BIJDRAGE TOT DE GEOLOGIE DER BERGAMASKER ALPEN, No. 9.

MINERAGRAPHISCH ONDERZOEK DER LOOD-ZINKERTSEN UIT DE BERGAMASKER ALPEN

DOOR

G. L. HOFSTEENGE.

INHOUD.

I. Inleiding 60
II. Historisch overzicht van den Mijnbouw in de Bergamasker Alpen 60
III. Topografisch overzicht 63
IV. Stratigrafisch overzicht 64
V. Beschrijving en voorkomen der ertsmineralen 66
VI. Conclusies getrokken uit het mineragraphisch onderzoek der Bergamasker ertsen 74
VII. Vergelijking der Bergamasker ertsen met die der Oost Alpen 75
VIII. Genese der ertsen 76

Literatuurlijst 77
Verklaring der afbeeldingen van Fig. 5 77

I. INLEIDING.

In deze publicatie zal het mineragraphisch onderzoek der loodzinkertsen met hunne eventueele begeleiders bariet en fluoriet uit het Ladinien der Bergamasker Alpen behandeld worden. Na een historisch overzicht van den mijnbouw, die in deze streken reeds aan het begin onzer jaartelling uitgeoefend werd, zal een korte samenvatting der topographie en stratigraphie volgen, waarna de resultaten van het microscopisch onderzoek volgens de methode SCHNEIDERHÖHN een plaats zullen vinden.

Het onderzochte materiaal is bijeengebracht door de heeren BEYERINCK en VISSER en door schrijver dezes, gedurende den tijd dat zij voor geologische kaarteeringswerkzaamheden in de Bergamasker Alpen vertoefden. Het materiaal is afkomstig uit de mijncentra gelegen in het gebied tusschen den Brembo en den Serio. In zijn „La géologie de la vallée du Brembo et de ses affluents entre Lenna et San Pellegrino'' (Lit. 2) heeft schrijver dezes reeds uitvoerig de stratigraphie en de topographie van de Valle Brembana beschreven, zoodat met een korte samenvatting der stratigraphie en der topographie volstaan kan worden. Hoewel BEYERINCK binnen korten tijd een geologische studie van het centraal gelegen gebied het licht hoopt te laten zien, was hij toch zoo vriendelijk mij eenige stratigraphische gegevens te verstrekken, die in de samenvatting verwerkt werden.

De voor het onderzoek benoodigde polijstvlakjes werden in het Museum van Geologie en Mineralogie te Leiden vervaardigd en tevens aldaar ondergebracht.

Behalve aan de heeren M. W. BEYERINCK en P. VISSER, die mij hun materiaal ter bewerking afstonden, ben ik grooten dank verschuldigd aan Ir. G. C. SCHOUTEN, hoofdassistent aan het Instituut voor Mijnbouw te Delft, die zoo goed was mij tijdens de bewerking der polijstvlakjes van zijn groote ervaring op dit gebied te laten profiteeren.

II. HISTORISCH OVERZICHT VAN DEN MIJNBOUW IN DE BERGAMASKER ALPEN.

Dank zij de groote bereidwilligheid van Sac. Prof. ENRICO CAFFI, directeur van het Museo Civico di Storia Naturale, die mij de benoodigde gegevens verstrekte, is het mij mogelijk hier een en ander over de uitoefening van den mijnbouw in de grijze oudheid mede te deelen.

De ontginning der *zink*mijnen dateert reeds uit de tijden der Romeinsche keizers, en werd, naar de overlevering zegt, uitgevoerd door krijgsgevangenen. De volgende citaten van PLINIUS duiden op dezen mijnbouw: „Aes fit et e lapide aeroso, quem vocant cadmiam. Celebritas in Asia et quondam in Campania, nunc in Bergomaticum agro, extrema parte Italiae." (Hist. Nat. Lib. XXXIV, cap. 1). Met „aes" bedoelt PLINIUS de metalen koper en zink. In Hist. Nat. Lib. XXXIV, cap. 2 zegt PLINIUS o.a.: „Hoc (aes) a Laviano cadmiam maxime sorbet et aurichalchi bonitatem imitatur in sestertiis dupondiariisque". MOMMSEN zegt ook dat de sestertiën en dupondiariën geldstukken van messing (koper en zink) waren. Zooals blijkt uit zijn citaat: „Aes fir et e lapide aeroso, ipse lapis, ex quo fit aes, cadmia vocatur" (Lib. XXXIV, cap. 1), bedoelt PLINIUS met cadmia de zinkertsen (smithsoniet, calamien enz.). Dat de ertsen in ovens verwerkt werden is te vinden in zijn aanhaling: „Cadmia... in fornacibus existit aliamque nominis sui originem recipit. Fit egesta flammis atque flatio tenuissima parte materiae et cameris lateribusve fornacium pro quantitate levitatis applicata" (cap. 10). De geneeskundige werking van het zink was ook reeds bekend. „Cadmiae effectus siccare, persanare, sistere fluxiones, pterygia et sordes oculorem purgare, scabritiem extenuare" (cap. 10).

Uit deze aanhalingen blijkt dus, dat de zinkmijnbouw reeds in het begin onzer jaartelling in N. Italië werd uitgeoefend. Waar de mijnen der Romeinen precies waren gelegen is niet bekend, daar de sporen van hun arbeid werden uitgewischt door de Toskaners, vooral uit de omstreken van Pisa, die in de Middeleeuwen een vrij intensieven mijnbouw bedreven. Dergelijke oude mijnputten uit de vroege Middeleeuwen, die, daar het kruit nog niet bekend was, alle door middel van het houweel in de kalksteen werden uitgehakt, en dus van kleine afmetingen waren (30 × 40 cm), zijn ontdekt bij San Pietro d'Orzio, Vaccareggio (Valle Brembana) en Costa Jels (Valle Seriana). In het gebied van Costa Jels werden eenige terra-cotta en metalen lantaarnen uit deze periode gevonden.

In de XVIIe eeuw werd waarschijnlijk eenige mijnbouw uitgeoefend, doch documenten hierover ontbreken ten eenen male.

Wat het mijnbouwbedrijf der XVIIIe eeuw betreft, vermeldt MAIRONI DA PONTE, de groote Italiaansche natuurhistoricus, den aanleg van een galerij in het gebied van Vaccareggio, omstreeks 1740. Als bijzonderheid vermeldt deze auteur, dat men in den aanvang vermoedde goud gevonden te hebben. Het bleek hem echter weldra dat men te doen had met pyriet en chalcopyriet. MAIRONI DA PONTE schrijft verder, dat in de Valle Brembana en in de Valle di Scalve (in het Presolanagebied) sporen van galeniet en sfaleriet voorkomen.

De groote ontwikkeling der zinkertsexploitatie begon eerst omstreeks 1876, tengevolge van de onderzoekingen van den ingenieur SIGNORILE (1860) en den advocaat SILEONI (1868), gedaan voor rekening van de bankiers MAZZONI en GARNIER. Deze onderzoekingen werden voortgezet door den Engelschen ingenieur RICHARDSON. In 1876 werd de exploitatie ter hand genomen onder auspiciën van den Engelschman GIBSON en de bankiers MODIGLIANI uit Livorno. Onder hun leiding werden ontgonnen

de mijnen van Trevasco, Monte Arera, Vaccareggio, Dossena en San Pietro d'Orzio. Deze mijnen gingen in 1882 over in handen der Banca Romana en in 1888 in die der English Crown Spelter Company. In 1885 ontdekten REINACH en BOTTICELLI de zinkertsen in de gemeente Cespedosio. Deze mijnen werden in 1891 ontgonnen door de Soc. Austro-Belga. De mijnen van Corna Rossa, gelegen ten N. van die van Cespedosio, werden in 1891 ontdekt door den ingenieur DRUETTI. In 1904 gingen deze over aan de Societa Orobica di Lecco, maar werden spoedig door deze exploitanten verlaten. De Belgische maatschappij „La Vieille Montagne" verkreeg in 1877 exploratievergunning en concessie, en absorbeerde geleidelijk vrijwel alle bestaande ondernemingen der Valle Seriana, die vooral gedurende den wereldoorlog tot grooten bloei geraakten en duizenden menschen werk verschaften. Na den oorlog liep de zinkprijs geleidelijk terug, zoodat de exploitatie niet meer loonend bleek te zijn. In 1932 zag men zich gedwongen de werkzaamheden te staken. De zinkmijnen der Valle Brembana bleven in handen der Societa Mineraria Prealpina, maar zijn ook sinds geruimen tijd gesloten.

