

De geologische collecties der Rijksuniversiteit te Groningen

L.M.J.U. van Straaten

Zoals te zien is in het interessante artikel van H.J. Veenstra (1990) over de geschiedenis van het Mineralogisch-Geologisch Instituut der Rijksuniversiteit te Groningen heeft deze instelling maar weinig meer dan een eeuw bestaan: van 1877 tot 1985. De geschiedenis van de geologische collecties is aanzienlijk langer: deze begint al in de 18e eeuw en is ook nu nog niet afgelopen. Hopelijk zal ze zich ook in de komende eeuw(en) blijven voortzetten.

Al vroeg (in elk geval sinds 1827, zie Voorhoeve, 1989) zijn de collecties, als onderdeel van de natuurhistorische verzamelingen der universiteit, voor het publiek toegankelijk geweest. Na de instelling van de Mineralogisch-Geologische Afdeling in 1877 waren ze afzonderlijk te bezichtigen, eerst in het gebouwtje van het Corps de Garde (Oude Boteringestraat, hoek Lopende Diep), sinds 1901 in het speciaal voor de geologie opgerichte gebouw aan de Melkweg. In de vijftiger jaren van deze eeuw werd het museumgedeelte van het instituut ter bezuiniging op personeel voor het publiek gesloten. Vervolgens moest plaats gemaakt worden voor de afdeling Vaste Stof

Fysica en later ook voor die der Fysische Geografie, waartoe delen van het materiaal (voornamelijk palaeontologie) overgebracht werden naar Leiden. Het petrologisch en algemeen geologisch deel van de verzamelingen bleef echter tegen de verdrukking in groeien. In de ene museumzaal die bij de opheffing van het instituut in 1985 van de oorspronkelijke 5 zalen was overgebleven¹ bevinden zich op het ogenblik ruim 27000 stukken: circa 6500 mineralen (570 soorten), 5500 gesteentemonsters, 3500 stukken van de afdeling algemene geologie, 6500 historisch-geologische stukken (fossielen, formatiemonsters), 600 fossielen van de afdeling palaeontologie, en 4500 erratica.

Daar het de bedoeling is van de universiteit het gebouw aan de Melkweg af te stoten zodra er een koper komt opdagen, zullen de verzamelingen dus weer moeten verhuizen, in eerste instantie naar een depot waar, evenmin als nu, de gelegenheid zal bestaan tot expositie voor het publiek. Pogingen zijn ondernomen om het materiaal in elk geval in Groningen te behouden en het in de niet al te verre toekomst opnieuw te exposeren. Om wat meer bekendheid te geven aan het bestaan en de aard dezer collecties, zal in Grondboor & Hamer een serie stukjes ver-

schijnen waarin de verschillende bovengenoemde afdelingen ter sprake komen. Hier volgt de eerste bijdrage: die over de mineralogische verzameling.

De mineralen

De grondslag van de mineralogische collectie is gelegd door de beroemde medicus Petrus Camper (1722-1789), een veelzijdig man, die zich behalve met de geneeskunde ook intensief bezig hield met vergelijkende anatomie van gewervelde dieren en die verder zeer geïnteresseerd was in de natuur in het algemeen, in archeologie en in kunst. Een van zijn hobbies was het verzamelen van mineralen (zie bijv. Van Straaten, 1989). Hij zocht ze niet zelf in het veld, maar kocht ze in binnen en buitenland. Blijkens het dagboek van zijn eerste verblijf in Engeland deed hij dat al in 1749. In die tijd waren er talrijke vermogende lieden die fraaie, merkwaardige en zeldzame voorwerpen verzamelden voor hun 'kabinetten'. In verband daarmee had zich toen in West-Europa reeds een mineralenhandel

van enige omvang ontwikkeld. Daar Camper tot de zeer welgestelden behoorde kon hij zich ook de aankoop van topstukken veroorloven, bijvoorbeeld een bijzonder grote, waterheldere splijtrhomboëder van calciet (dubbelspaat) uit IJsland. Het stuk heeft ribben van 14,5, 12,5 en 10,5 cm lengte.

