER.<sup>2</sup> — Af karbonater møder vi to, nemlig hvid, *jernfattig* eller *jernfri kalkspath* og gulbrun, meget *jernrig kalktalkspath* (med såvidt høi kalk-magnesia-gehalt, at mineralet ikke kan opføres som jernspath).

*Hornblende*, oftest mørk strålsten, efter WEIBYE (l. c.) undertiden også lys tremolith, indtager på vore jernglans-albit-gange, på samme vis som på apatitgangene, en temmelig fremskudt stilling. Epidot sjelden.

Den bergart, som vore brecciegange sættes op gennem, og som har leveret materialet til brecciens brudstykker, er på de fleste steder en mørk, noget epidotiseret hornblendeskifer, som i sin almindelighed ikke synes at frembyde nogen særlig interesse. Kun fra Knudegruben, — på Gomöens nordvestre spids, omkring

<sup>1</sup> Findestedet nu tilvokset eller ukjendt.

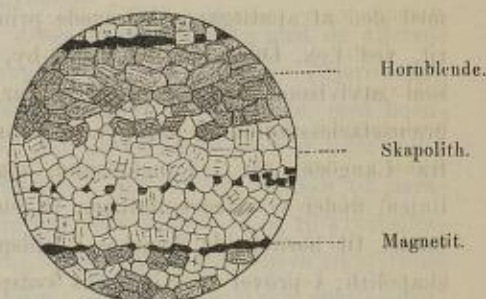
<sup>2</sup> Nyt mag. f. naturv., B. 5, 1848, s. 306.

30 m fra gabbrogrænsen, — medbragtes nogle prøver af en speciel *skapolith-hornblende-skifer*, som nærmere skal omtales. Som på fig. 20 a og b angivet, består denne bergart af fint og intimt vekslende skikt af mørk hornblende og et snehvidt, sukkerkorn-lignende mineral, som ved nærmere undersøgelse viser sig at være *skapolith*.<sup>1</sup> I mikroskopisk præparat finder vi desuden lidt sort erts (magnetit); forøvrigt ingen fremmede mineraler. — Bergarten viser en meget fremtrædende lighed med den bekjendte, — af olivinhyperit ved pneumatolytisk metamorfose (plagioklassen til skapolith; augiten til hornblende) fremgangne, — skapo-

Fig. 20 a.



Fig. 20 b.



(1/2)

Skapolith-hornblende-skifer, fra Knudegruben på Gomö, ved jernmalm-albit-gange, nær grænse af olivinhyperit. Snit lodret på lagfladerne. Præparat forstørret 50 gange.

lith-hornblende-fels; kun er der den forskjel, at der i det ene tilfælde foreligger en omvandlet *massiv*, i det andet derimod en skifer eller omvandlet *skifer*.<sup>2</sup> Man tør vel nemlig på grund af analogien uden videre gå ud fra, at skapolith-hornblende-skiferens

<sup>1</sup> Mineraliet bestemt ved følgende kriterier: det er optisk enaxigt, negativt; med temmelig stærke interferensfarver; spaltbar efter kvadratisk sølle, — altså tilhørende skapolith- (og ikke mellith-)rækken; til overflod kan anføres, at mineraliet smelter relativt meget let, og at det ved kvalitativ analyse giver  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  og alkali; forsvindende lidt eller næsten intet jern.

<sup>2</sup> For at undgå misforståelse kan udtrykkelig fremhæves, at vor skapolith-hornblende-skifer *ikke* er nogen omvandlet, ved dynamomorfe kræfter skifrigt bleven gabbro. Den normale, kun relativt meget svagt pressede olivinhyperit anstår

skapolith ikke er noget primært, men et sekundært mineral, dannet ved omsætning af plagioklas, i en oprindelig plagioklas-hornblende- (eller augit?) skifer («dioritisk skifer»).

Skapolithførende gneis er tidligere beskrevet fra en række forskellige lokaliteter, bl. a. fra Ödegården (Bamle), hvor man efter A. LACROIX<sup>1</sup> kan holde ud fra hinanden to forskellige skapolithførende gneisbergarter, — den ene med hornblende, epidot, oligoklas, kvarts, skapolith, den anden desuden med magnetit, titanit, allanit, pyroxen osv. Nogen skifer bestående kun af skapolith og et jern-magnesia-silikat (samt erts) er derimod tidligere, såvidt vides, ikke bleven påtruffet.

Også Langöfeltets olivinhyperit, som petrografisk er identisk med den af apatitgange ledsagede primære »gabbro» (olivinhyperit, ved f.ex. Ödegården, Kragerø by, Regårdsheien, Hiäsen), og som utvivlsomt er af eruptiv natur,<sup>2</sup> viser på flere steder i grænsefaciesstadiet en påbegyndende »skapolithisation»; i bergart fra Langöen, öst i Langåresund, nogle få *m* fra selve grænse-linjen, finder vi således diallagen tildels, om end ikke i sin helhed, omsat til hornblende, hvorhos i feldspathen er fremkommet lidt skapolith; i prøver fra Gomöens sydspidse (vestre grænse), resp. 0.05, 0.5 og nogle få *m* fra grænse-linjen, er diallagen fuldstændig omvandlet til hornblende og feltspathen noget omsat til skapolith.

I henhold til den ovenfor meddelte fremstilling er det indlysende, at jernglansen og albiten med de øvrige mineraler på de foreliggende brecciegange er *ynge* dannelsesprodukter.

---

kun 30—40 *m* fra vor skapolith-hornblende-skifer; eruptiven, som er stærkt finkornig ved kontakten, viser knivskarp grænse mod skifer-systemet. Også kan vi medtage, at skapolith-hornblende-felsen med runde tal fører 1 del hornblende til 2—4 dele skapolith, var skifer derimod gennemsnitlig meget mere hornblende end skapolith (på fig. 20 aftegnet et skapolithrigt parti).

<sup>1</sup> Contributions à l'étude des gneiss à pyroxéne et des roches à wernerite. Bull. min. de la France, 1889, s. 202—211.

<sup>2</sup> De mange, aldeles afgjørende beviser herfor skal sammenstilles i et senere arbejde.

En nærliggende geologisk parallel er at søge i de bekendte af DAUBRÉE med flere beskrevne alpine »filons titanifères», som karakteriseres ved kombination jernglans, rutil, anatas, albit, adular, axinit, osv. osv., og som efter DAUBRÉE'S fremstilling (*Géol. experim.*, s. 41—42, 45) må forklares ved pneumatolytisk genesis. I denne forbindelse kan vi også minde om, at alkali-feldspatherne, adular og albit, meget let lader sig fremstille ved sublimeringsprocesser (cfr. flere af HAUTEFEUILLE udførte forsøgsrækker); den så meget omskrevne nydannelse af adular ved Sangerhaus-ovnene, når flusspath anvendtes som beskikningsmaterial,<sup>1</sup> tiltrak sig som bekendt stor opmærksomhed allerede i århundredets begyndelse.

Endvidere kan man drage sammenligning med de allerede tidligere omtalte apatit-jernglans-gange ved Hiåsen (Gjerrestad), såvel som med de eiendommelige apatit-albit-gange, med hornblende, titanjern, rutil osv., som er udbredte over et lidet felt i Snarum (Hilsen og Oxöiekollen). Både med hensyn til paragenesis, — som *no. 1* i mineral-rækkefølgen, — og til krystallerne typus (hvorom tidligere), endog også med hensyn til størrelse og udseende, stemmer albiten på de Snarum'ske apatit-albit-gange nøiagtig overens med feltspathen på Langöens jernglans-albit-gange; det ligger derfor overordentlig nær at antage, at ikke alene albiten, men også hele det øvrige mineralselskab beggesteds er dannet ved de samme slags processer.

Langöens jernglans-albit-gange optræder, som det nærmere vil framgå af et senere påfølgende detailkart over egnen, i næsten umiddelbar nærhed, — afstand fra 30 m op til  $\frac{3}{4}$ —1 km, — af de store felter af gabbro (olivinhyperit) på Langöen og Gomöen, — en omstændighed, som selvfølgelig i og for sig vækker formodning om genetisk sammenhæng.<sup>2</sup> Dette bestyrkes endvidere der-

<sup>1</sup> Årsagen til, at albiten på vore brecciegange næsten uden undtagelse er det først individualiserede mineral, kan, — i analogi med feldspath-dannelsen i moderne smelteovne, — forklares ved indvirkning af forflygtiget alkalihaloid på gangvæggene og gang-brudstykkerne; bergarten i disse måtte i så fald have afgivet kiseltsyre- og lerjord-material til feltspathens konstitution.

<sup>2</sup> På grund af dette topografiske forhold opførte KJERULF og DAHLL ikke

ved, at næsten hvert enkelt af de talrige øvrige — mindst 20, kanske 50 — mig bekendte felter af olivinhyperit ved Bratsberg-Nedenæs-kysten omgiver sig med pneumatolytiske gangdannelser, henhørende til »apatitgang-gruppen»; på Langöen og Gomöen möder vi hist og her, såvel inde i eruptivfeltets grænsefaciesstadium som i den tilgrænsende skifer (fig. 19), nydannelse af skapolith, altså den samme pneumatolytiske metamorfose som ved de øvrige olivinhyperit-felter, — vi må altså forudsætte analoge emanationsprocesser.<sup>1</sup>

I korthed:

*jernglans-albit*-gangene på Langöen og Gomöen er yngre dannelsesprodukter, som, at dømme efter den mineralogiske lighed med de alpine »*filons titanifères*», sandsynligvis skyldes *pneumatolytisk* genesis;

på grund af de nærliggende analogier på den ene side med Hiåsens *apatit-jernglans*-gange og på den anden side med de Snarum'ske *apatit-albit*-gange,

videre på grund af gangenes optræden i umiddelbar nærhed af Langöens og Gomöens store felter af olivinhyperit, som, i lighed med hvad der gjælder for næsten alle de øvrige tilsvarende eruptivfelter i distriktet, a priori må formodes at omgive sig med pneumatolytiske produkter;

endelig også på grund af den formentlig pneumatolytisk-metamorfe nydannelse af skapolith, som er konstateret i umiddelbar nærhed af en af vore jernmalmforekomster,

föres vi til den slutning, at Langöens og Gomöens *jernglans-albit*-gange indgår som led i den til olivinhyperit ved pneumatolytisk proces bundne »apatitgang-gruppe». — Som mere underord-

---

alene de oven omhandlede *jernglans-albit*-gange, men også de efter min opfatning sedimentære forekomster, Grevinde Wedel-Fru Anker, som sublimationsdannelser efter gabbro-eruption.

<sup>1</sup> Egentlige *apatit*-gange er, — med undtagelse, af en örlden gangspræk nær vestre Langö gård, hvor lidt *apatit* såvidt er fundet, — ikke kjendt på Langöen og Gomöen; da egnens folk, på grund af de store gabbrofelter, stadig har havt sin opmærksomhed heuvendt på *apatit*, og da örerne er forholdsvis lidt tildækkede, kan man vistnok heller ikke i fremtiden vente ny-fund af *apatit*.

nede støttepunkter for rigtigheden af dette resultat kan også berøres, at

såvel *apatit* som *rutil* — i krystaldruser — hist og her antræffes på vore jernglans-albit-gange; at *hornblende* jævnlig optræder som gangmineral; og endelig, at jernglansen på vore gange vistnok i regelen er *titanholdig*, hvorved man får et forbindelsesled med den på de normale apatitgange så yderst almindelige titanjern. — Langöens jernglans-albit-gange udmærker sig, i lighed med, hvad der gjælder for de normale apatitgange, også fleresteds derved, at gang-mineralerne ofte er udviklede i påfaldende *store* individer.