Galeniet. De ontginning van het loodglans is eveneens reeds van zeer ouden datum en het is zeer waarschijnlijk, dat het den eersten exploitanten om het *zilver* te doen was, dat in den vorm van kleine insluitsels in de galeniet voorkomt. De galenietwinning had vooral plaats in de Valle del Riso, in het stroomgebied van den Serio, zooals men uit oude documenten en talrijke kleine mijnputten heeft opgemaakt. Over oude galenietmijnen van de Valle Brembana bestaan geen documenten. Het oudste document, vermeld door MARIO LUPO, is een stuk uit 1008 van HENDRIK I, waaruit het bestaan der zilverhoudende galenietgroeven blijkt. In 1078 verkrijgt LANDOLFO, priester te Bergamo, voor den bisschop ARNOLFO, van Otta, de weduwe van ALBERICO DA MARTINENGO „vene argenti quae sunt in mintibus de valle Ardexie, de ipse villa Ardexie in supra". Dergelijke zinsneden, waaruit blijkt, dat omstreeks het jaar 1000 reeds het zilver gewonnen werd, treft men ook aan in de correspondentie, gevoerd in 1080 tusschen OTTO en GUALA DA MARTINENGO en OLRICO, onderdiaken der kerk in Bergamo. Over den mijnbouw uit de XIIIe eeuw bestaan voorts documenten uit de jaren 1214, 1227, 1235, 1242, 1243, 1245, 1248, 1249, 1254 en 1258.

Behalve in de Valle Seriana heeft in de XIIe eeuw ook in de Valle di Scalve (Presolanagebied) loodglansontginning plaats gehad. Men weet nl. dat de bewoners gedurende de overheersching van FREDERIK BARBAROSSA gedwongen werden zilver uit hun mijnen naar Bergamo te sturen. Bij een acte van 2 Nov. 1222 stond GIOVANNI TORNIELLI, bisschop van Bergamo het recht van ontginning in de Valle di Scalve af aan de familie CAPITANI, waarbij haar verleend werden „omnes honores et jura argenti et fodinarem". Haar exploitatie was slechts van korten duur, gezien de geringe hoeveelheid erts en de concurrentie der naburige mijnen van Ardesio.

III. TOPOGRAPHISCH OVERZICHT. (Zie kaartje fig. 1).

De zink-loodmijnen, waaruit het onderzochte materiaal afkomstig is, bevinden zich in het sedimentaire gebied, gelegen tusschen de rivieren Brembo en Serio, in de provincie Bergamo. Deze rivieren ontspringen op den bergkam, die het Val Tellina in het Zuiden begrenst, en stroomen in de Adda. In het noordelijk gedeelte van het stroomgebied liggen vooral kristallijne en palaeozoische sedimenten aan de oppervlakte. Ter hoogte van Piazza Brembana ongeveer komen de Triassedimenten aan de oppervlakte. Daar de lagen in het algemeen naar het Z.W. hellen,

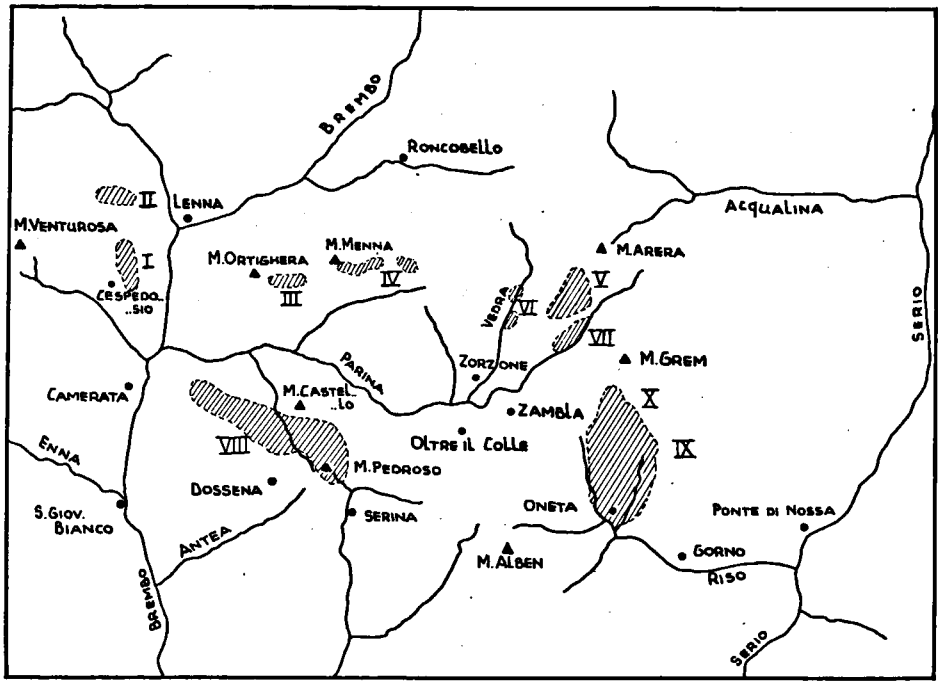

Fig. 1.

Overzicht van de mijnbouwcentra in het gebied tusschen Brembo en Serio.
Schaal 1: 200.000.

en de Brembo ongeveer in de richting N.Z. stroomt, komen in het dal van deze rivier naar het Z. gaande steeds jongere sedimenten aan de oppervlakte. Achtereenvolgens doorsnijdt de Brembo de lagen van het Anisien, Ladinien en Carnien. De bovenste lagen van het Ladinien nu bevatten locaal groote hoeveelheden lood-zinkertsen, en doen zich in de provincie Bergamo aan de oppervlakte voor als een ongeveer O.W. verloopende zone van ± 35 km lengte, gelegen tusschen de Monte Venturosa en den top van het Presolanagebergte. In dit gebied liggen

op talrijke plaatsen meer of minder belangrijke mijnbouwcentra. Ter nadere oriëntatie diene het volgende.

Op den rechteroever van den Brembo, eenige km ten Z. van Lenna, bij het dorp Cespedosio, bevinden zich de mijnen van Cespedosio (I), ten Westen die van Corna Rossa (II). Noordelijk van den Parina, een vrijwel O.W. verloopende zijrivier van den Brembo, die ongeveer 3.5 km ten Z. van Piazza Brembana in den Brembo uitmondt, zijn van W. naar O. de volgende centra gelegen: Ortighera-Monte Musso (III), Monte Menna (IV), Monte Arera (V). In het dal van den Vedra, gelegen tusschen den Mte. Menna en den Mte. Arera, liggen de Vedramijnen (VI), en in den bovenloop van den Parina voorts nog de Parinamijnen (VII). Zuidelijk van den Parina, en in het Z. begrensd door den Antea, liggen de mijncentra van San Pietro d'Orzio en Dossena, die naar het O. aansluiten aan de mijnen van den Lavaggio en van den Monte Castello (VIII). Het laatste en zeer belangrijke mijngebied is ten slotte dat van den Valle del Riso (IX), een zijrivier van den Serio, die iets ten Z. van Ponte di Nossa in den Serio stroomt. De belangrijkste plaatsen in dit gebied zijn Oneta en Campello. Naar het N. sluit dit gebied aan bij de mijnen van den Mte. Grem (X).