Camper's zoon Adriaan (1759-1820), die van zijn vader eenzelfde grote belangstelling voor natuur en kunst had meegekregen, breidde de collectie nog aanzienlijk uit. In tegenstelling tot zijn vader trok hij ook zelf het veld in en verzamelde hij persoonlijk mineralen en gesteenten in Frankrijk, Duitsland, Zwitserland en Italië. Na Adriaan's overlijden in 1820 kocht Koning Willem I van zijn weduwe het gehele natuurhistorische kabinet van de Campers aan en schonk hij het aan de Groningse uni-

versiteit, waar Petrus Camper van 1763 tot 1773 hoogleraar was geweest. De mineralenverzameling telde toen circa 2000 stuks (Adriaan's laatste lijst, van ongeveer 1805-7, vermeldt 2016 stukken, maar een klein gedeelte daarvan bestond uit gesteentemonsters).

Helaas is door slordig beheer sindsdien (voortkomende uit zuinigheid), door schade bij talrijke verhuizingen die het materiaal heeft ondergaan en door diefstal, een deel van de oude mineralenverzameling weer verloren gegaan (zie ook Van Calker, 1905). Uit bewaard gebleven losse etiketten van Adriaan Camper blijkt, dat er in elk geval 740 stukken van de oorspronkelijke Camper-collectie over zijn gebleven. Op grond van zijn beschrijvingen en van gegevens in dagboeken en brieven, kunnen bovendien nog rond 750 andere stukken als (waarschijnlijk) van de Campers afkomstig worden beschouwd.

Het grootste deel van hun verzameling is dus in elk geval nog in Groningen aanwezig.

De schenking van deze mineralencollectie aan de Groningse universiteit was wel de belangrijkste, maar niet de eerste.

De hoogleraar in de natuurlijke historie Th. van Swinderen² schreef in 1871: 'De eerste, welke een der nieuw aangelegde kabinetten met een kostbaar geschenk vermeerderde en wiens naam ook daarom, behalve door zoo vele andere verdiensten, in de jaarboeken dezer Hoogeschool moet bewaard worden, was de Hoogleraar E.J. Thomassen à Thuessink³, die zijn uitgebreid Kabinet van Mineralen en versteenigen, bevattende meer dan twee duizend onderscheidene stukken, met de daarbij behorende kasten, edelmoediglijk aan de Akademie ten geschenke gaf. Dat zulk een voorbeeld vele navolgers vinde'. Hoeveel mineralen deze collectie bevatte en hoeveel er daarvan nog over zijn, is niet bekend. Bij in totaal 118 stukken zijn losse, in Thomassen's

handschrift in het Latijn geschreven etiketten bewaard. Opvallend is het relatief grote aantal stukken afkomstig uit Leadhills in Zuid-Schotland, hetgeen wel in verband zal staan met een reis die hij gemaakt heeft naar Edinburgh. Een voorbeeld is: N° 69, *Minera plumbi calcarea cum galena ex Leadhills g 55 sp 375*, d.w.z. kalkig looderts met galeniet van Leadhills. De g staat voor genus en sp voor species. In de 18e eeuw volgden de meeste indelingen van het mineralenrijk het voorbeeld van Linnaeus, waarbij classes, ordines, genera en species werden onderscheiden.

Bij de ertsen waren de genera gebaseerd op het belangrijkste aanwezige metaal. Zo zijn er in de collectie Thomassen van het genus 53 (ijzer) bijvoorbeeld:

- sp. 324 *Minera ferri nigra spathum* (zwart ijzerspaat = sideriet) uit Hessen Nassau;
 - sp. 330 *Haematites nigrescens* (zwart wordende haematiet) uit de omgeving van Keulen;
 - sp. 331 *Haematites ruber micaeus* (rode ijzerglimmer) uit Leadhills;
 - sp. 336 *Flor ferri* (ijzerbloesem = aragoniet, bevat geen ijzer) uit Noorwegen;
- (N.B. 'Marchasita' (markasiet en pyriet) hoorde tot het genus zwavel);

Van het genus 54 (koper) had Thomassen o.a.:

- sp. 341 *Cuprum nativum* (gedegen koper) uit Rheinbreitbach;
- sp. 349 *Minera cupri vitrea* (glasachtig kopererts) uit Dillenburgh;
- sp. 353 *Minera cupri flava* (geel kopererts = chalcopijriet) uit Zweden;
- sp. 359 *Coeruleum montanum* (bergblauw = azuriet) uit Leadhills;

Degene die het meest heeft bijgedragen tot het huidige niveau van de Groningse collectie was F.J.P. van Calker (1841-1913), de eerste hoogleraar in de mineralogie en geologie (benoemd in 1877). Niet alleen schiep hij orde in de chaos van het aanwezige materiaal, maar ook breidde hij de verzameling uit door de aanschaf van talrijke nieuwe mineralen. Voor bijzonderheden over zijn persoon zij verwezen naar Veenstra, 1990 (zie ook Jonker, 1914).

Pseudogaylussiet

Van Calker's werkzaamheden voor instituut en onderwijs lieten hem weinig

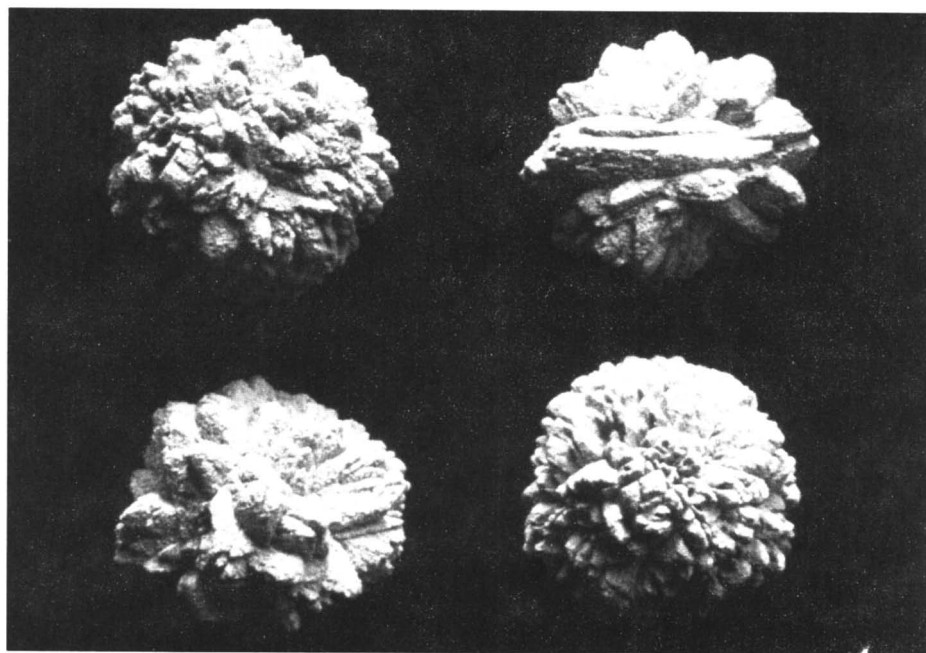


Fig. 1. Bolvormige aggregaten van 'pseudogaylussiet', van '9 voet' diepte bij Onderdendam (Gr.). De diameter van de grootste bolletjes is ruim 2,5 cm.

Van de in totaal 28 in Groningen aanwezige exemplaren zijn er 17 rijk aan vivianiet en bevatten 6 ervan al of niet afgeronde stukjes onzuiver, blazenrijk, vermoedelijk kunstmatig glas. Vooral in verband met deze beide bestanddelen en in verband met de diepte, lijkt het waarschijnlijk dat de vondst gedaan is in een van de (kleine) terpen ten W. van Onderdendam. (Foto Van Straaten).

tijd voor eigen onderzoek. Dit laatste betrof o.a. de (oppervlakte-) geologie van de provincie Groningen en de aard en herkomst van de daar gevonden zwerfstenen, in het bijzonder de kristallijne. Een speciaal onderzoekje deed hij naar aanleiding van de vondst van 'pseudogaylussiet'-aggregaten bij Onderdendam (1897). Chemisch bestaat dit materiaal uit koolzure kalk in de modificatie van calciet, maar de vorm der 'kristallen' is overgeërfd van een ander mineraal: het zijn pseudomorfosen, volgens sommigen waarschijnlijk naar gaylussiet, $\text{CaNa}_2(\text{CO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Het ligt voor de hand om de hier volgende serie voorbeelden van mineralen uit de verzameling van de Groningse universiteit te beginnen met deze uit de eigen provincie bekende vorming.