Med undtagelse af Kristiania-territoriets granit-kontaktforekomster og de oven omhandlede efter al sandsynlighed til olivinhyperit bundne jernglans-albit-gange på Langö kjender jeg, hverken ved autopsi eller efter litteratur, på hele den skandinaviske halvö ikke en eneste egentlig jernmalmsforekomst,<sup>1</sup> som efter mit skjön med nogenlunde grad af sikkerhed kan opføres som pneumatolytisk dannelse, knyttet til en eller anden eruptiv. Særlig kan man ved sublimationsproces *ikke* forklare de mange lovmæssige eiendommeligheder ved den meget udbredte forekomstgruppe typus Næverhaugen-Norberg-Persberg-Dannemora; heller ikke er der i de senere års Gellivara-litteratur, såvidt jeg kan indse, fremlagt fyldestgjørende bevis for den af H. v. POST og G. LÖFSTRAND forfægtede anskuelse, at de store Norrbotten'ske jernmalmfelter skal stå i genetisk rapport til gabbro.

Vi ledes fölgelig til den slutning, at pneumatolytiske jernmalmsforekomster i det hele og store er forholdsvist sparsomt repræsenterede på den skandinaviske halvö.

Fra det övrige Europa og fra de andre verdensdele föreligger beskrivelse af en talrig række jernmalmfelter, som man

<sup>1</sup> Vi kan her ikke tage hensyn til, at jernglans og magnetit i mindre mængde, således som f. ex. tilfældet er i Thelemarken, undertiden indgår i erts-gange förende kobber- eller blyerts.

har forklaret ved sublimation; eksempelvis kan således, — idet vi dog ikke medtager forekomster, som utvivlsomt synes at tilhøre Næverhaugen-Dannemora-typen, — påpeges følgende felter:

I Pyrenæerne;<sup>1</sup> jernmalm i kalksten, tilhørende ved Canigou »Grauwacke«, ved Rancié jura og ved Saint-Martin kridt, — overalt i umiddelbar nærhed af yngre opsættende granit; jernmalmen, som er yngre end kalkstenene, optrædende i granitens kontaktmetamorfose-zone.

Ved Springs nær Calgour i Queensland;<sup>2</sup> jernmalm med kobberkis, brogetkobber osv. i en — utvivlsomt ved kontaktmetamorfose fremkommen — wollastonit-granat-kvarts-masse på selve grænsefladen mellem granit og krystallinsk kalksten.

I Banatet og Serbien talrige jernmalforekomster (Morawisza, Rézbanya osv.), som af flere tyske, østerrigske og ungarske geologer er sat i forbindelse med eruptiver (»banatit«, syenit, diorit), men som efter H. SJÖGREN<sup>3</sup> skal være af sedimentær dannelse, som f.ex. Persberg.

Det bekendte jernglansfelt på Elba, med tilsvarende forekomster ved den toscanske kyst, som af en række forskere opfattes eller opfattedes som sublimationsdannelse, og som nu senest af B. LOTTI<sup>4</sup> søges forklaret ved en metasomatisk proces, der forøvrigt også skal stå i relation til eruptiver.

Det tør vel ansees som sandsynligt, at flere af de sidst opregnede felter skyldes en pneumatolytisk genesis, — om det end må indrømmes, at man ofte tidligere har været tilbøielig til at overhugge enhver gordisk knude ved uden tilbørlig begrundelse at gribe til de så indsmigrende »eruptive« forklaringer.

I virkeligheden kjender man for jernets vedkommende, — i modsætning til, hvad der gjælder for flere af de i kvantitativ

<sup>1</sup> Oversigt hos B. v. COTTA, Lehre von den Erzlagertstätten, B. 2 (1861), s. 434—436.

<sup>2</sup> G. WOLFF, Zeits. d. d. geol. Ges., 1877, s. 149. — På grund af den rigelige tilblending af kobbermalm (guldhoidig) giver forekomsten en vis analogi med typerne Pitkaranta og Thelemarken.

<sup>3</sup> Geol. Fören. Förh., B. 7.

<sup>4</sup> Geol. Fören. Förh., B. 13.



henseende lidet udbredte elementer, f.ex. tin, kobber (typus Thelemarken), sølv (Comstock) og kviksølv (Sulphur Banc), — kun et lidet fåtal forekomster, som med fuld sikkerhed eller med høj grad af sandsynlighed beror på pneumatolytisk dannelse.

Ved de moderne vulkaner spiller svovlvandstof eller andre svovlforbindelser jævnlig en temmelig fremskudt rolle, ligesom vi også her ved siden af nydannet jernglans nogenlunde hyppig også møder diverse sulfidertser (blyglans, covellin osv.). I henhold hertil skulde det a priori formodes, at jernmalmen ved de pneumatolytiske forekomster i sin almindelighed må være temmelig stærkt opblandet med sulfider, — en slutning, som i alle fald bekræftes ved erfaring fra Kristianiafeltets granit-kontaktforekomster.

#### Tillæg.

Som eksempel på moderne vulkansk en-gros-sublimation af jernoxyd kan, — efter A. BREITHAAPT (»Die Paragenesis der Mineralien«, (1849, s. 124), — anføres, at »ved Vesuvus udbrud i 1817 åbnede sig en over 3 fod mægtig gangspalte, som i løbet af 10 dage fuldstændig fyldtes med jernglans, afsat af jernchloriddampe».

I et netop udkommet meget omfattende arbejde<sup>1</sup> om Minnesotas jernmalme, der for den væsentligste del synes at være dannede ved hydrokemiske processer, fremhæver d'hr WINCHELL, at i sin almindelighed »no large amounts of iron ore have come from sublimation». — Fra hele Nordamerika kan de nævnte for-

<sup>1</sup> Iron ores of Minnesota, 1891, af N. H. WINCHELL og H. V. WINCHELL (Geol. and natural history survey of Minnesota, bull. no. 6). — Af særlig interesse er afsnittet »Origin of the ores of iron» (s. 213—334), hvor man får en historik over de forgangne decenniers forestillinger om jernmalmenes dannelse, og hvor også en flæthed af de i den senere tid, såvel i Europa som i Amerika, fremsatte teorier underkastes en kritisk gennemgåelse. Literatur-kapitlet »Bibliography of the origin of iron ores» (s. 258—334) er et værdifuldt kilde-skrift, i hvorvel der her er taget meget lidet hensyn til den skandinaviske literatur.

skere ikke påpege et eneste aldeles utvivlsomt eksempel på sådan dannelse.

### Tillæg til afsnittet

#### »Forekomster af titanrig jernmalm, i basiske eruptiver.»

*Ilmenit-enstatit i olivinhyperit på Langöen og Gomöen, ved Kragerö.*

Inde i de i foregående afsnit omhandlede felter af olivinhyperit, — som i sin primære normale habitus består af titanomagnetit (eller ilmenit); noget olivin; diallag, som er aldeles fuld af interpositioner; lidt magnesiaglimmer samt meget rigelig plagioklas, desuden accessorisk undertiden lidt primær grøn spinel, indsluttet i den sorte erts, og som i petrografisk henseende er særlig interessant ved en eiendommelig zonal omvandling af olivinindividerne, — har jeg sommeren 1891, efter at det første afsnit af denne afhandling allerede var trykt, havt anledning til at besøge en del forekomster<sup>1</sup> af titan-jernmalm, som optræder inde i olivinhyperitfelternes centrale strøg, og som i geologisk henseende er at parallelisere med f.ex. den Ekersund'ske ilmenit-norit og den Taberg'ske magnetit-olivenit. Malmfelterne kan i korthed betegnes som snart uregelmæssigt forgrenede og snart mere jævnt gangformige »Schlieren»-dannelser, med nogenlunde skarp grænse mod den omgivende olivinhyperit.

Allerede for blotte öje kan man følge overgang fra grå, plagioklasførende, middels jernrig »gabbrobergart» (1ste koncentrationsstadium) til mørk, plagioklasfattig og mere jernrig bergart (2det konc. stadium) og endelig til feldspathfri bergart, kun bestående af titanjern (med titanomagnetit?) og jern-magnesia-sili-

<sup>1</sup> Næmlig på Langöen lidt vest for Oxekastet, lige nede ved Langåresund, og i Gjeiteråsen, ret op for Garnviken; på Gomöen ved »Næs's» grube eller gruber, nogle få hundrede m fra Langåresund. Fra sidstnævnte lokalitet exporteredes i midten af 1870-årene et par dampskibsladninger jernmalm (titanrig, fattig på jern). Felterne viser gennemgående meget betydelige dimensioner, men har på grund af malmens dårlige kvalitet, — jerngehalt autagelig kun 40 %; titansyre efter opgivende 7—10 %, — kun theoretisk interesse.

kat. (3die konc. stadium) og følgelig ekvivalerende plagioklasfri magnetit-olivenit. Partier af aldeles ren malm, uden silikat, — svarende til det sidste og endelige koncentrationstrin, som vi møder inden det Ekersund'ske felt, — synes at mangle på Langöen og Gomöen, ligesom forøvrigt også ved Taberg-typens forekomster.

Det sorte, titanrige ertsmineral inden vor malm viser i regelen god spaltbarhed eller afsondring efter kun en enkelt flade og må følgelig bestemmes som titanjern, ikke titanomagnetit; på enkelte steder mangler dog det afgjørende kriterium, — det er følgelig meget mulig, at der lokalt og underordnet også foreligger noget magnetit.

Det karakteriserende jern-magnesia-silikat er en rhombisk pyroxen, med god spaltbarhed efter søile og de to vertikale pina-koïder; udslukning efter *c*-axen; uden interpositioner; mineralet er aldeles farveløst, interferensfarverne temmelig svage (ikke så stærke som hos hypersthen) og pleochroïsmen dels ikke påviselig, dels såvidt mærkbar (tvivlsomme spor efter *c* af grønlig, efter *a* af rødlig tone); — vi har altså for os enstatit eller jernfattig bronzit, ikke hypersthen.

Det rhombiske mineral er i regelen meget stærkt uralitiseret, — til mørk, blågrøn hornblende, — endog i den grad, at i enkelte præparater er enhver rest af pyroxen forsvundet. Af denne grund kan det ikke afgjøres, om der oprindeligt har været noget monosymmetrisk pyroxen tilstede eller ei; olivin har dog fuldstændig manglet, idet vi hverken finder primær olivin eller nogen af olivins forskellige omdannelsesprodukter. Hist og her finder vi lidt magnesiaglimmer, altid i aldeles forsvindende lav mængde.

Rundt omkring de sorte ertsindivider optræder undertiden en fin sekundær-bræm af titanit, — ligeledes møder vi i enkelte præparater af plagioklasførende bergart de hos de sydnorske olivinhyperiter så vanlige ringformige granatzoner.

Svovlkis er temmelig vanlig; apatit derimod har jeg ikke observeret i noget af de mange til disposition stående præpara-

ter, mineralet kan således kun være forhånden i meget sparsom mængde; zirkon synes fuldstændig at mangle.

For nærmere at klargjøre detaljerne ved koncentrationsprocessen skal vi efter skjøn opføre bergartens sammensætning, i volumprocent, på et par af de forskjellige trin.