IV. STRATIGRAPHISCH OVERZICHT.

Zooals reeds in het kort is vermeld, is het voorkomen der lood- en zinkertsen met hun eventueele begeleiders fluoriet en bariet, beperkt tot de bovenste lagen van het Ladinien. Volgens sommige auteurs, o.a. BERTOLIO, zijn in de Valle Seriana ook de onderste lagen van het Carnien verertst. Hoewel ik niet in de gelegenheid was mij hier persoonlijk van te overtuigen, vermoed ik, dat dit op een vergissing berust, en dat men de kleischalies uit de bovenste lagen van het Ladinien met de mergels van het Carnien heeft verwisseld. De productieve lagen, waarin het primaire erts meestal in den vorm van onregelmatige lenzen ligt, bestaan voor het grootste gedeelte uit kalksteenbanken, met een enkele dolomietbank er tusschen liggend. Dit gesteentecomplex draagt in Lombardije den naam „calcare of dolomia melallifero(a)", en heeft een dikte, die maximaal 50—60 m bedraagt. Daar ik in „La géologie de la vallée du Brembo, etc." (Lit. 2) de stratigraphie der onderafdeelingen der Triasformatie uitvoerig heb besproken, meen ik hier met een korte samenvatting te kunnen volstaan. De stratigraphie van het oostelijk gedeelte zal ook zeer in het kort besproken worden, daar BEYERINCK hier binnenkort een gedetailleerde studie over hoopt te publiceeren.

In de vallei van den Brembo is de verertsing beperkt tot de bovenste 50 m van het Ladinien, dat hier hoofdzakelijk bestaat uit kalksteenbanken met een enkele tusschengeschakelde dolomietbank. De productieve kalken liggen boven de z.g. „calcare rosso", een rood en groen gevlamde kalksteen, die zich door haar uniforme korrelgrootte uitstekend laat

bewerken, en dan ook ontgonnen wordt. Op dit zeer karakteristieke gesteente volgt een ± 10 m dik, nog geheel steriel kalksteencomplex, dat opvalt door zijn zeer lichtgrijze kleur en vele calcietaders. Op dit gesteente volgen de ertshoudende donkere kalken, die aan de basis vooral sfaleriet, in de hoogere zones vooral oxydatieërtsen als smithsoniet, hemimorphiet e.d. bevatten. Merkwaardig is in dit gebied de aanwezigheid van fluoriet, dat door het geheele verticale profiel voorkomt. De bovenste lagen worden gevormd door afwisselende kleischalielaagjes en dunne zwarte hoornsteenbankjes, die behalve een weinig fluoriet geen ertsen meer bevatten. Op deze lagen, die m.i. reeds een overgang naar de ondiepwater-facies van het Carnien voorstellen, volgen de carnische Plattenkalk en de mergels en tuffen.

In den midden- en bovenloop van den Parina, m.a.w. in het mijngebied van Oltre il Colle en Zorzone, blijkt de „calcare rosso'' sterk in dikte te zijn gereduceerd, en over te zijn gegaan in een roode, vermoedelijk primair stratigraphische breccie. Door BEYERINCK is deze breccie aangetroffen op de Z.W. helling van de Monte Menna, en wel met een dikte van ± 1 m. Verder naar het Oosten toe neemt de dikte geleidelijk toe tot een maximum van 5—6 m. In het genoemde gebied van Oltre il Colle, Zorzone ligt op het breccieuze gesteente een ± 20 m dik kalksteencomplex, de z.g. „calcare nero'' (zwarte kalksteen). Dit complex bestaat uit afwisselende zwarte kalksteenbanken en bitumineuze, zwarte tusschenlaagjes, waarin volgens BEYERINCK vooral galeniet en sfaleriet is geaccumuleerd. Het dak dezer ertshoudende lagen wordt gevormd door kleilagen. In het derde belangrijke mijngebied, in de Valle del Riso bestaat de ertshoudende Esinokalk uit grijze en zwarte kalken en dolomieten, afgewisseld door bitumineuze tusschenlaagjes, waarin sfaleriet en galeniet zijn opgehoopt. In geringere hoeveelheid komen de ertsen voor als metasomatische verdringers in de kalksteen en dolomiet. De totale dikte der ertshoudende gesteenten bedraagt hier ongeveer 30—40 m.

V. BESCHRIJVING EN VOORKOMEN DER ERTSMINERALEN.

Voorkomende mineralen.

		Afkorting.
Anglesiet	$PbSO_4$	An
Argentiet	Ag_2S	ar
Bariet	$BaSO_4$	Ba
Bournoniet	$CuPbSbS_3$	Bo
Calciet	$CaCO_3$	Cc
Cerussiet	$PbCO_3$	Ce
Chalcopyriet	$CuFeS_2$	cp
Covellien	CuS	cv
Dolomiet	$(CaMg)(CO_3)_2$	Dm
Fluoriet	CaF_2	Fl
Freibergiet?	Cu-Sb vaalerts (+ Ag)	fr
Galeniet	PbS	gn
Kwarts	SiO_2	Q
Pearceïet?	Ag_9AsS_6	pe
Polybasiet	Ag_9SbS_6	pb
Pyrargyriet	Ag_3SbS_3	pg
Pyriet	FeS_2	py
Sfaleriet	ZnS	sl
Smithsoniet	$ZnCO_3$	Sm
Tennantiet	Cu-As vaalerts	tn

Beschrijving der ondoorzichtige mineralen.

SFALERIET, meestal lichtbruin, soms donkerbruin van kleur, met gele inwendige reflexen, komt meestal in grove kristalaggregaten voor, waarin slechts na etsing de grof-allotriomorphe structuur zichtbaar wordt. Idiomorphe kristallen, maximaal 8 mm groot, komen slechts, en dan nog betrekkelijk zelden, voor in de hoogere niveaux, waar zij duidelijk de kalksteen of dolomiet verdrongen hebben. In de lagere niveaux is het oorspronkelijke gesteente nagenoeg geheel door het erts verdrongen, dat in den vorm van lenzen in de kalksteen optreedt. Bij het mikroscopisch onderzoek blijken enkele kwartskorrels, die waarschijnlijk primair in het gesteente aanwezig waren, te zijn overgebleven.

Onder het microscoop kan men in de sfaleriet (sl) twee typen onderscheiden, en wel:

type A: sl met insluitsels van chalcopyriet (cp), en
type B: sl zonder insluitsels van chalcopyriet.

Type A. In de polijstvlakjes der ertsen uit de omstreken van Dossena en San Pietro d'Orzio bleek de sl *steeds* insluitsels van cp te bevatten. Deze insluitsels, waarvan de kleinste slechts bij sterke vergrooting (360 ×) zichtbaar zijn, bezitten in het algemeen een druppelvorm, en liggen dan meestal op reeksen achter elkaar. Soms zijn de

cp-insluitsels staafvormig, en liggen dan georienteerd volgens meerdere, meestal 3 richtingen. Zeer zelden treft men de insluitsels aan in den vorm van gebogen dunne lijstjes. In verschillende polijstvlakjes was op te merken dat de cp-insluitsels aan de randen der sl-individuen veel fijner waren dan in het centrum; dit is evenwel geen regel. Of met SCHNEIDERHÖHN mag worden verondersteld, dat men in al deze gevallen met ontmengingsverschijnselen te maken heeft, is m.i. zeer twijfelachtig. Daar de ruimtetralies van sfaleriet en chalcopyriet sterke overeenkomst vertoonen, zou men in de gevallen, waarin de cp-insluitsels regelmatig in de sfaleriet verdeeld liggen, aan georienteerde vergroeiingen kunnen denken. Een dergelijke regelmatigheid is echter slechts in enkele polijstvlakjes waargenomen.