Ofschoon 'pseudogaylussiet' inmiddels van heel wat plaatsen vermeld is (zie bijv. literatuuropgaven bij Van Calker, 1897, Van Baren, 1926 en Oenema, 1990) is de ontstaanswijze onbekend. Er wordt zelfs aan getwijfeld of in alle gevallen gaylussiet wel het oorsprongsmineraal geweest is (vgl. ook Van Baren, 1926 en Burke, 1982). Merkwaardig is vooral dat de pseudomorfosen slechts op één plaats (Lake Lahontan, Nevada⁴) gevonden zijn in associatie met het mineraal gaylussiet. Wanneer, althans in de meeste gevallen, niet gaylussiet, maar het onlangs ontdekte ikaïet ($\text{CaCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) het uitgangsmateriaal zou zijn, zoals Shear-

man en Smith (1990) suggereren, zou dit deze zeldzaamheid verklaren: ikaïet vormt zich alleen (metastabiel) bij temperaturen omstreeks het vriespunt en valt bij verwarming direct uiteen in CaCO_3 en H_2O . Intussen is het niet aan te nemen dat gedurende het Holoceen in de bodem van ons land zo langdurig dergelijke lage temperaturen hebben geheerst dat zich centimeters-grote kristallen konden ontwikkelen, tenzij de kristallen periodiek aangroeiden: in koude winters telkens een laagje erbij, dat dan bij temperatuursverhoging weer omgezet werd in calciet. Dit laatste zou in overeenstemming zijn met de gelaagde opbouw van de 'kristallen' (zie Van Baren, 1926, Gripp und Tufar, 1974). Overigens zou kristalgroei toch alleen kunnen optreden wanneer de grond nog niet in zijn geheel bevroren is, omdat anders het omringende sediment door het groeiende kristal niet opzij gedrukt kan worden. Zolang echter een ontstaan uit ikaïet niet bewezen is, moet ook met andere mogelijk rekening worden gehouden. Zoals Oenema concludeert is voor de oplossing van het probleem meer doelgericht onderzoek vereist, niet alleen in het laboratorium, maar ook in het veld.

Een tweede punt is, dat het milieu waarin de 'pseudogaylussiet'-kristallen zich op verschillende plaatsen vormden nogal uiteenloopt: jonge zee- en afzettingen (Nederlandse en Duit-

se kustgebieden), zoutmeerafzettingen (Kwartair: Nevada) en gipsformaties (Trias: Thüringen) en de voorhoofds-holten in de schedel van een holen-beer, gevonden in een grot ten Noor-den van Kremnica ('Kremnitz', vroeger in Hongarije, nu Tsjecho-Slowakije). Ook daarom kan men zich afvragen of het, ondanks de vormgelijkenis, wel in alle gevallen om hetzelfde uitgangsmateriaal gaat.

In de Groningse collectie is materiaal aanwezig van de onderstaande vind-plaatsen (a= losse 'kristallen'; b= 'kristal'-doorgroeiingen; c= bolvormi-ge 'kristal'-aggregaten; d= concreties met 'kristallen' of -aggregaten als kern; e= idem met eruit stekende 'kristal'-punten; f= tot gesteente aaneenge-groeide 'kristallen').

1. Onderdendam (Gr.) c (fig.1);
2. Bartlehiem (Fr.) d;
3. Dokkum a (Gesch. van dhr. G. Elzinga te Leeuwarden);
4. Kwadijk (NH.) a;
5. Wieringermeerpolder d en e;
6. Ermden a en b;
7. Tettens (N. van Jever) a;
8. Kating (Sleeswijk) a, b, en d;
9. Sangerhausen (Thüringen) a, b en e;
10. Lake Lahontan (Nevada) f;
11. Pyramid Lake (Nevada) f (fig.2).