	Ilmenit (med mag- netit?)	Fe-Mg-sili- kat (enstatit, horn- blende).	Plagioklas.
	%	%	%
I. Plagioklas-førende, middels jernrig »gabbrobergart» .....	ca. 20	ca. 30	ca. 50
II. Plagioklas-fattig, mere jernrig »gabbrobergart» .....	25—40	30—50	20—30
III. Plagioklas-fri ilmenit-enstatitit .....	30—60	30—70	Intet

Det fremgår heraf, at i foreliggende fald er, — på samme vis som ved den Ekersund'ske ilmenit-norit og den Taberg'ske magnetit-olivenit, — ikke alene jernoxyd-mineralet, men også jern-magnesia-silikatet bleven koncentreret i meget betydelig grad.

Årsagen til, at vi i olivinhyperiten ved Taberg med øvrige svenske lokaliteter som produkt af koncentrationen erholder titanomagnetit + olivin (orthosilikat), — i den temmelig analoge bergart på Langöen og Gomöen derimod titanjern (med titanomagnetit?) + enstatit (med hornblende, altså metasilikat), må vistnok bero på underordnet forskjel i magmaens oprindelige kemiske sammensætning inden de forskjellige distrikter. Den svenske bergart er formentlig mere basisk og dermed også mere olivinrig end den norske; i første fald skulde følgelig processen, i henhold til vor tidligere theoretiske udvikling, være indledet ved koncentration af vædskemolekuler af erts + olivin + forholdsvis lidet pyroxen, medens vi i andet fald får erts + olivin + forholdsvis mere pyroxen. På givet stadium vil der herunder kunne resultere en stærkt magnesiariig moderlud af såvidt høi aciditet, — nemlig aciditetsgrad 1.60—1.70 eller derover,<sup>1</sup> — at ikke

<sup>1</sup> Som i mine tidligere arbejder »Studier over slagger» (Bih. till K. Sv. Vet.-Akad. Handl. Bd 9, 1884) og »Gesetze der Mineralbildung» (Archiv f.

længere magnesia-ortho-, men derimod magnesia-metasilikatet vilde individualiseres; ved fortsat koncentration må vi altså erholde vædskemolekuler af erts + enstatit.

*Ilmenit-gabbro i gabbro (labradorfels?) ved Bogstö*, mellem Matrefjord og Åkrefjord, Skonevig, Folgefönns halvö. — Om denne skriver T. CH. THOMASSEN. (Geologiske undersøgelser på Folgefönns halvö, Nyt mag. f. naturv. B. 24, s. 287): »Mellem Holmedal og Bakkesæter findes en lys middelskornig gabbro; ved Bogstö grovkornig gabbro. Indsprængt i denne forekommer titanjern. Titanjernet optræder også som ren malm i større partier, og på disse er der drevet et brud. Foruden gabbro findes en del grönstengange».

De af THOMASSEN medbragte malmprøver kan i korthed betegnes som *ilmenit-gabbro*, ekvivalerende ilmenit-noriten fra Storgangen i Ekersundsfeltet; kun er der den forskjel, at der på det ene sted foreligger rhombisk, på det andet derimod monosymmetrisk pyroxen, og at Bogstö-malmen udmærker sig ved meget rigelig nydannelse af granat.

»*The gabbro titanic-iron group*», ved Mesabi range, Minnesota.

I det tidligere citerede arbeide (1891) om Minnesotas jernmalme beskriver d'hr WINCHELL under den karakteristiske titel »*The gabbro titanic-iron group*» en talrig række ved Mesabi range (på NV-siden af Lake superior, henimod den canadiske grænse) i gabbro (olivingabbro) optrædende, tildels meget betydelige forekomster af titanrig jernmalm.

mathem. og naturv.; Bd 13 og 14) påvist, adkrystalliserer i magnesiariige smeltmasser (ved 1 atmosfæres tryk: afkjølingshastighed fra nogle minutter til et par døgn) magnesia-orthosilikat (olivin) ved aciditetsgrad under og metasilikat (enstatit, eventuelt en dimorf  $MgSiO_3$ -varietet) ved aciditetsgrad over 1.60—1.70. Næsten nøiagtig samme grænse — nemlig omkring 1.65—1.75 — finder vi også, som jeg i et senere arbeide skal godtgjøre, mellem de olivinførende basalter og andesiter på den ene side og de olivinfri på den anden; den chemiske massevirkning modificeres altså, hvor der handles om individualisation af magnesia-ortho- eller meta-silikat, kun i forholdsvis liden udstrækning af de fysiske faktorer tryk, temperatur og tid.

Selve gabbroen eller olivingabbroen, som efter de foretagne undersøgelser utvivlsomt er af eruptiv natur, og som sammen med »doleritic trap», diabas, augitsyenit og andre eruptiver dækker et territorium af længde 200 km og bredde 15—35 km, viser en stærkt vekslende petrografisk sammensætning; af de konstituerende bestanddele, magnetit (eller titanjern?), olivin, biotit, augit, plagioklas, kan snart det ene og snart det andet mineral være forherskende. De mange, til en fælles, letkjendelig typus hørende malmforekomster, — som jævnlig udmærker sig ved storartede dimensioner, men som på grund af den høje titan-gehalt ikke er gjenstand for grubedrift, — må nødvendigvis opfattes som »an integral part of the eruptiv gabbro»; malmen er kun »a highly magnetited condition of the structureless gabbro rock itself». Mikroskopisk undersøgelse af malmen er desværre ikke leveret; oplysning om sammensætning kan dog erholdes af de meddelte analyser.

Titanrig jernmalm, optrædende som udsondring i gabbro (olivingabbro); Mesabi range.

SiO <sub>2</sub> .....	2.02	11.87
TiO <sub>2</sub> .....	12.09	16.03
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	2.40	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	2.68	1.32
Fe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .....	80.78	53.33
FeO.....	—	14.42
MgO.....	—	2.73
CaO.....	spor	0.10
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	0.03	0.02
S.....	—	spor
Sum	99.90	99.32
Fe.....	58.48	49.40

Altså: temmelig høi titangehalt;<sup>1</sup> i alle fald undertiden, som ved den Ekersundske titanjernmalm, noget kromoxyd (2.40 % Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>); lidet eller intet mangan.

<sup>1</sup> En tredje analyse viser kun 2.23 % TiO<sub>2</sub>; da det dog i teksten fremholdes, at de i gabbroen optrædende malme stadig betegnes ved høi titangehalt,

Aldeles tilsvarende forekomster af titanrig jernmalm kjender man, efter d'hr WINCHELLS fremstilling, også fleresteds i Canada, nemlig ved Bay St. Paul, St. Jerome, Rawdon osv., her optrædende i de canadiske geologers »anorthosite rock», som formodes at være identisk med olivingabbroen ved Mesabi; — videre i staten New York (Adirondack region), i »hypersthene rock», som også skal være en olivingabbro.

Tilslut betoner d'hr WINCHELL, at de her omhandlede koncentrationer af titanrig jernmalm kun optræder i *basiske* eruptiver, med i höiden 55 %  $\text{SiO}_2$ ; selv har jeg tidligere troet at kunne sætte grænsen ved gehalt 55—57 %  $\text{SiO}_2$ .

*Perowskitførende magnetit-* (eller ilmenit-?) *pyroxenit*, »Jacupirangito», og *titanomagnetit* (ilmenit?), optrædende som basisk udsondring i pyroxenførende nefelinsyenit, ved Ipanema i provins São Paulo, Brasilien.

Efter velvillig meddelelse af dr EUGEN HUSSAK, statsgeolog i São Paulo, kan man ved den ovennævnte lokalitet påvise gradvis overgang fra normal pyroxenførende nefelinsyenit til 1) nefelin-pyroxenit, videre til 2) pyroxenit med mere eller mindre titanomagnetit (eller ilmenit?), og endelig til 3) ren titanomagnetit (eller ilmenit?). — Pyroxeniten karakteriseres særlig ved at føre *perowskit* ( $\text{CaTiO}_3$ ), apatit og orthit.

Et tilsendt fotografi af sleben pyroxenit, — eller med et lokalnavn »Jacupirangito», efter den vigtigste jerngrube, Jacupirango i Ipanema, søndre del af São Paulo, — viser omkring 60—70 volumprocent sort erts, rest pyroxen. Også i foreliggende tilfælde møder vi altså på *gjennemgangsstadiet* koncentration ikke alene af jernoxyd-mineral, men også af det ledsagende jernmagnesia-silikat; som *endeprodukt* får vi jernoxyd-mineral for sig alene.

Også ved Tingua i nærheden af Rio Janeiro kjender man, efter ORVILLE A. DERBY'S afhandling<sup>1</sup> »On nepheline-rocks in» gjælder den sidstnævnte analyse muligens en anden slags malm eller i alle fald kun en ren exceptionel prøve.

<sup>1</sup> Quart. Journ. of the Geol. Soc. 1891, s. 290.

Brazil», i pyroxenførende nefelinsyenit en tilsvarende, om end ikke så vidt fremskreden koncentration af magnetit.

Til sammenligning kan anføres, at også de bekendte »intratelluriske udsondringer» (SAUER'S »endogene Einschlüsse») i nefelinit eller nefelinbasalt ved Oberwiesenthal, Erzgebirge, udmærker sig ved at føre *perowskit*, desuden titanjern, titanit, magnetit, apatit, augit, hornblende, biotit, nefelin og et melanit- eller schorlamit-mineral.

### Rettelser.

Tavle 1. Det ved en inkurie under lithograferingen indkomne røde tegn, angivende titanjern-forekomst, ved Abildnæs (og Enst. gr.) skal udgå.

Tavle 2. Efter netop erholdte oplysninger af bergingeniør THESEN er de ved tegn Pb og Cu angivne forekomster N og NNO for Hönefos optrædende langs diabasgange (cfr. s. 84, note 3).



## Resumé.

Die bisher bekannten norwegischen und schwedischen Erzlagerstätten lassen sich in geologisch-genetischer Beziehung zu einer ziemlich geringen Anzahl Gruppen zusammenfassen, nämlich, wenn wir vorzugsweise die norwegischen Volkommnisse berücksichtigen (S. 1—7):

*Normale Erzgänge; Kongsberg, Hisö, — Svenningdal.*

*Goldführende Quarzgänge; Bömmelö, Eidsvold (und Quarz-Turmalin-Gänge mit Gold, Wismuthglanz, Kupfererz usw. in Svartdal, Thelemarken).*

Erzlagerstätten genetisch an *Granit* gebunden, durch *pneumatolytische Prozesse* gebildet:

A. Gänge von *Kupfererz* usw. in *Thelemarken*;

B. Lagerstätten von *Eisenerz*, untergeordnet auch Kupfer- und Zinkerzen, an der Grenze der *postsilurischen Granite des Kristiania-Gebiets*.

Lagerstätten genetisch an *basische Eruptive* (Gabbro, Norit, Olivinhyperit, Labradorfels, — Saussuritgabbro) gebunden:

A. »*Basische Ausscheidungen*» (*Magnetit-Olivinit, Ilmenit-Norit, Ilmenit-Enstatit*) von *titanreichem Eisenerz* oder *Titaneisenerz*, in *Labradorfels, Olivinhyperit*, usw.

B. *Nickelhaltiger Magnetkies*, Typus Ertelien (Ringerike), Meinkjär (Bamble), Klefva (Småland), Varallo (Piemont) und Sudbury (Canada), vorzugsweise an *Norit* (intrusiv) gebunden und beinahe überall als *Grenzfaciesbildung* zu bezeichnen (Geol. Fören. Förh., B. 6, Pl. 30; dieses Resumé, No. 10); wie die vorige Gruppe wahrscheinlich auch durch einen magmatischen Concentrationsprocess — ohne Stoffzufuhr — zu erklären.