Type B. Dit type van sfaleriet is beperkt tot de mijnen van de Valle del Riso. Het mineragraphisch onderzoek leerde, dat cp-insluitsels zeer zeldzaam zijn, en meestal totaal ontbreken.

Of men op grond van dit verschil, nl. het al of niet aanwezig zijn van chalcopyrietinsluitsels, mag concludeeren, dat de temperatuur der ertsbrengende oplossingen in het eene geval lager was dan in het andere, lijkt mij zeer speculatief. Het verschijnsel laat zich eenvoudiger verklaren door aan te nemen, dat in het eene geval koper aanwezig was, in het andere niet.

Structuur. Door middel van etsing werd de structuur van de sfaleriet zichtbaar gemaakt. De beste resultaten werden verkregen door kaliumpermanganaat en zwavelzuur van sterke concentratie als etsmiddel aan te wenden. Een enkele maal werd HJ gebezigd, dat echter niet zulke goede resultaten gaf als $KMnO_4 + H_2SO_4$. Na etsing gedurende 15—20 seconden werden de polysynthetische tweelingslamellen volgens (111) en (211), en de splijtrichtingen volgens het tetraëdervlak zichtbaar. Uit den vorm der lamellen kon men nagaan of het betreffende erts door tektonische bewegingen beïnvloed is geweest. De sfaleriet uit het gebied van Dossena-San Pietro d'Orzio vertoont in het algemeen weinig sporen van druk. Het erts van het meer O. gelegen gebied Vaccareggio (Mte. Pedroso-Mte. Castello), is macroscopisch reeds in meerdere of mindere mate breccieus; na etsing blijken de sl-lamellen sterk gebogen en gebroken te zijn, terwijl bij minutieus onderzoek zeer kleine sl-kristalletjes op rekristallisatie duiden. De sfaleriet van de Mte. Arera vertoont deze verschijnselen in zeer sterke mate. Al deze ertsen moeten dus door tektonische bewegingen beïnvloed zijn. Voor het gebied van Vaccareggio zijn het waarschijnlijk bewegingen langs de ongeveer N—S gerichte horizontale transversaalverschuivingen geweest, die de lamellen aldus mechanisch vervormd hebben. De mogelijkheid, dat een gedeelte der lamellen door den druk zelf ontstaan zijn, m.a.w. door de vorming van „Gleitzwillinge", moet evenwel ook onder het oog gezien worden. Een merkwaardig verschijnsel, dat hiermede verband houdt, is het volgende. Onder het mikroscoop vertoont de calciet in de polijstvlakjes van de gebieden van Vaccareggio en van de Mte. Arera een uitgesproken tweelingslamelleering, die vooral bij bijna gekruiste nicols zeer fraai is

waar te nemen. Calciet uit gebieden, waar de sfaleriet niet mechanisch beïnvloed is, vertoont deze lamelleering niet. Nu is de meening van sommige auteurs (o.a. WÜLFING) dat dergelijke „Gleitzwillinge'' tijdens het slijpen der polijstvlakjes, door den daarbij optredenden druk ontstaan. Uit het bovenstaande mag m.i. de conclusie getrokken worden, dat dit althans hier niet opgaat, en dat de calciettweelingen wel degelijk door tektonischen druk ontstaan zijn.

Zonaire bouw van de sfaleriet is zeer zeldzaam. Slechts in een polijstvlakje van de mijngang „Numero Uno'' in het gebied van Dossena werd zonaire sfaleriet waargenomen (fig. 5, 1; p. 78). Waardoor de verschillende zones zich van elkaar onderscheiden, is niet uit te maken.

Omzetting in smithsoniet is vooral in de hoogere zones vaak, en zeer fraai waar te nemen. Onder het microscoop blijkt de omzetting van het sulfide in het carbonaat uit te gaan van willekeurig verloopende barsten in de sfaleriet. Hiervan uit begint de omzetting, en wel op zeer regelmatige wijze volgens de splijtrichtingen (fig. 5, 2; p. 78). Zeer geleidelijk gaat de carbonaatvorming op deze wijze voort, totdat tenslotte het geheele individu in een sterk pleochroïtische massa is veranderd. Alle overgangen tusschen een nauwelijks aangetast sfalerietindividu tot een grofkristallijne smithsonietmassa, waar nog enkele onverteerde sfalerietstaafjes op regelmatige wijze in liggen, werden door mij aangetroffen. Volgens LINDGREN, LODIN e.a. gaat de omzetting van sfaleriet in smithsoniet via de vorming van zinksulfaat. Daar $ZnSO_4$ zeer gemakkelijk oplosbaar is, zal m.i. zeer zeker een gedeelte van het sulfaat moeten verdwijnen, waarvan een poreuze structuur van het carbonaat een gevolg zal moeten wezen. Dit nu is hier in strijd met de waarnemingen. Ik geloof daardoor veeleer, dat de omzetting sfaleriet → smithsoniet een directe substitutie is, waarbij dus de S direct door het CO_3 wordt vervangen.

GALENIET komt locaal soms in aanmerkelijke hoeveelheden voor, zoo b.v. in de Valle del Riso en in het Vaccareggiogebied. Op andere plaatsen is galeniet daarentegen een vrij zeldzaam mineraal. Het is juist het toevallige voorkomen in exploitabele hoeveelheid dat de kansen op economische winning zoo klein maakt. Galeniet werd derhalve door de verschillende mijnondernemingen slechts als nevenproduct beschouwd. Dit mineraal komt op de volgende wijzen voor:

1. Als vervanger van calciet in kalksteen, in tot ± 4 mm groote vlekken. Een polijstvlakje uit het gebied van Vaccareggio is zeer illustratief. Het galeniethoudende gesteente is nl. zeer rijk aan kwartskorrels, die door hun uiterlijk wel als tijdens het ontstaan van den kalksteen ingespoeld mogen worden beschouwd. De galeniet nu heeft nagenoeg alle calciet verdrongen, zoodat het gesteente plaatselijk gelijkt op een zandsteen met galeniet als kitmiddel. Enkele calcietresten maken het echter waarschijnlijk, dat het oorspronkelijk gesteente een kwartsrijke kalksteen was (fig. 2).

2. Als verdringer van sfaleriet, vooral langs barsten. Dit is het meest algemeene optreden. De verdringing van sfaleriet door galeniet

begint in den regel langs een barst, waarna de verdere metasomatose plaats heeft langs de korrelgrenzen der meest allotriomorphe sfaleriet. Het feit dat de sfaleriet verdrongen wordt door de galeniet houdt in, dat het laatste mineraal jonger is dan de sl.

3. Als oxydatierest in carbonaatmassa's van smithsoniet, calciet en andere oxydatieërtsen. Het is opvallend hoe weinig de galeniet in het algemeen geoxydeerd is in vergelijking met de sfaleriet. In preparaten, waarin bijna alle sfaleriet reeds in smithsoniet is omgezet, en nog slechts enkele kleine stukjes sl onverteerd in de carbonaatmassa liggen, heeft de galeniet nog een versch uiterlijk. De betrekkelijk geringe mate van oxydatie berust waarschijnlijk op de vorming van een meestal rhythmisch gestrueerd laagje van onoplosbare oxydatieproducten (voornamelijk anglesiet en cerussiet), dat de galeniet tegen verdere oxydatie beschermt.