Hierbij is op te merken, dat losse de 'kristallen' en -aggregaten uit de jonge zeeklei (nummers 1 tot 8) alle een po-reuze, korrelige buitenkant hebben, in tegenstelling tot die van Sangerhau-sen, die (aan de buitenkant) niet po-reus, maar spiegelend glad zijn en kristalsplijting vertonen. De 'kristallen' van Lake Lahontan hebben gladde, maar zeer oneffen oppervlakken. De (zeer holtenrijke) 'kristallen' van Pyra-mid Lake zijn opgebouwd uit kalkbol-letjes van 0,1 tot bijna 1,0 mm grootte.

Zink- en loodertsen

Andere interessante mineraalvormin-gen uit de Nederlandse bodem, maar dan van grote diepte, zijn de zink- en loodertsen die gevonden zijn in de (voormalige) Zuidlimburgse steenko-lenmijnen, zie fig. 3. Deze steeds met rijkelijke kwarts geassocieerde ertsen zijn gebonden aan de grote breuken. Het algemeenst zijn ze langs de Feld-biss (zie Douw en Oorthuis, 1945 en De Wijkerslooth, 1949). De kristallen be-kleden de wanden van spleten en an-dere holten in de verschuivingszones zelf en van spleten in het neven-gesteente die daarmee samen-hangen.

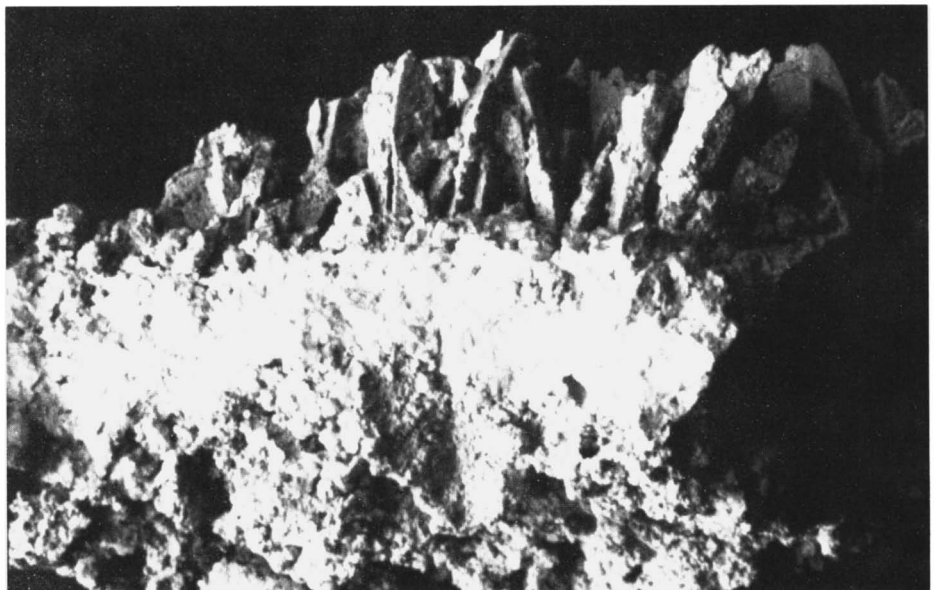


Fig. 2. 'Pseudogaylussiet' ('thinoliet') van Pyramid Lake, Nevada. De kristallen staan met hun lange assen ongeveer vertikaal. Afmetingen van het stuk 7 bij 14 cm. (Foto Van Straaten).

Er is een vaste uitscheidingsvolgorde: 1. dolomiet, 2. kwarts (hoofd fase), 3. sulfiden (hoofd fase: eerst chalcopyriet, dan zinkblende en eventueel zeld-zamere ertsen, vervolgens loodglans), 4. kwarts (jongere fase), 5. calcië. De kristallen van latere fasen zitten op die van de voorafgaande afzettingen. Alle fasen, behalve die van calcië, zijn in het voorbeeld van fig. 3 vertegenwoor-digd, het rijkelijkst 2: kwarts en 3: zink-blende. De kristalgroei begon vooral op zandsteenoppervlakken.