C. *Apatit-Magnetkies-Rutil-Titaneisen-Eisenglanz-Gänge*, Typus Ödegården, und *Eisenglanz-Albit-Gänge* (Smediedal usw. auf Langö), durch *pneumatolytische Prozesse*, nach Eruption von *Olivinhyperit* gebildet.

D. *Kupfererz-Gänge* in Gabbro, Diorit usw.; Typus Alten.

E. In *regionalmetamorphosirten cambrischen* und *sibirischen Schiefer* heimische, *lagerförmig* auftretende Kupfer- und Schwefelkiese, Typus Rörös-Foldal-Ytterö, Vignäs, Sulitelma; überall in Verbindung mit *Saussuritgabbro* (Zoisitamphibolit), eventuel Zoisitamphibolschiefer. Ueber die geologische Erklärung siehe meine Arbeit »Salten og Ranen», S. 224—229.

Bleiglanz, Zinkblende usw., Typus Konerud, durch pneumatolytische Prozesse an die *Diabasgänge* des Kristiania-Gebiets gebunden.

*Kromeisenerz* in *Serpentin*, durch Sekundärprozesse gebildet; in entsprechender Weise gelegentlich auch winzige Gänge von Ni-Mg-H<sub>2</sub>O-Silikat (Nickelgymnit).

Die folgenden Lagerstätten sind durch Sedimentationsprozesse, ohne irgend welche bisher nachweisbare Verbindung mit Eruptiven, zu erklären:

*Eisenerze*, Typus Näverhaugen-Arendal-Persberg-Dannemora, bei nahe überall mit *Kalkstein* oder *Dolomit* vergesellschaftet. Ueber die geologische Erklärung siehe »Salten og Ranen«, S. 214—224.

»*Falhbänder*«, a) mit überwiegend viel *Magnetkies*, *Schwefelkies*, *Kupferkies* usw., Typus Kongsberg, Froland bei Arendal; b) mit überwiegend viel *Kobalt-Arsen-Erz*, Typus Modum; c) mit überwiegend viel *Bleiglanz*, *Zinkblende*, Typus Espeland bei Tvedestrand.

Endlich giebt es auch einige bisher wenig erforschte Erzlagerstätten-Gruppen, deren Geologie sich noch nicht feststellen lässt.

## I.

»**Basische Aussonderungen** von titanreichem Eisenerz oder von **Titaneisenerz** (*Magnetit-Olivinit*, *Ilmenit-Enstatitit*, *Ilmenit-Norit* usw.), durch magmatische Diffusions-Concentration in basischen Eruptiven, Labradorfels, Gabbro, Olivin-gabbro, Olivinhyperit, Diabas und Olivin-diabas, *Nephelinsyenit* usw., gebildet (S. 7—61; S. 130—136), — und über die Gesetze der »Spaltung« der eruptiven Magmata zu **Theilmagma**ta.

Um die Genesis dieser »basischen Aussonderungen« besser verstehen zu können, wollen wir zuerst die von mehreren früheren Forschern (PRINGSHEIM, WEISS, HOLST & EICHSTÄDT, KOCH, BECK, BÜCKING,<sup>1</sup> BRÖGGER, LORENTZ<sup>2</sup> u. a.) beschriebenen »Gänge mit basischen Grenzzonen« (oder »gemischte Gänge«) kurz erwähnen (S. 7—13). Als Beispiel wählen wir die Glimmersyenitporphyr-Gänge des Kristiania-Gebiets, wo der *Uebergang* (Fig. 1 und 2; Analyse 2, b) zwischen der *sauren, eisenarmen Gangmitte* (Analyse 1 und 2, a) und dem *basischen, eisenreichen Kersantit-Salband* sich Schrift für Schrift verfolgen lässt. Zwar sind in dem vorliegenden Falle (siehe Tabelle S. 12) a) die Mineralien des *ersten* Krystallisationsstadiums, vorzugsweise *Magnetit*, weiter auch *Schwefelkies* und *Apatit*, b) das Mineral des *zweiten* Krystallisationsstadiums, *Glimmer*, in die Grenzzone concentrirt, im Verhältniss etwa von dem

<sup>1</sup> Literaturangaben in BÜCKING'S Arbeit »Eruptivgesteine der Section Schmalkalden (Thüringen)«. Jahrb. d. preuss. geol. Landesanst. 1887.

<sup>2</sup> »Ueber das Vorkommen von Kersantit und Glimmerporphyr in derselben Gangspalte bei Unterneubrunn in Thüringen Walde«. Jahrb. d. preuss. Landesanst. 1888.

3-fachen bis zu dem 10-fachen; c) der Plagioklas ist in der Grenzzone mehr *basisch* geworden, und d) der Orthoklas und Quarz verschwunden. Die basischen Randzonen wiederholen sich auch um die losgerissenen, innerhalb des Eruptivgesteins liegenden *Bruchstücke* von fremden Gesteinen herum.

Auch an den von LORETZ beschriebenen »gemischten Gängen« sind an der Grenze die Gehalte von  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , weiter auch von  $\text{TiO}_2$  gestiegen, — der  $\text{SiO}_2$ -Gehalt umgekehrt gefallen.

Die vorliegende Erscheinung, mit Concentration des basischen Materials an den beiden Seitenflächen, ist ein *generelles* Phänomen (an zahlreichen Gängen in dem Kristiania-Gebiet, in Småland, Thüringen, Harz, Sachsen nachgewiesen), das nur durch »*Spaltung*« des Magmas erklärt werden kann, und das in Verbindung zu stellen ist mit *Abkühlung* von den Grenzflächen, bezw. von eingeschlossenen Bruchstücken aus; die *physikalischen* Ursachen werden wir später zu detailliren Versuchen.

In dem etwa 1,200  $\text{km}^2$  grossen Eruptivfeld zu Ekersund-Soggendal (S. 14—30, Pl. 1; cfr. N. Jahrb. f. Min. 1889, II, S. 97) begegnen wir mehreren petrographisch einander nahe stehenden — und ursprünglich aus demselben Magmabassin stammenden — eugranitisch-körnigen, abyssischen Gesteinstypen, nämlich:

*Labradorfels* (ohne Olivin; etwas Titaneisen; ziemlich wenig Hypersthen, gelegentlich mit Enstatit und Bronzit; Hauptmasse Labrador; an einigen Stellen Orthoklas- und Quarz-führend);

*Hypersthen- und Biotit-reicher Norit* und *Enstatit-bezw. Bronzit-Granit* (S. 16—17; mit viel Eisenerz und Enstatit, bezw. Bronzit; ohne Biotit, im allgem. auch ohne Diallag; ein saurer Plagioklas spärlich, Kalifeldspath sehr reichlich; viel Quarz).

Diese Gesteine sind von jüngeren Gängen durchkreuzt und zwar, wenn wir vorläufig die »basischen Erzaussonderungen« nicht berücksichtigen, in der Reihenfolge: a) pegmatitisch grobkörnige Noritgänge; b) normalkörnige Noritgänge, zum Theil mit Uebergang zu Enstatitgranitgängen; c) Diabas- und Olivindiabasgänge.

In dem Labradorfels finden sich eine bedeutende Anzahl — etwa 50 — »Lagerstätten« von Titaneisenerz, nämlich

1) Gänge von *Ilmenit-Norit*, aus sehr viel Titaneisen, viel Hypersthen und etwas Labrador bestehend (accessorisch *Chromspinell*, Schwefelkies);

2) Unregelmässige, gangförmig auftretende Massen von *Titaneisenerz* (Analysen S. 25—26), theils mit ganz wenig Hypersthen und Labrador vermischt, theils ganz rein.

Petrographisch lässt sich eine continuirliche Reihe von dem Labradorfels zu dem Ilmenit-Norit und weiter zu den reinen Titaneisenerz-Massen verfolgen. Die zwei letzteren Glieder, die oft sehr bedeutende Dimensionen erreichen, scheinen mit den pegmatitischen Noritgängen ungefähr gleichaltrig zu sein.

In dem Gabbrofeld zu Bougstö in Skonevig (S. 133) treten entsprechende Aussonderungen von *Ilmenit-Gabbro* auf.

In dem Olivinhyperit zu *Taberg* (Fig. 6) und anderen Lokalitäten (Långhult, Ransberg) in Småland begegnen wir als »basischer Aussonderung« dem Gestein *Magnetit-Olivinit* (Analysen S. 35; aus Titanomagnetit und Olivin bestehend, in dem Uebergangsstadium auch Plagioklas-führend), das auch an Iron-mine-hill in Cumberland, Rhode-Island, constatirt worden ist. — Der — wahrscheinlich etwas  $\text{SiO}_2$ -reichere und Olivin-ärmere — Olivinhyperit auf Langö und Gomö bei Kragerö im südl. Norwegen zeichnet sich dagegen durch Aussonderungen von *Ilmenit-Enstatit* (im allgem. stark uralitisch) aus (S. 130—133).

Entsprechende Concentrationen von Titan-Eisenerz in verschiedenen nicht näher untersuchten basischen Eruptivgesteinen (Gabbro, Diabas, Olivindiabas) sind noch an mehreren anderen Lokalitäten — an resp. etwa 4 und 10 Stellen — in Norwegen und Schweden beobachtet worden.

Der Beschreibung von A. H. und H. V. WINCHELL zufolge kommt zu Mesabi range, Minnesota, eine bedeutende Anzahl zum Theil sehr grosse Ausscheidungen von titanreichem Eisenerz (Analysen S. 133—135) in Livingabbro vor; ähnliche Bildungen wiederholen sich auch in demselben Gestein an mehreren Stellen in Canada und im Staat New York.

Einer Mittheilung von E. HUSSAK zufolge (S. 135—136) kann man zu Ipanema in São Paulo, Brasilien, einen schriftweisen Uebergang von pyroxenführendem *Nephelinsyenit* zu 1) *Nephelin-Pyroxenit*; 2) *Magnetit* (oder *Ilmenit*?) *Pyroxenit*, (»Jacupirangito«), mit Perowskit, Orthit und Apatit; 3) reinem *Titanomagnetit* (oder *Ilmenit*?) verfolgen.

Die gewonnenen Resultate sind kurz:

1) *Basische Titan-Eisenerz-Aussonderungen*, Typus Ekersund-Taberg (*Magnetit-Olivinit*, *Ilmenit-Enstatit*, *Ilmenit-Norit*, *Ilmenit-Gabbro*, *Magnetit-* oder *Ilmenit-Pyroxenit*), durch *magmatische Concentration*, — ohne Stoffzufuhr durch pneumatolytische Prozesse, — gebildet, werden ziemlich häufig in verschiedenen basischen *Eruptivgesteinen*, — *Tiefen-*, vielleicht auch *Gang-*, wahrscheinlich aber nicht Deckengesteinen, — mit *höchstens etwa 55—57 %  $\text{SiO}_2$*  angetroffen; fehlen aber vollständig oder sind jedenfalls nur äusserst spärlich vertreten in Granit und übrigen  $\text{SiO}_2$ -reichen Eruptivgesteinen.

2) Die Titan-Eisenerz-Aussonderungen treten in den *centralen* Gebieten der Eruptivfelder auf; sie sind somit nicht, — in ähnlicher Weise wie die meisten Lagerstätten des nickelhaltigen Magnetkieses, — als Grenzfaciesbildungen aufzufassen.