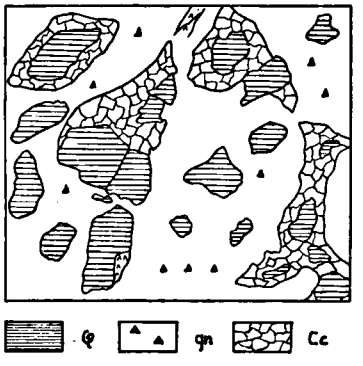

Fig. 2.
Vaccareggio. 25 ×.

4. Als kleine partikels in de begeleiders fluoriet en bariet. De galeniet heeft de neiging zich vooral op de korrelgrenzen der begeleiders te accumuleeren, hetgeen er m.i. op duidt, dat de galeniet zich in een latere mineralisatiephase heeft afgezet.

Structuur. De galeniet is in verreweg de meeste gevallen opvallend goed tegen etsmiddelen bestand. Met geconcentreerd salpeterzuur verkrijgt de galeniet een zwart beslag, waarin de later te bespreken zilvermineralen duidelijk afsteken. Fackert's etsmiddel (80 d. HNO_3, s.g. 1.2 + 20 d. C_2H_5OH van 96 %) gaf geen resultaat. Electrolytische etsing in verdund HCl bracht in enkele gevallen de tweelingslamelleering te voorschijn. De splijtrichtingen volgens het hexaëdervlak (100) waren reeds zonder etsing zichtbaar.

Insluitsels in galeniet zijn niet zeldzaam. Het meest algemeen is pyriet, dat in den vorm van kleine korreltjes bijna altijd in de galeniet voorkomt. Of men hier steeds met verdringingsresten te maken heeft is zeer de vraag. In een enkel geval slechts was de waarschijnlijkheid groot, dat pyriet door galeniet werd verdrongen.

ZILVERMINERALEN (argentiet-polybasiet). Het zilvergehalte van het loodglans, de reden waarom men het vroeger gedurende geruimen tijd exploiteerde, wordt veroorzaakt door kleine hoeveelheden zilvermineralen. In de galeniet der westelijke centra is het zilvergehalte zeer klein, in de galeniet van de Valle del Riso en van de Monte Arera daarentegen vrij groot. Behandelt men het polijstvlakje gedurende eenige seconden met geconcentreerd HNO_3, dan bedekt het loodglans zich met een zwart beslag, waarin de zilvermineralen zich als witte vlekjes voordoen. Een zelfde effect, hoewel minder duidelijk, bereikt

men met electrolytische etsing in verdund HCl (50 %). Onder het microscoop bemerkt men dan bij een kleine vergrooting dat de zilvermineralen dikwijls op rijen gerangschikt liggen. De grootte dezer insluitsels varieert tusschen 0.03 en 0.08 mm. In het ongeëtste polijstvlakje laat zich *argentiet* met zekerheid herkennen. Dit weinig opvallende, met den opaak-illuminator grijs-groene mineraal, ligt in den vorm van afgeronde korrels in de galenietmassa. Door de, weliswaar geringe mate van anisotropie laat de argentiet zich van de isotrope tennantiet onderscheiden. Hoewel de wijze van voorkomen in afgeronde korrels meer voor polybasiet spreekt, is de afwezigheid van inwendige reflexen karakteristiek voor argentiet. Bij het onderzoek der kleinste korreltjes in cederolie werden roode inwendige reflexen waargenomen, die doen vermoeden dat ook *polybasiet* aanwezig is. Daar in dezelfde preparaten ook het Cu-As vaalerts aanwezig is, is het zeer wel mogelijk, dat *pearceïet* naast de polybasiet voorkomt. De aanwezigheid van Sb werd langs chemischen weg aangetoond.

Bournoniet is zeldzaam. In enkele polijstvlakjes uit de omstreken van Dossena en van de Valle del Riso konden na etsing met Fackert's etsmiddel de typische lamellen van bournoniet aangetoond worden. Een andere wijze van optreden werd door mij in de fluorietgroeven van Dossena waargenomen. De bournoniet was aldaar locaal in grove aggregaten (tot 6 cm) in de fluoriet aanwezig. Zij is waarschijnlijk jonger dan de fluoriet.

Vaalerts (tennanniet, freibergiet?). Vertegenwoordigers der vaalertsgroep komen in de eerste plaats, en zeer algemeen voor als insluitsels van 0.3—0.8 m grootte in de galeniet. Idiomorphe kristallen zijn zeer zeldzaam. Tennanniet, het Cu-As vaalerts, laat zich door de volkomen isotropie en onetsbaarheid (KCN, HNO_3, $FeCl_3$ enz. zijn volkomen negatief) gemakkelijk van de eveneens groenachtige zilvermineralen onderscheiden. De bruinroode inwendige reflexen vallen bij sterke belichting en × nicols dermate op, dat verwisseling met de zilvermineralen ook hierdoor vrijwel onmogelijk wordt. Het is m.i. niet uit te maken of deze insluitsels ouder of jonger dan de galeniet zijn, terwijl ook een gelijktijdig ontstaan zeer acceptabel is. In grootere, tot 1.5 mm groote, idiomorphe kristallen komt tennantiet voor in een polijstvlakje van de Valle Vedra-mijnen. In dit preparaat is de tennantiet misschien jonger dan de galeniet (fig. 5, 3; p. 78).

Behalve de nog duidelijk groene tennantiet komt in zeer kleine korreltjes in de galeniet nog een geelbruin, isotroop mineraal voor, dat misschien freibergiet is. Met KCN ontstaat hierop een donker beslag. De korreltjes waren helaas te klein om er langs chemischen weg Ag en Sb in aan te toonen.

Bij het vaalerts behoort de *covellien* te worden besproken, omdat zij hiermede in onmiddellijk verband staat. Het was in den aanvang zeer opvallend dat covellien in die preparaten, die slechts sfaleriet bevatten, afwezig was. Covellien komt slechts dan voor, indien in het polijstvlakje galeniet of oxydatieërtsen als cerussiet en anglesiet aanwezig zijn. Bij het onderzoek van het vaalerts kwam aan het licht dat covellien

zeer waarschijnlijk uit de tennantiet ontstaat. Bij × nicols ziet men nl. in de grootere tennantieten langs barstjes overal de typische oranjeroode anisotropieëffecten, die duidelijk van de inwendige reflexen van de tennantiet verschillen. In de zeldzame gevallen dat alle galeniet is omgezet in oxydatieproducten, ziet men het sterk pleochroïtische mineraal in kleine partikels overal tusschen deze oxydatieërtsen.

Verdringingen. Galeniet wordt in enkele gevallen verdrongen door calciet, waarschijnlijk het jongste mineraal uit de ertsafzettingen. Een geval van de verdringing van galeniet door pyrargyriet werd waargenomen in een polijstvlakje van de mijn Nember bij Dossena. Deze verdringing is totaal onregelmatig, en schijnt uit te gaan van enkele kleine kwartsinsluitseltjes. Daar deze verdringing slechts in een enkel polijstvlakje werd waargenomen, is het niet mogelijk te zeggen of de pyrargyriet aan een bepaalde mineralisatiephase is gebonden.

Omzettingen. De omzetting van galeniet in oxydatieërtsen laat zich in enkele polijstvlakjes bijzonder goed waarnemen. De carbonaat en anglesietvorming heeft in het algemeen willekeurig plaats langs barsten. In enkele gevallen was te zien dat de omzetting, evenals dit bij sfaleriet het geval was, langs bepaalde kristallographische richtingen, c. q. langs de splijtvlakken plaats vond. De oxydatiemineralen zijn vooral cerussiet en anglesiet, waarvan het laatste door het ontbrekende pleochroïsme van het eerste valt te onderscheiden. In enkele preparaten kon P aangetoond worden, zoodat de aanwezigheid van pyromorphiet wel zeer waarschijnlijk is. Met opvallend licht kon dit echter niet aangetoond worden. De oxydatieërtsen vormen meestal een rhythmisch gestrueerde laag om de galeniet (fig. 5, 4; p. 78). Dit laagje beschermt de galeniet tegen volledige oxydatie. Dit verschijnsel bleek een onderscheidingskenmerk met smithsoniet te zijn.

PYRIET komt in vrijwel alle polijstvlakjes voor, zij het meestal in zeer geringe hoeveelheid en vertoont een groote neiging tot idiomorphie. Enkele preparaten van de ertsen der Valle del Riso zijn zeer rijk aan tot 2 mm groote, fraai idiomorphe pyrieten, die het geheele erts doorspikkelen. In een enkel polijstvlakje van Dossena werd in de pyriet een zekere grove zonaire bouw waargenomen. Als kern van dit individu fungeerde vermoedelijk een kwartskorreltje. Kon van de reeds besproken mineralen in enkele gevallen uitgemaakt worden, welke de vroeger en later uitgescheidene waren, van de pyriet is dit niet mogelijk. Pyriet komt namelijk voor als insluitsel in de zonder twijfel vroeg afgezette sfaleriet en in de zeker jongere galeniet. Ook in barsten in de sfaleriet is pyriet niet zeldzaam. Wij moeten hieruit concludeeren dat gedurende alle mineralisatiephasen pyriet werd uitgescheiden, een in de meeste ertsgebieden algemeen verschijnsel.

In vele der pyriethoudende polijstvlakjes was waar te nemen, dat een gedeelte reeds in limoniet was overgegaan. Dit geschiedt in het algemeen totaal willekeurig. Het onderzoek van enkele slijpplaatjes leerde hoe, uitgaande van de verweerde pyrietindividuen, slierten van zeer fijn verdeelde limoniet het omringende gesteente en erts impregneerde. In

een polijstvlakje van de Valle del Riso, geheel bestaande uit smithsoniet, werden eenige pseudomorphosen van pyriet naar limoniet-hematiet aangetroffen, waarbij de kristallographische begrenzing van de pyriet volledig bewaard is gebleven. Onder het microscoop, en met gebruik van een olieïmmersie bleek, dat de isotrope pyriet in een zwak anisotrope, sterk reflecteerende masa was omgezet, waarin duidelijk een rhythmisch colloidale structuur te herkennen was.

Doorzichtige mineralen (bariet, fluoriet, kwarts, calciet).

BARIET. Dit mineraal komt in de besproken gebieden slechts voor op den Passo dell'Ortighera, tusschen den Monte Ortighera en den Monte Menna, en in zeer geringe hoeveelheden in het gebied van Vaccareggio (N. helling van den Monte Castello). Beide vindplaatsen liggen in een gebied, dat gestoord is door horizontaaltransversaalverschuivingen, welker richting nagenoeg N—Z is. In het Ortighera-gebied is duidelijk waar te nemen, dat de bariet den kalksteen metasomatisch heeft verdrongen. Een andere vindplaats, evenwel gelegen buiten het sedimentaire gebied, is die in de porfier, gelegen N.O. van Roncobello. Deze vindplaats, waar nog geruimen tijd exploitatie heeft plaats gehad, is door mij niet persoonlijk onderzocht. Op grond van het feit nu, dat bariet elders niet in de kalksteen voorkomt, meen ik te mogen concludeeren, dat bariet in geen geval tot de zink-lood verertsingsperioden behoort, maar een aparte, zij het locale mineralisatiephase vertegenwoordigt. Polijstvlakjes, waarin bariet zoowel als lood-zinkmineralen voorkomen, zijn niet aanwezig.

FLUORIET komt locaal in groote hoeveelheden voor, vooral in de omgeving van Dossena. Men treft het aan in den vorm van tot 3 m dikke lenzen in den kalksteen en in onregelmatige nesten en op barsten in de hoornsteenbankjes der stratigrafisch hoogere niveaux. Macroscopisch is idiomorphie reeds zeldzaam, en ook onder het microscoop treedt de fluoriet in compacte allotriomorphe kristalaggregaten op. Als insluitsel in de fluoriet vindt men soms bournoniet. Fluoriet is bijna in elk der besproken mijncentra aanwezig, zij het meestal in zeer bescheiden hoeveelheid. Zoo werd het aangetroffen in de mijnen van Dossena, van Vaccareggio, in de mijnen der Valle Vedra en der Valle del Riso. In het mijngebied van het Presolanagebergte, gelegen ten O. van den Serio is het eveneens aanwezig, zoodat dit mineraal werkelijk een groote horizontale verspreiding bezit. Dit in tegenstelling met bariet. Op grond van het algemeene voorkomen mag men m.i. fluoriet een begeleider der lood-zinkertsen noemen, temeer daar het zeker in genetisch verband met de Pb-Zn verertsing staat.

Belangrijk is de vraag, wanneer de fluoriet zich heeft afgezet. Daar in de meeste polijstvlakjes de galeniet zich heeft geaccumuleerd op de korrelgrenzen der fluoriet, ligt het voor de hand aan te nemen, dat de galeniet jonger is dan de fluoriet. De voegen tusschen de fluorietkorrels vormden voor de later opstijgende galenietoplossingen de plaatsen, waar het zich het makkelijkst kon afzetten. In slechts een enkel polijstvlakje waren fluoriet, sfaleriet en galeniet samen aanwezig. Het

geheel maakte zeer sterk den indruk, dat de fluoriet de sfaleriet had verdrongen, gezien de sterk aangevreten sfalerietkorrels. In dit preparaat was tevens de sfaleriet fraai idiomorph, hetgeen ook op een hoogeren ouderdom wijst. Op grond hiervan is het waarschijnlijk, dat de fluoriet ouder dan de galeniet, maar jonger dan de sfaleriet is.

KWARTS komt èn in den vorm van korrels in den kalksteen èn in den vorm van jonger kitmiddel voor. Zoo toont een polijstvlakje van Veccareggio een fraaie sfalerietbreccie, waarin als kitmiddel kwarts fungeert (fig. 3). De kwartsen zijn in den regel zeer ingewikkeld onderling vergroeid, vertoonen echter soms duidelijk bandvormige structuren. Dat het erts in dit geval praetectonisch is, is buiten twijfel. De SiO_2-houdende oplossingen stegen eerst op, toen het erts door tectonischen druk beïnvloed was. Het is zeer merkwaardig, dat dergelijke, door kwarts gekitte breccies van galeniet, niet voorkomen. De beste verklaring hiervoor is m.i. de veronderstelling, dat de verkiezeling plaats had, voordat de galeniet zich had afgezet. De kwarts zou in dit geval jonger zijn dan de sfaleriet en ouder dan de galeniet.

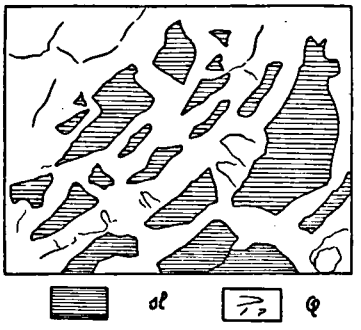

Fig. 3.
Vaccareggio. 30 ×.

CALCIET. Behalve als bestanddeel der oorspronkelijke kalksteen komt calciet voor als barstopvulling in verschillende mineralen, als sfaleriet, galeniet en smithsoniet. Daar zeer jonge spleten in de kalksteen, ontstaan bij den aanleg van galerijen, ongeveer 50 jaar geleden, reeds geheel met calciet zijn opgevuld, acht ik het waarschijnlijk, dat de calciet in de ertsen gedeeltelijk hypogeen, gedeeltelijk supergeen is. Een goed voorbeeld van opvulling van een barst in sfaleriet door zeker hypogene calcietoplossingen gaf een polijstvlakje van de Valle del Riso (fig. 4). Daarentegen is de calciet, die men soms op aders in de smithsoniet aantreft, waarschijnlijk van supergenen oorsprong.