3) In unseren Erz-Aussonderungen finden wir wieder die zu dem *ersten* und *zweiten* Krystallisationsstadium gehörigen Mineralien (Titan-eisen oder Titanomagnetit, Kies, ein wenig Apatit, weiter die Magnesia-Eisen-Silikate Olivin, rhombischer und monosymmetrischer Pyroxen, Glimmer usw.) in mehr oder minder concentrirter Form; namentlich

sind die Eisenoxydminerale relativ am stärksten concentrirt worden. — Auf den verschiedenen *Durchgangsstufen* erhalten wir Gesteine, (z. B. Magnetit-Olivinit, Ilmenit-Norit, Ilmenit-Enstatit), die sich gleichzeitig durch Reichthum an Eisenerz und Eisen-Magnesia-Silikat auszeichnen; als *Endproduct* des Concentrationsprocesses dagegen resultiren reine Eisenerzmassen.

4) Insofern bisher bekannt, wird jede einzelne Eruptivtype, von constanter chemischen und mineralogischen Zusammensetzung, durch eine bestimmte, für sie eigenthümliche Erz-Aussonderung charakterisirt. Z. B. Labradorfels auf dem Durchgangsstadium durch Ilmenit-Norit und auf dem Endstadium durch reines Titaneisenerz; der süd-schwedische Olivinhyperit durch Magnetit-Olivinit und der süd-norwegische durch Ilmenit-Enstatit; Nephelinsyenit durch 1) Nephelin-Pyroxenit; 2) Magnetit- oder Ilmenit-Pyroxenit; 3) reines Titan-Eisenerz.

Die Combinationen

Ilmenit ( $\text{RTiO}_3 = \text{Metatitanat}$ ) + Hypersthen oder Enstatit, eventuell auch Augit ( $\text{RSiO}_3 = \text{Metasilikat}$ ), und

Titanomagnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot n\text{Fe}_2\text{TiO}_4$ , wo  $\text{Fe}_2\text{TiO}_4 = \text{Orthotitanat}$ ) + Olivin ( $\text{R}_2\text{SiO}_4 = \text{Orthosilikat}$ )

wiederholen sich oft und scheinen somit von gesetzmässiger Natur zu sein; sie lassen sich durch die chemischen Massenwirkungen zwischen  $\text{SiO}_2$  und  $\text{TiO}_2$  einerseits und  $(\text{Fe, Mg})\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  usw. andererseits erklären.

5) Der  $\text{TiO}_2$ -Gehalt des basischen Eruptivmagmas ging zu einem wesentlichen Theile in die Eisenoxyd-Verbindung, Titanomagnetit oder Titaneisen, bezw. Perowskit (dagegen nicht den »sauren« Titanit) des ersten Krystallisationsstadiums hinein; aus diesem Grunde werden die hier vorliegenden basischen Erz-Aussonderungen ohne Ausnahme durch einen beträchtlichen *Titangehalt* bezeichnet.

6) Auf dem Durchgangsstadium werden die Aussonderungen, wegen der Concentration des zu dem zweiten Krystallisationsstadiums gehörigen Magnesia-Eisen-Silikats, durch einen beträchtlichen *Magnesia-gehalt* charakterisirt (cfr. Analysen 2, b und c. S. 12; Analysen S. 35; Tabelle S. 132); in Uebereinstimmung hiermit ergibt sich, dass der Ilmenit des Ekersund'schen Eruptivfeldes, — der somit die  $\text{MgO}$ -reiche Zwischenstufe passirt hat, — sich durch eine auffallend reichliche Beimischung von  $\text{MgTiO}_3$  auszeichnet (cfr. Analysen S. 25—26). — Des hohen  $\text{MgO}$ - und mässig reichlichen  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehaltes, weiter der niedrigen Acidität wegen ist *Spinell* öfter individualisirt worden.

7) Zusammen mit den Eisenoxyden und der Titansäure des ersten Krystallisationsstadium wird auch das *Chromoxyd* und die *Vanadinsäure* des Magmas concentrirt (Chromspinell in Ilmenit-Norit und  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  in Ilmenit des Ekersund'schen Feldes nachgewiesen; Titan-Eisenerz des Olivingabbros zu Mesabi range mit nicht weniger als 2.40 %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ;  $\text{Va}_2\text{O}_5$  in Eisenerz von Taberg und Inglamåla nachgewiesen). Umgekehrt wird der — vorzugsweise in Silikatverbin-

dung gebundene — *Mangangehalt* des Magmas nur ganz schwach angereichert. — Minimale Mengen von Cu und Zn werden hier und da angetroffen; Ni, Co, Pb, As, Sb, Bi, Sn usw. fehlen dagegen absolut oder beinahe vollständig auf den Titan-Eisenerz-Concentrationen (über Ni, Co siehe sub 10).

8) Die *Phosphorsäure* des Magmas mag im allgemeinen durch Spaltung in Theilmagmata grossen Differentiationen unterworfen sein. Beispielsweise schwankt der  $P_2O_5$ -Gehalt in den verschiedenen, aus demselben ursprünglichen Magmabassin stammenden Eruptivgesteinen des Ekersund'schen Feldes zwischen 0.002 % in Labradorfels und über 2 % in den jüngst durchschneidenden Gängen; bedeutende Schwankungen werden ebenfalls in der Eruptivreihe des Kristiania-Gebiets angetroffen; die intratellurischen Aussonderungen des Nephelinites zu Oberwiesenthal zeichnen sich durch Reichthum an gelegentlich mehrere cm-langen Apatitkrystallen aus. An den — durch »Soret's principle« zu erklärenden — »Gängen mit basischen Grenzzonen« des Kristiania-Gebiets wird die Phosphorsäure in die basische Grenzzone concentrirt; in den Titan-Eisenerz-Aussonderungen dagegen ist im allgemeinen keine nennenswerthe Anreicherung der Phosphorsäure zu bemerken.

9) Auf den verschiedenen Concentrationsstadien wird die chemische Zusammensetzung der Theilmagmata und somit auch die chemischen Factoren der Mineralbildung oft so stark verändert, dass bei weiterer Concentration sich neue Mineralien — oder Mineral-Flüssigkeitsmoleküle — constituiren müssen, wodurch auch die Richtung des Concentrationsprocesses beeinflusst wird. Z. B.: Auf den Zwischenstufen bei unseren Titan-Eisenerz-Aussonderungen erhalten wir oft, wie schon früher bemerkt, die chemischen Bedingungen für die Individualisation des Spinells. Die Aussonderungen des Olivinhyperits des Taberg-Gebietes werden durch Olivin ( $Mg_2SiO_4$ ), diejenigen des Kragerö-Gebiets dagegen durch Enstatit ( $MgSiO_3$ ) charakterisirt; die Bildung des letzteren Minerals mag dadurch erklärt werden, dass der Aciditätsgrad unter einem gewissen Stadium der Concentration der Mg-Fe-Silikate, Olivin + Diabas, so hoch gestiegen ist, dass nicht mehr Mg-Ortho-, sondern Mg-Meta-Silikat sich individualisiren kann. Die centralen Partien der Glimmersyenite des Kristiania-Gebiets führen einen sauren Plagioklas + Orthoklas + Quarz, die basischen kersantitischen Grenzzonen dagegen einen basischen Plagioklas, ohne Orthoklas und Quarz; dieser Unterschied mag dadurch hervorgerufen werden, dass auf den wegen der Anreicherung von Magnetit, Glimmer usw. immer mehr und mehr basisch werdenden Zwischenstufen auch die sich individualisirenden Flüssigkeitsmoleküle des Plagioklases stets mehr und mehr basisch werden.

Diese *miniature*-Vorgänge mögen die *en-gros*-Spaltung zu Theilmagmata illustriren.

10) Die in Norwegen, Schweden, Canada (Ontario), daneben auch in Piemont usw. in sehr reichlicher Anzahl vorhandenen und nach einem beinahe constanten Schema entwickelten Lager-

stätten<sup>1</sup> von *nickelhaltigem Magnetkies*, mit etwas Schwefelkies, Kupferkies, gelegentlich Eisennickelkies, sehr oft daneben auch Titanisen, — aber nie Bleiglanz, Zinkblende, Antimonerze<sup>2</sup> usw., — die sich im Durchschnitt der ganzen Masse durch ein beinahe *constantes Verhältniss zwischen den Nickel-, Cobalt- und Kupfergehalten* auszeichnen (nämlich an 50—100 verschiedenen Gruben und Schürfen in Norwegen und Schweden 100 Fe zu etwa 4—12 Ni + Co, und 100 Ni zu etwa 8—20 Co. und 30—60 Cu), treten ebenfalls ausschliesslich in *basischen Eruptivgesteinen*, beinahe immer *Norit*<sup>3</sup> (oft *uralitisirt*), auf und sind durch einen *magnetischen Concentrationsprocess* zu erklären.

Wie an den Titan-Eisenerz-Lagerstätten etwas Titansäure und Chromoxyd in die Aussonderung aufgenommen ist, so begegnen wir bei den Kies-Concentrationen der Erscheinung, dass ein Theil oder der ganze Kupfer-, Nickel- und Cobalt-Gehalt des Magmas der *Verwandschaft zu Schwefel* wegen (cfr. Fournet's Reihe) in das ursprünglich in magmatischer Lösung sich befindende Sulphid hineingegangen ist. — (Dass die basischen Eruptivgesteine sehr oft ziemlich beträchtliche Gehalte von *Nickel*, wie auch von Cobalt und Kupfer, enthalten, ergibt sich daraus: 1) dass einige Hundert- oder Zehnthelle Procent Nickel sehr häufig in dem Mineral *Olivin* wie auch in dem durch Umbildung von basischen Eruptivgesteinen entstandenen *Serpentin* nachgewiesen worden sind; 2) dass die durch *Sekundärprocess* (»Lateralsecretion») gebildeten Gänge von *Garnierit*, *Nickelgymnit* und anderen wasserhaltigen Ni-Mg-Silikaten überall oder beinahe überall (z. B. in Neu-Caledonien, Oregon, Nord-Carolina, Texas, Schlesien, Ural) in *serpentinisirten* basischen Eruptivgesteinen auftreten; auf Neu-Caledonien ebenfalls bedeutende Mengen von Koboltmanganerz (*Asbolit*, ein Art *Wad*). Endlich mag auch hervorgehoben werden, 3) dass die neulich entdeckte terrestrische *Nickeleisenlegirung* Awaruit (2Ni: 1Fe, 67.93 % Ni, 0.70 % Co, 31.02 % Fe) auf New-Zealand in einem stark basischen Eruptivgestein — *Spinell*- und *Eunstatit*-führenden, oft *serpentinisirten* *Peridotit*, — heimisch ist.<sup>4</sup> Ebenfalls wird das bekannte, nach aller Wahrscheinlichkeit aus einem Basaltmagma durch

<sup>1</sup> Diese habe ich, nachdem die obige Darstellung der Titan-Eisenerz-Aussonderungen schon gedruckt war, einer näheren Untersuchung unterworfen (siehe Geol. Fören. Förh., Aprilheft 1892); um hier ein Gesamtbild der verschiedenen Gruppen der »Erz-Aussonderungen» der basischen Eruptivgesteine liefern zu können, wollen wir auch ein Resumé der Kies-Ausscheidungen mitnehmen.

<sup>2</sup> In den zahlreichen norwegischen Nickelgruben ist, soweit mir bekannt, nur ein einziges Mal und selbst da in verschwindender Menge, ein Arsenmineral, nämlich *Coboltglanz* angetroffen worden.

<sup>3</sup> Unter etwa 35—40 näher untersuchten Feldern von Nickel-Magnetkies in Norwegen und Schweden kommt 1 in *Olivindiabas* (Lundörren in Herjedalen), 1 oder 2 in *Gabbro* (des *Trondhjem*-Gebiets) und 2 in *Labradorfels* (zu *Ekersund*, siehe Fig. 5 und die Karte, Pl. 1) vor; der Rest in *Norit* und »*Gabbrodiorit*», »*uralitisirtem Norit* (vielleicht an einigen Stellen *uralitisirtem Gabbro*).