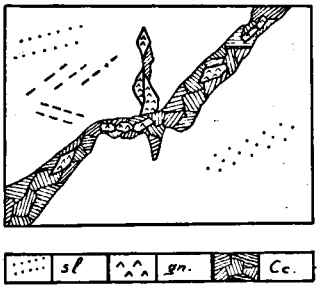

Fig. 4.
Valle del Riso. 35 ×.

VI. CONCLUSIES GETROKKEN UIT HET MINERAGRAPHISCH ONDERZOEK DER BERGAMASKER ERTSEN.

Uit het microscopisch onderzoek der polijstvlakjes van de ertsen der Bergamasker Alpen valt op te maken, dat de verertsing in verschillende phasen is verloopen. Men vindt als eerste phase de afzetting der sfaleriet (I), die vrij algemeen verdrongen wordt door kwarts (II); de afzetting der fluoriet heeft waarschijnlijk eerst hierna plaats gehad. Voor een hoogeren ouderdom der kwarts pleit nl. het volgende. Op grond van het voorkomen van fossielen in de hoornsteenbankjes der bovenste lagen van de ertshoudende gesteenteserie, is het zeer waarschijnlijk dat deze hoornsteenbankjes verkiezelde donkere kalken voorstellen (lit. 2). In de hoornsteen nu komt, op onregelmatige wijze verspreid, fluoriet voor. Op enkele plaatsen viel in het veld (mijngang „Nember" bij Dossena) waar te nemen, dat de fluoriet vooral op splectjes in de hoornsteen geaccumuleerd was, hetgeen een jongeren ouderdom der fluoriet waarschijnlijk maakt. De galeniet op haar beurt is zeker jonger dan de kwarts en vermoedelijk ook jonger dan de fluoriet. De galeniet nl. komt nooit, zooals de sfaleriet voor in den vorm van door kwarts gekitte breccies. Op grond hiervan mag men m.i. de galeniet als jonger dan de kwarts zijnde beschouwen. De zilverertsen, met uitzondering van pyrargyriet, die de galeniet duidelijk verdringt, zijn vermoedelijk van denzelfden ouderdom als de galeniet. Hetzelfde geldt voor de tennantiet. De calciet, voor zoover zij van hypogenen oorsprong is, is gedeeltelijk ouder dan de galeniet. In enkele gevallen wordt de galeniet weliswaar door calcietaders doorsneden, maar het was meestal niet uit te maken of deze calciet van hypogenen of supergenen oorsprong was.

Resumeerend kan men dus met vrij groote zekerheid de volgende phasen in de verertsing der Bergamasker Alpen onderscheiden:

I. Sfaleriet.
II. Kwarts.
III. Fluoriet.
IV. Calciet-galeniet + zilvermineralen + tennantiet.
V. Tennantiet p.p.-pyrargyriet.
VI. Calciet.

Of men deze phasen als continu in elkaar overgaande kristallisatiephasen van een zelfde, samengestelde oplossing mag beschouwen, of dat men moet aannemen, dat meerdere oplossingen verschillende malen circuleerden, moet in het midden gelaten worden. Het lijkt mij het meest waarschijnlijk, dat men een combinatie van beiden moet aannemen.

VII. VERGELIJKING DER BERGAMASKER ERTSEN MET DIE DER OOST-ALPEN.

Door TORNQUIST, VAN HOUTEN e. a. worden in de Oost Alpen de volgende verertsingsperioden onderscheiden:

Boven Krijtverertsing.	Jong tertiaire verertsing.
Type Rabenstein (Murtal).	Type Bleiberg-Kreuth.
Hoogere temperatuur der mineralisatoren.	Lagere temperatuur der mineralisatoren.
Phase I. Breuneriet.	I. Calciet met weinig breuneriet.
„ II. Sfaleriet.	II. Galeniet met weinig bariet.
„ III. Galeniet (Ag-houdend) met kwarts.	III. Sfaleriet-fluoriet. Sfaleriet-bariet.
„ IV. Bariet met weinig galeniet.	IV. Anhydriet.
	V. Calciet.
Bijzonderheden: ZnS slechts als sfaleriet aanwezig. Aanwezigheid van antimoniet.	Bijzonderheden: Schalenblende is aanwezig. De galeniet is practisch zilvervrij. Molybdeen en Vanadiummineralen aanwezig.

De onderzoekingen van VAN HOUTEN in het Pflerschtal (Lit. 3) in Zuid-Tyrol leerden, dat de volgende mineralen aldaar voorkomen: breuneriet, magnetiet, pyriet, pyrrhotien, sfaleriet, galeniet, hessiet, kwarts, dolomiet en bariet. Deze mineralen zijn volgens VAN HOUTEN door oplossingen van hooge temperatuur afgezet. Deze mineraalparagenese is dus geheel anders dan die, welke wij uit de Bergamasker Alpen hebben leeren kennen. Indien men nu de mineraalparagenesen en de verertsingsphasen uit de Oost-Alpen en die uit de Bergamasker Alpen vergelijkt, dan blijkt dat de paragenese van het type Bleiberg-Kreuth vrijwel geheel overeenkomen met de door mij beschrevene. Anhydriet is het eenige mineraal, dat aan de Bergamasker mineraalassociatie vreemd is. Het merkwaardige nu is, dat de kristallisatiephasen der Bergamasker ertsen overeenkomst vertoonen met die van het type Rabenstein. Breuneriet, een Fe-Mg carbonaat, komt in de paragenesen van beide typen voor. Daar dit mineraal bij onderzoek volgens de methode SCHNEIDERHÖHN zeer lastig van andere carbonaten is te onderscheiden, is het mogelijk dat breuneriet inderdaad wel aanwezig is in de Italiaansche ertsen. Een onderzoek van slijpplaatjes zou dit eventueel moeten bevestigen. Op grond van bovengenoemde groote verschillen lijkt het mij zeer onwaarschijnlijk, dat men de verertsingsperiode der Bergamasker Alpen zou kunnen paralleliseeren met een der door TORNQUIST onderscheiden phasen der Oost-Alpen.

VIII. GENESE DER ERTSEN.

BERTOLIO publiceerde in 1897 een artikel in de „Rivista del servizio minerario", waarin hij het vermoeden uitsprak, dat de ertsen zich tegelijk met het omringend gesteente gevormd zouden hebben. In 1928 beweerde GOTTFRIED (Lit. 1), dat het zinkgehalte een primaire eigenschap der Esinokalk is, en dat de ertsen dus syngenetisch zouden zijn. Niemand die de wijze van voorkomen in het veld heeft waargenomen, zal echter kunnen ontkennen, dat de zink-loodertsen door hydrothermale oplossingen en metasomatische verdringing van het omringend gesteente zijn afgezet; het microscopisch onderzoek bevestigt dit volkomen. Het is mijn meening, dat de ertsgenese in verband moet staan met magmatische werkingen. Deze meening wordt ook door TORNQUIST e.a. voor de ertsen uit de Oost-Alpen gedeeld. Volgens NIGGLI (Lit. 4) zou men de besproken mineraalparagenese moeten opvatten als telemagmatische vormingen van een basisch magma. Voor het laatste spreekt ook de aanwezigheid van wulfeniet, een mineraal dat volgens VISSER op sommige plaatsen in de Esinokalk der Valle Seriana is aangetroffen. In de polijstvlakjes is het evenwel niet door mij geconstateerd.

Welke zijn nu de eruptiefgesteenten, die de voornaamste rol bij de ertsvorming hebben gespeeld? Volgens TORNQUIST (Lit. 5-7) moet het ontstaan der ertsen der Oost-Alpen toegeschreven worden aan werkingen van de pontische basalten aan den Oostrand der Alpen. Hoewel het misschien niet uitgesloten is, dat de ertsen der Bergamasker Alpen een ander differentiaat voorstellen van de hydrothermale oplossingen, die in de Oost-Alpen de verertsing hebben teweeg gebracht, lijkt mij dit op grond van de afwijkende paragenese en afwijkende kristallisatiephasen toch niet zeer waarschijnlijk. TROMP (Lit. 8), hoewel niet op de hoogte zijnde van de samenstelling der ertsen en der kristallisatiephasen, veronderstelt een verertsingsperiode gedurende het Carnien (Raibler). Weliswaar vindt men in het Carnien eenige tuflagen, en sporadisch eenige porfierietgangen (o.a. nabij Oltre il Colle), maar om op grond hiervan een verertsingsperiode aan te willen nemen lijkt mij een hypothese, die door al te weinig feiten wordt gesteund om haar au serieux te nemen. Ik meen veeleer de verertsing, die over een oppervlakte van meerdere honderden vierkante kilometers heeft plaats gehad, toe te moeten schrijven aan hydrothermale oplossingen, afkomstig van de groote tertiaire periadriatische eruptiefmassa's. (GOTTFRIED vermeldt zelfs, dat aan de Oostzijde van het Adamellomassief ertsgangen met sfaleriet voorkomen, die vermoedelijk in nauw verband tot de tonalietintrusies staan). Het is mogelijk, dat quantitatief-chemische onderzoekingen dit in de toekomst zullen bevestigen.

Leiden, VII, 1933.

LITERATUURLIJST.

1. GOTTFRIED, C. Die Mineralien der Adamellogruppe. Referaat in: Verh. der Geologischen Bundesanstalt. Wien 1928.
2. HOFSTEENGE, G. L. La géologie de la vallée du Brembo et de ses affluents entre Lenna et San Pellegrino. Bijdrage tot de geologie der Bergamasker Alpen No. 5. Leidsche Geol. Meded. 1931.
3. HOUTEN, L. VAN. Die Erzlagerstätten des Pfleischtales in Südtirol. Jahrb. der Geol. Bundesanst. Wien 1930, Bd. LXXX.
4. NIGGLI, P. Ore deposits of magmatic origin. London 1929.
5. TORNQUIST, A. Das System der Blei-Zinkerz-Pyritvererzung im Grazer Gebirge. Sitzungsber. der Wiener Akademie, Bd. 137, 1928.
6. TORNQUIST, A. Mineralquellen und Minerallagerstätten in den Ostalpen. Mitt. der Geol. Ges. in Wien, Bd. 21, 1928.
7. TORNQUIST, A. Die geologischen Probleme der Blei-Zink-Vererzung der Ostalpen. Verh. der Geol. Bundesanstalt. Wien 1928.
8. TROMP, S. W. La géologie du Valle del Bitto et la tectonique des Alpes Lombardes. Bijdr. tot de geologie der Bergamasker Alpen No. 6. Leidsche Geol. Meded. 1932.

VERKLARING DER AFBEELDINGEN VAN FIG. 5.

1. Zonair gebouwd sfalerietkristal. Het donkere gangbestanddeel is fluoriet. Geëtst met $KMnO_4 + H_2SO_4$, gedurende 18″. 100 ×.
2. Groot sfalerietindividu, gedeeltelijk in smithsoniet omgezet. De omzetting heeft plaats volgens de splijtrichtingen. Sfaleriet = wit, pyriet = wit met veel reliëf, smithsoniet = grijs, kwarts = zwart. 25 ×.
3. Vergroeiing van twee tennantietkristallen temidden eener reeds gedeeltelijk in oxydatie-ertsen omgezette galenietmassa. 25 ×.
4. Rhythmisch gestrueerde zone van oxydatie-ertsen om een galenietindividu. De hexaëdersplijtrichtingen zijn duidelijk waarneembaar. 25 ×.

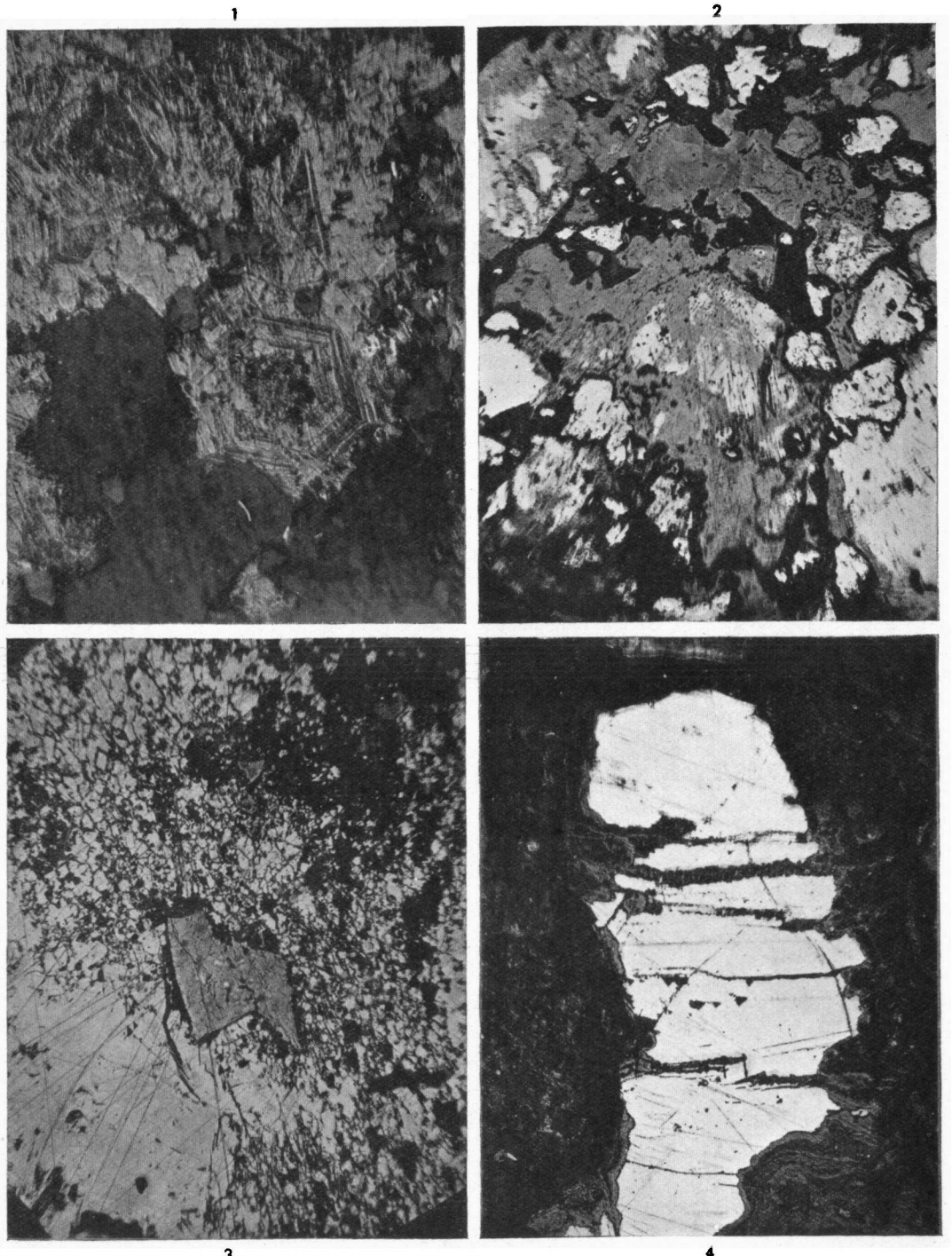

Fig. 5.