<sup>4</sup> G. H. F. ULRICH »On the discovery, mode of occurrence and distribution of the nickel-iron-alloy awaruite, on the West Coast of the South Island of New Zealand.» *Quart. Journ. of the Geol. Soc.* 1890.

Reduction<sup>1</sup> hervorgegangene, von NORDENSKIÖLD entdeckte grönländische Eisen durch kleine Ni-, Co- und Cu-Gehalte bezeichnet (100 Fe zu etwa 0.5—3 Ni; 100 Ni zu etwa 30—50 Co und 10—100 Cu, — somit ungefähr wie an den Nickel-Magnetkies-Lagerstätten); bekanntlich wird auch das Meteoreisen im allgemeinen durch Nickel charakterisirt). — Die in dem Magma wahrscheinlich vorhandenen kleinen Mengen von Pb, Zn, Sn, Sb usw. werden, wegen der geringeren Affinität zu Schwefel, nicht von dem Sulphid aufgenommen.

Der Nickel-Magnetkies, der in den Concentrations-Zwischenstufen mit den normalen Bestandtheilen des Eruptivgesteins, — namentlich mit den Mg-Fe-Silikaten, nämlich rhombischem und monosymmetrischem Pyroxen, Olivin, Glimmer, daneben auch mit Plagioklas, — vermischt ist, mag in den meisten Fällen als eine *Grenzfaciesbildung* (cfr. die Karten in Geol. Fören. Förh. B. 6, Pl. 30) des Eruptivgesteins (Norits) bezeichnet werden; diese Concentration zu dem Contacte lässt sich durch »Soret's principle« erklären.

In den basischen Eruptivgesteinen können wir somit zwei verschiedenartige, alle beide durch einen magmatischen Concentrationsprocess gebildete »Erz-Ausscheidungen« unterscheiden, — nämlich *oxydische* Aussonderungen, von *Titan-Eisenerz*, durch Gehalte von Titansäure, untergeordnet auch von Chromoxyd bezeichnet, und *sulphidische* Aussonderungen, von *Nickel-Magnetkies*, durch Gehalte von Nickel, Cobalt und Kupfer charakterisirt. Die genetische Analogie zwischen beiden ergibt sich daraus, dass die Lagerstätten von Nickel-Magnetkies, wie es bei den meisten norwegischen Gruben der Fall ist, sehr oft etwas *Titaneisen* enthalten; auch *örtlich* sind die zwei Typen gelegentlich vergesellschaftet (siehe Pl. 1 und Fig. 5).

11) Die oxydischen und sulphidischen *Erz-Concentrationsprocess*e wie auch die *en gros*-»Spaltungen« der eruptiven Magmata zu Theilmagmata lassen sich nicht durch mechanische Anhäufung von fest ausgeschiedenen Mineralien, auch nicht durch eine derartige Anhäufung mit nachfolgender Resorption, sondern nur durch einen *Diffusionsprocess*, — *Wanderung von Flüssigkeitsmoleculen*, — in dem noch völlig *schmelzflüssigen* Magma erklären.

12) Die magmatische Differentiation oder Diffusion mag im allgemeinen durch eine Reihe *physikalischer* Factoren hervorgerufen werden, unter denen wir auf dem jetzigen Standpuncte der Wissenschaft die folgenden andeuten können:

a. *Verschiedene Temperatur* in den verschiedenen Theilen der Schmelzlösung; auf Grundlage der von SORÉT ausgeführten experimentellen Untersuchungen über den Einfluss der Temperatur auf die *Salzvertheilung der wässerigen Lösung* und VANT HOFF'S theoretischer

<sup>1</sup> Durch Reduction mit Kohle, wie auch durch Metallaustausch von Oxyd zu Sulphid, wird Cu, Ni und Co relativ stärker als Fe in das erhaltene Product concentrirt, und zwar Cu am stärksten, dann Ni und zum Schluss Co. — Der auffallend hohe Ni-Gehalt des Awaruits mag mit dem sehr niedrigen Fe-Gehalte des Muttergesteins (nämlich bei 39.99 % SiO<sub>2</sub> nur 8.56 % FeO) in Verbindung gesetzt werden.



Deduction desselben Themas ergibt sich durch Analogie-Schluss, dass in einer Silikat-Schmelzlösung die Flüssigkeitsmoleculé der »aufgelöstens« — *zuerst auskrystallisirenden* — Verbindungen nach dem am niedrigsten abgekühlten Theil der Lösung diffundiren werden. Durch diesen Temperatur-Einfluss, dessen geologische Bedeutung zuerst von TEALL hervorgehoben worden ist (*Sorel's principles*), lassen sich die basischen Randzonen, wo sämmtliche zu dem *ersten* und *zweiten* Krystallisationsstadium gehörigen Mineralien angereichert sind, der »gemischten Gänge« und die sub 10 beschriebene Concentration von Nickel-Magnetkies an der Grenze erklären; ebenfalls hat BRÖGGER dadurch erklärt, dass die Eruptionsserie des Kristiania-Gebiets mit *basischen* Eruptionen eingeleitet wurde, auf welche immer mehr und mehr SiO<sub>2</sub>-reichere Glieder folgten (zum Schluss auf neue mehr basische, worüber sub b).

b. *Einfluss der Schwere*, indem — GOUY und CHAPERON'S theoretischer Entwicklung zufolge — die *speciphisch schwersten* »Salze« der Lösung durch die Schwere in der Richtung gegen das Centrum der Erde gezogen worden.

Durch die Wirkung dieser zwei Factoren werden in einem Magmabassin die *zuerst auskrystallisirenden* Verbindungen, also die basischen Elemente (darunter auch Phosphorsäure) sich gegen die *obere* Gränze (Abkühlungsfläche) concentriren; in den *centralen* Theilen werden die durch das Sinken der Temperatur hervorgerufene Kraft, welche *aufwärts* treibt, und die Schwerkraft, welche *abwärts* zieht, einander im Gleichgewicht halten; endlich erfolgt durch Einfluss der Schwere eine basische Concentration gegen die *untere* Gränze des Bassins. — Wo nur diese zwei Factoren sich geltend machen, wird die Reihenfolge bei einer Eruptionsserie diese sein: zuerst basische, darauf immer saurere, und schliesslich, — wie es nach BRÖGGER'S Untersuchungen auch factisk im Kristianiagebiet der Fall ist, — abermals basische Eruptionen.

c. *Magnetische Attraction* zwischen den *Flüssigkeitsmoleculén* der *Eisenoxydmineralien* und der *eisenhaltigen Silikate*, indem diese Moleküle nach Analogie mit wässriger Auflösung von Eisensalzen als *paramagnetisch* angesehen werden dürfen. Bei eintretender lokaler, *zufälliger* Anreicherung der magnetischen Verbindungen wird die Concentration in Folge der magnetischen *Attractionskraft* beständig weiter vorwärts schreiten.

Die in den centralen Gebieten der Eruptivfelder auftretenden Titan-Eisenerz-Concentrationen, Typus Ekersund-Taberg, können nicht durch Einwirkung der Temperatur erklärt werden, sondern müssen auf der moleculären Attraction oder auf dieser in Verbindung mit dem Einfluss der Schwere beruhen. Durch die magnetische Attraction erklärt sich insonderheit, dass speciell die Eisenoxydmineralien (Titanomagnetit, Titaneisen), welche in einem sehr frühen Stadium individualisirt werden, und welche sich gleichzeitig durch das relativ höchste speciphische Gewicht und den grössten Magnetismus charakterisiren, procentisch am stärksten concentrirt worden sind, und dass wir als

Endproduct des Concentrationsprocesses fast reines Eisenerz erhalten.

## II.

### Pneumatolytisch gebildete Eisenerze.

In der Einleitung wird eine Uebersicht (S. 62—66) der durch *Sublimations-Synthesen* dargestellten Mineralien, der *modernen vulkanischen Sublimationsproducte* und der wichtigsten in entsprechender Weise nach früheren *Eruptionen gebildeten Erzlagerstätten* (z. B. von Quecksilber, Typus Sulphur Banc; von Silber, Typus Comstock-Nagyag; von Zinnstein-Kupferkies und Kupferkies, Typus Erzgebirge-Cornwall-Thelemarken; von Apatit, Rutil, Typus Bamle) geliefert.

*Erzvorkommnisse, hauptsächlich von Magnetit und Eisenglanz, daneben untergeordnet Kupfer-, Zink-, Blei-Erzen, an der Grenze der postsilurischen Granite (Nordmarkit, Natrongranit Granitit) des Kristiania-Gebiets* (S. 66—96, cfr. Karte Pl. 2);

Diese Gruppe (siehe N. Jahrb. f. Min. 1886, I, S. 250) umfasst mindestens hundert, wahrscheinlich mehrere hunderte meist ziemlich kleine Erzvorkommnisse, die unbedingt als *Contactproducte der Granite* gegen die verschiedenen *prägranitischen* Gesteinsglieder (*Grundgebirge, Silur, Porphyrdecken*) aufgefasst werden müssen. Dies ergibt sich, wie schon früher von KEILHAU (1838) und KJERULF hervorgehoben, unzweifelhaft aus der folgenden Statistik: unter 104 näher untersuchten Gruben und Schürfen befinden sich:

I. 17 Lagerstätten innerhalb silurischer, von dem Granit eingeschlossener *Bruchstücke* (Fig. 10, 11);

II. 22 Lagerstätten genau an der *Grenze zwischen Granit und Silur* oder höchstens 10 m von der Grenze; das Erz immer in den silurischen Straten sitzend (Fig. 12, 13).

III. Weiter 48 Lagerstätten innerhalb der *silurischen Contactzone*, — hier beliebig auf den verschiedenen silurischen Etagen, von 2 bis 8, zerstreut, — die meisten etwa  $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{2}$  km von der Granitgrenze, einzelne jedoch in einer Entfernung von 1— $1\frac{1}{2}$  km; noch weiter von der Granitgrenze begegnen wir in dem ganzen Silur, einige spärliche an Diabasgänge gebundene Bleiglanz-Zinkblende-Vorkommnisse ausgenommen, überhaupt keiner Spur von Erz.

IV. In Gneis höchstens 10 Gänge, der Contactgruppe angehörend.

V. In dem Lokalfeld Alunsjö-Grorud auch viele Erzgänge in Augitporphyrit, in der Nähe der Granitgrenze und zum Theil an *Apophysen des Granits* gebunden (Fig. 16).

Die in den relativ leicht zu *spaltenden* silurischen Schiefen aufsetzenden Erze folgen in den meisten Fällen, als *»fallbandförmige Lagergänge«*, der Schieferung entlang (Fig. 7, 8, 10, 12, 13); von

dieser Regel giebt es jedoch mehrere Ausnahmen (Fig. 9, 14). Die hiesigen silurischen Erze sind oft von Apophysen (Gängen von Quarzporphyr, Grorudit, Natrongranit, Akmitgranit usw.) des angrenzenden Granitmassivs durchsetzt (Fig. 7); die Erze sind somit *während* oder *unmittelbar nach der Eruption des Granits* gebildet. — Die an und für sich wegen der Nähe des Granits contactmetamorphosirten silurischen Schiefer und Kalksteine sind immer in der unmittelbaren Umgebung der Erzader *in ganz exceptionell hohem Grade contactmetamorphosirt*, (Fig. 14, 15), und zwar haben sie überall die *normale* Contactmetamorphose (Neubildung von Granat, Vesuvian, Skapolith, Glimmer, Pyroxen, Hornblende, Epidot, Plagioklas, Chistolith usw.) erlitten. Die Stoffzufuhr ist somit auf die *eigentlichen Erze* und auf den sehr oft, mehrmals auch sehr reichlich begleitenden *Flussspath* beschränkt gewesen; ein Borsäuremineral, *Azinitt*, wurde nur ein einziges mal angetroffen; ebenfalls wurde auch einmal *Helvin*, mit Flussspath vergesellschaftet, gefunden. — Die Erze sind *nicht* vorzugsweise in die Kalksteine der Silurformation abgesetzt worden; eher möchte das umgekehrte der Fall sein. Die von B. LOTTI für die Elbaner- und Toscaner-Eisenerze entwickelte Erklärung (chemisch-moleculäre Ersetzung der Kalksteine durch Erzmateriel, in genetischer Beziehung mit Eruption von Feldspathgesteinen; siehe Geol. Fören. Förh. B. 13, S. 599—603) kann somit für die Granitcontacterze des Kristiania-Gebiets keine Geltung finden.

Aus den obigen Gründen, — Bildung der Erze *während* oder *unmittelbar nach* den *Graniteruptionen*; Absetzung der Erze von dem *Nebengestein unabhängig*; eine *potensirte Contactmetamorphose* den Erzkanälen entlang; das Erz von *Flussspath* begleitet, — ergibt sich, dass die Erze durch *pneumatolytische* Prozesse gebildet sind, und dass die »Metaldämpfe« (Fluorid, Chlorid usw.), in ähnlicher Weise wie die Wasserdämpfe, auf denen die Contactmetamorphose wenigstens zum Theil beruht, ursprünglich in dem Granitmagma *aufgelöst* waren. Hierdurch lässt sich auch erklären, a) dass die in dem Granitbade eingeschlossenen Sillur-Bruckstücke *äusserst oft* mit Erz impregnirt sind, und dass die Erze nur in dem Schiefer, nicht dabei auch in dem angrenzenden Granit abgesetzt sind (Fig. 10—13); b) dass die Granite, namentlich wo sie mit den relativ leicht zu spaltenden silurischen Schiefer zusammentreffen, sich mit Erzvorkommnissen in reichlicher Menge und in beinahe *continuirlicher Reihe* umgeben. Die verschiedenen Lagerstätten jedes einzelnen der lokalen Erzfelder zeichnen sich durch eine *bestimmte Mineral- oder Metallcombination* aus; — in den meisten Feldern ganz überwiegend Fe; in anderen Fe und Cu mit etwas Bi, Sb, Ni usw.; wiederum in anderen Zn und Fe mit etwas Cu, Pb, Ag usw.; — diese Gesetzmässigkeit mag vielleicht auch dadurch verursacht sein, dass untergeordnete lokale Unregelmässigkeiten in der Zusammensetzung der in dem Granitmagma aufgelösten Metaldämpfe durch *Diffusion* ausgeglichen wurden.

Fig. 16 und 17 illustirt die Bildung von *Erzgängen* an den *Grenzflächen* zwischen einem *Eruptivgang* (Granophyr) und dem um-

gebenden Gestein (Augitporphyr); diese Erscheinung, die auch mehrmals sonst (z. B. Hisö, Geol. Fören. Förh. B. 8, Pl. 2, und an mehreren Lokalitäten in Thelemarken, *cf.* »Norske Ertsforekomster», III, b, Fig. 52, 53, — daneben auch III, Fig. 21, 22) beobachtet worden ist, und die somit von genereller Natur ist, lässt sich nur dadurch erklären, dass die empordringenden Erzlösungen es am leichtesten hatten sich einem Weg zu bahnen längs den verhältnissmässig offenen Grenzflächen zwischen den Gebirgsgängen und dem Gestein zur Seite.

Die *Exhalationsproducte der verschiedenen Eruptionsglieder des Kristiania-Gebiets* wollen wir kurz zusammenfassen:

Die *Nephelein- und Augitsyenite* (2te Eruptionsreihe) sind (nach BRÖGGER) in dem Grenzfaciesstadium durch seltene *Fl-, B- und Fl-B-Mineralien* (z. B. Melinophan, Hambergit, Tritomit), mit spärlicher Beimischung von einigen Sulphiderzen begleitet; die Mineralien auf pegmatitischen Gängen auftretend.

Die drei *granitischen* Gleider (4te, 5te und 6te Eruptionsreihe; Nordmarkit, Natrongranit und Granitit) umgeben sich hauptsächlich mit *Eisenerzen*, untergeordnet auch Kupfererz, Zinkblende, Bleiglanz usw., dabei Flusspath, ganz ausnahmsweise auch Axinit und Helvin.

In ganz entsprechender Weise sind die *Diabasgänge* (letzte Eruptionsreihe) von *Bleiglanz, Zinkblende, Flusspath* (Typus Konerud; S. 96—98; N. Jahrb. f. Min. 1886, I, S. 251) begleitet.

*Uebersicht über die wichtigsten an Granit durch pneumatolytische Prozesse gebundenen Mineral-Neubildungen* (S. 98—114).

— Die bekannten *Zinnsteingänge*, die durch *Sn, Si, Fl, Cl, B, P, S* mit *W, Cu, As, Bi, Li, Be*, untergeordnet *Mo, U, Nb, Ta, Ti, Zr* charakterisirt werden, — während umgekehrt *Pb, Zn, Sb, Hg, Ag, Ni, Co, Mn, Cr* beinahe immer fehlen, — und die sich hauptsächlich durch die *pneumatolytische Metamorphose des Nebengesteins* (zu *Granit-Greisen, Gneis-Greisen, Glimmerfels, Quarzfels, Zinnsteinfels, Zwitnergestein, Luxullianit, Turmalinfels, Turmalinschiefer, Topasfels*) auszeichnen, sind mit ganz vereinzelt stehenden Ausnahmen als *endomorphe* und *exomorphe Contacterscheinungen der Graniteruptionen* zu bezeichnen. Die hiergehörigen Gänge sind über die ganze Welt verbreitet; die reichsten und wichtigsten Zinngranit-Felder sind jedoch auf eine enorme Zone, von Siam-Malakka, Bangka-Bilitong über »The Northern Territory» (bei dem Carpentaria-Busen) bis zu den südost- und süd-australischen Colonien, Queensland, New South Wales, Victoria und Tasmania, beschränkt.

Theil aus den oben angeführten Gründen und theils aus der namentlich durch die Elemente *Fl, B, P, As, S* charakterisirten Metallcombination, — zum Theil auch, weil einige der Zinngang-Mineralien, Zinnstein, Topas, Turmalin, gelegentlich, obwohl selten, als *primäre Bestandtheile*<sup>1</sup> des Granits und der Granitgänge angetroffen werden, — ergibt sich, wie schon in den Vierzigerjahren von ELIE DE

<sup>1</sup> Dies nicht mit der sekundären *Greisen-Umwandlung* zu verwechseln.

BEAUMONT und DAUBRÉE hervorgehoben, dass die Zinnsteingänge durch *pneumatolytische*, mit *Granitruptionen* in Verbindung stehende Prozesse gebildet worden sind. Aus den oft wahrzunehmenden pseudomorphen Umbildungen der Granitmineralien, — z. B. Feldspath zu Zinnstein, Feldspath zu Turmalin, Quarz zu Topas, — folgt, dass die Exhalationen im allgemeinen erst *nach der Beendigung der KrySTALLISATION* des Granits statt fanden. Von dieser Regel giebt es jedoch mehrere Ausnahmen; beispielsweise sei erwähnt, dass die Bildung der Erze (Eisenerze) an den Kristiania-Graniten vor sich ging, ehe das Magma erstarrte.

Auch die *sauren Ergussgesteine*, Liparit und Trachyt, sind gelegentlich, obwohl selten, von entsprechenden Emanationsproducten begleitet (z. B. Zinnstein, Topas, Flusspath usw. bei Durango, Mexico, in Trachyt oder Liparit; Wolframit bei Felsöbanya, Ungarn, in Trachyt; Topas in Lithophysen in Rhyolit, Colorado). Ein vereinzelt stehende Angabe über analoge Bildungen — von Zinnstein, Topas, Flusspath, Apatit — nach Basalterruptionen, in Nord-Carolina, Nordamerika, dürfte vielleicht ein Bestätigung verlangen.

Die normalen, an Granit gebundenen Zinnsteingänge zeichnen sich oft durch einen beträchtlichen Gehalt von *Kupfererzen* aus; sie gehen auch an mehreren Stellen, gesetzmässig und schrittweise, zuerst in *Zinnstein-Kupferkies-* und später in *Kupfererz-Gänge* über (z. B. Seiffen in Erzgebirge; Redruth, Gwennap usw. in Cornwall). Als den Endpunct dieser Uebergangsreihe erhalten wir *Kupfererz-Gangformationen* (z. B. Thelemarken; ohne Spur von Zinnstein, dagegen oft Bi, As, untergeordnet Pb, Zn, Ag, Au, — mit Quarz, Flusspath, Turmalin, Apatit, Beryl; siehe N. Jahrb. f. Min. 1886, I, S. 251; 1889, II, S. 98), die an *Granit* geknüpft sind, und die sich, genau wie die Zinnsteingänge, durch die *pneumatolytische Greisen-Umbildung des Nebengesteins* charakterisiren. Die Combination *Kupferkies + Turmalin* ist auch mehrmals beobachtet worden (z. B. Svartdal in Thelemarken, mit Wismuthglanz und gediegenem Gold; Tamaya in Chili). — Die Classifikationsgruppe *»filons stannifères»* der französischen Geologen (BEAUMONT, DAUBRÉE) muss somit auch auf die *Kupfererzgänge*, Typus Thelemarken, ausgedehnt werden; eine scharfe Grenze gegen *»filons plombifères ou sulfurés»* lässt sich jedoch nicht ziehen.

Auch Mineralgänge, die kurz als *»Zinnsteingänge ohne Zinnstein»* (cfr. DAUBRÉE's Darstellung) bezeichnet werden können, sind sehr oft in den Graniten und in den Granitcontactzonen wahrzunehmen; beispielsweise mag auf die mit Bormineralien, — Turmalin, Axinit, Datolith, Danburit, — gefüllten Spalten innerhalb der Granitmassive oder in der Nähe derselben hingewiesen werden; weiter auf die Kryolith-Gänge zu Ivigtut in Grönland und Pike's Peak in Colorado (Combination Kryolith, Flusspath, Columbit, zu Ivigtut auch Zinnstein, Wolframit usw.). Ebenfalls enthalten auch die *Granitpegmatitgänge* (cfr. DAUBRÉE, BRÖGGER) sehr oft pneumatolytisch gebildete Mineralien (z. B. Zinnstein, Wolframit, Columbit, Topas, Beryl, Turmalin, Phosphate usw.)

Die den Graniteruptionen begleitenden Exhalationsproducte zeigen uns somit ein buntes Bild, — Beispiel Zinnstein + Topas, Eisenglanz + Flussspath, Kupferkies + Turmalin, Columbit + Kryolith; — jedoch sind die verschiedenen äusseren Glieder durch zahlreiche mineralogische *Uebergänge* mit einander verknüpft.

Eisenerze und eisenreiche Mineralien sind in der »Zinngang-Gruppe«, in der weitesten Ausdehnung des Begriffs, ziemlich stark verbreitet; eigentliche Eisenerzlagerstätten, — Lagerstätten mit überwiegend viel Fe und ganz wenig Sn, Cu, As, Bi, S usw., — sind jedoch im grossen ganzen nur ausnahmsweise durch pneumatolytische Prozesse, an Graniteruptionen gebunden, gebildet worden. Ein sehr lehrreiches Beispiel liefern uns die Granit-Contactvorkommnisse des Kristiania-Gebiets; vielleicht ist hiermit auch Pittkäranta in Finnland (Eisenerz, Zinnstein + Kupferkies) zu vergleichen.

*Eisenerze durch pneumatolytische Prozesse an Gabbro (Olivinhyperit) gebunden; Eisenglanz-Albit-Gänge auf Langö, der »Apatitgang-Gruppe« angehörig.* (S. 114—127). — An den im südlichen Norwegen in dem Kragerö-Arendal-District viel verbreiteten Apatit- oder Apatit-Magnetkies-Rutil-Titaneisen-Eisenglanz-Gängen, — die durch *pneumatolytische Prozesse nach Eruption von Olivinhyperit* erklärt werden müssen, und die sich durch die bekannte *pneumatolytische Metamorphose des Nebengesteins zu Skapolith-Hornblende-Fels* (»Skapolithisation«) auszeichnen, — begegnen wir, wie an der »Zinngang-Gruppe«, einer starken Schwankung in Bezug auf das gegenseitige Verhältniss der charakterisirenden Mineralien. Einige Gänge führen beinahe ausschliesslich Apatit; — andere beinahe ausschliesslich Kjerulfın; — wiederum andere Apatit mit etwas Magnetkies, Rutil, Titaneisen usw.; — wiederum Magnetkies, mit Kupferkies, und Apatit in mittleren Relationen; — überwiegend Magnetkies, nebst wenig oder gar keinem Apatit; — Rutil und Apatit in mittleren Relationen, gelegentlich Rutil überwiegend; — Magnetkies und Rutil, lokal ohne Apatit; — endlich auch Apatit und Eisenglanz (nebst Turmalin usw.). A priori ist somit auch das äussere Glied, Eisenglanz allein oder mit ziemlich wenig Apatit, Rutil usw. vermischt, zu erwarten.

Auf Langö und Gomö (nahe Kragerö) begegnen wir einer bedeutenden Anzahl zum Theil sehr mächtiger *Eisenglanz-Albit-Gänge*,<sup>1</sup> die zwar im allgemeinen als *Brecciegänge*, entsprechend den Clausthaller »Ringelers-Gängen, entwickelt sind: um die Bruchstücke herum ist zuerst Albit, später Eisenglanz ausgeschieden worden; die Zwischenräume sind am öftesten zum Schluss mit Kalkspath, Quarz usw. gefüllt (Fig. 17). Der Eisenglanz erscheint in tafelförmigen, gelegentlich sehr grossen Krystallen (Fig. 18), mit Flächen OP,  $\infty P_2$ ,  $\infty R$ ,  $\frac{1}{4}R$ ,  $\frac{1}{2}R$ ,  $\div^5 \frac{1}{3}R$ ,  $\div^5 \frac{1}{2}R$ ,  $\div 4R$  (darunter die drei letzteren nicht früher beobachtet); der Albit aus den Langö Eisenglanz-Albit-Gängen ist

<sup>1</sup> Diese an Eisenerz ziemlich armen Gänge sind nicht mit den wichtigen Eisenerzlager auf Langö (Grevinde Wedel-Frau Anker) zu verwechseln.

nach demselben Typus (Fig. 19) wie dasselbe Mineral aus den im Kirchspiel Snarum vertretenen Apatit-Albit-Gängen entwickelt.

Die Langö Eisenglanz-Albit-Gänge treten zum Theil in einem *Skapolith-Hornblende-Schiefer* (Fig. 20 a & b) auf, der — entsprechend dem bekannten Skapolith-Hornblende-Fels, — nicht als eine primäre, sondern als eine *sekundäre*, durch die *Skapolitisations-Metamorphose* entstandene Bildung aufgefasst werden muss. Ebenfalls hat auch der Olivinhyperit auf Langö und Gomö mehrmals, hauptsächlich oder ausschliesslich in dem Grenzfaciesstadium, eine anfangende Skapolitisation erlitten.

Aus der Analogie einerseits mit den von DAUBRÉE durch Pneumatolyse erklärten *alpinen »filons titanifères*, andererseits mit den südnorwegischen *Apatit-Albit-* und *Apatit-Eisenglanz-Gängen* (bezw. Snarum und Hiås) ergibt sich, dass auch unsere Langö-Gänge als *pneumatolytische Producte* aufgefasst werden müssen.

Die sehr zahlreichen Gänge sind auf die unmittelbare Umgebung (Entfernung 30 m bis etwa  $\frac{3}{4}$ —1 km) der *Olivinhyperitfelder* auf Langö und Gomö beschränkt; — dieser Olivinhyperit entspricht *petrographisch* vollkommen den vielen übrigen, von den *normalen Apatit-Rutil-Gängen* begleiteten Olivinhyperiten der Kragerö-Arendal-Küste; — beinahe *sämmtliche* Olivinhyperite des Districts werden von pneumatolytischen Gangbildungen umgeben; auf Langö und Gomö giebt die mehrfach, zum Theil im Nebengestein unserer Gänge nachgewiesene Skapolitisation kund, dass auch hier pneumatolytische Prozesse statt gefunden haben; — theils aus diesen Gründen und theils wegen der Analogie mit den Apatit-Eisenglanz- und mit den Apatit-Albit-Gängen dürfen wir unsere Langö-Gänge als eine *specielle Faciesbildung der geologischen »Apatitgang-Gruppe* auffassen. — Dieser Schluss wird auch dadurch bestätigt, dass die Eisenglanz-Albit-Gänge gelegentlich Krystalle von *Apatit*, *Rutil* und *Hornblende* führen, und dass der Eisenglanz selber etwas *Titan* ( $\text{FeTiO}_3$ ) enthält, wodurch die Ähnlichkeit mit den normalen, durch Titanmineralien (Rutil, Titanisen, Titanit, Pseudobrookit) charakterisirten Apatitgängen vermittelt wird.

Mit Ausnahme der zwei in dieser Abhandlung beschriebenen Erzfelder, — nämlich die Kristiania Granitecontact-Lagerstätten und die Langö Eisenglanz-Albit-Gänge, die alle beide in practischer Beziehung von geringem oder keinem Werthe sind, — kennt man bisher in Norwegen und Schweden keine Eisenerze, die sich mit Sicherheit durch pneumatolytische Prozesse erklären lassen; auch sonst in der Welt scheint diese Gruppe sehr spärlich vertreten zu sein. Apriori muss erwartet werden, dass die aus »Solphatar-Processen« hervorgegangenen Eisenerze, — wie es auch in der That mit den Erzen des Kristiania-Gebiets der Fall ist, — sich durch einen ziemlich beträchtlichen *Schwefelgehalt* auszeichnen.

---

Aftryck ur Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar. Bd 13 och 14.

---

Stockholm 1892. Kungl. Boktryckeriet. P. A. Norstedt & Söner.

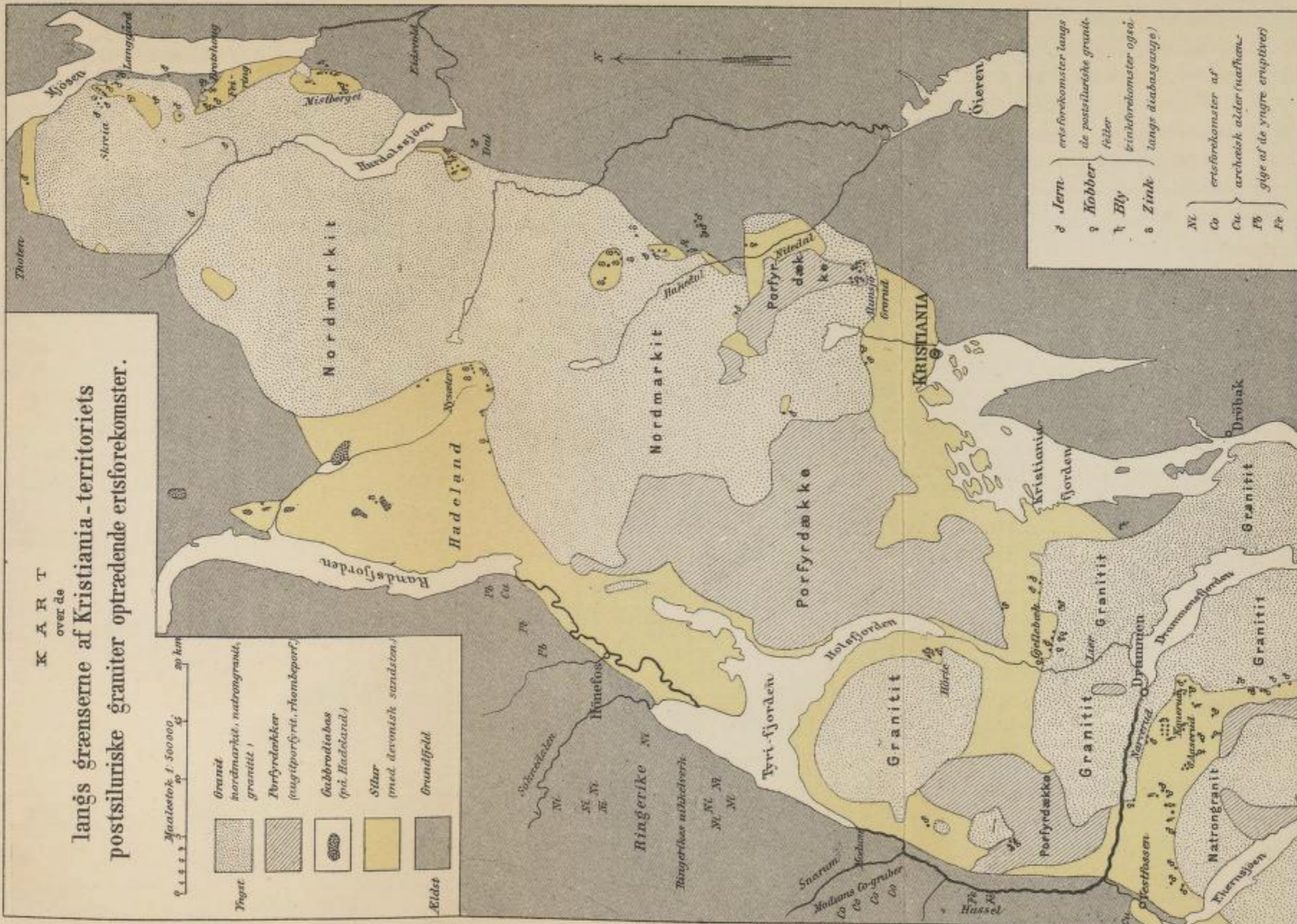


K A R T  
OVER DE

langs grænserne af Kristiania-territoriets  
postsiluriske graniter optrædende ertsforekomster.

Maalstok 1:500 000  
0 10 20 km

	Granit (nordmarkit, nordmarkit, granitit)
	Porfyrdække (søgtporfyrit, rhombeporf.)
	Gabbrodiabas (på Hadeland)
	Siltar (med devonisk sandsten)
	Grundfjeld



δ	Jern	ertsforekomster langs de postsiluriske grund- felter er indeholdende også langs diabasgange)
ρ	Kobber	
γ	Bly	
z	Zink	
Ni	ertsforekomster af archaisk alder (uaftømt- gige af de yngre eruptiver)	
Co		
Cu		
Pb		
Fe		