In het algemeen bestaan er veel erts-houdende mineraalafzettingen in sple-ten die gevormd zijn door afkoeling van opstijgend dieptewater. De opstijging kan het gevolg zijn van warmtetoever uit een in de aardkorst omhooggedron-gen magmalichaam, bijvoorbeeld een granietmagma, zoals bij veel ertsgan-gen in de Harz en in het Ertsgebergte. De metalen zijn vermoedelijk niet al-leen uit het magma zelf afkomstig, maar ook uit de verwarmde neven-gesteenten. Behalve afkoeling zijn er

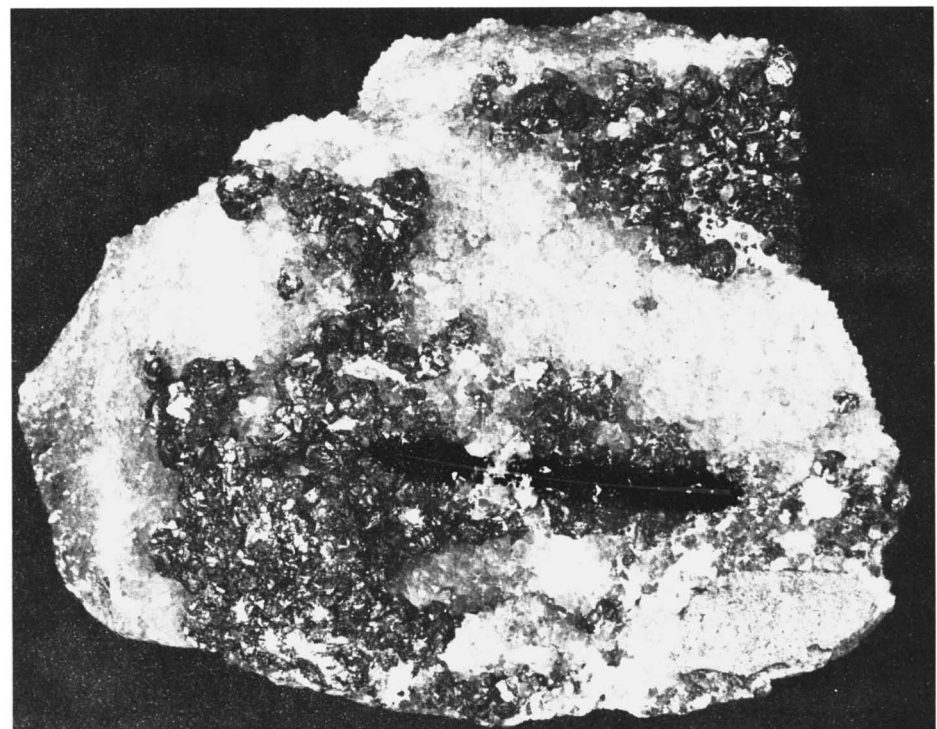


Fig. 3. Kwarts met zinkblende (en andere sulfiden) op een gesteentebrok uit een verschuiving in een Zuid-Limburgse steenkolenmijn. Rechtsonder is nog een stuk van de Boven-Carbonische zandsteen te zien. Het brok heeft een grootste diameter van 33,5 cm. (Foto Van der Klugt).

ook andere factoren die tot neerslag van mineralen kunnen leiden, zoals plaatselijke toevoer van zwavelwaterstof, of veranderingen in de zuurgraad van het water tengevolge van het oplossen van koolzure kalk (kalksteen).

Ofschoon dit vroeger wel verondersteld is, heeft de ertsvorming langs de Zuidlimburgse breuken echter niets met een omhoogdringen van magma te maken. Niettemin kan ook daar opstijging van water uit de diepte hebben plaatsgevonden, als gevolg van artesische druk. Deze wordt veroorzaakt door het hoogteverschil tussen Zuid-Limburg en de ten zuiden daarvan gelegen streken. Nu is in het algemeen het gesteentewater op grote diepte relatief rijk aan opgeloste chloor-ionen, samengaan met een hoge concentratie aan natrium-ionen. In zulk zout water kunnen veel grotere hoeveelheden metalen worden opgelost dan in 'normaal' zoet water.

In een uitvoerige studie over het Limburgse mijnwater wijst Kimpe (1963) er op dat tegenwoordig langs de grote breuken, met name de Feldbiss, warm (lokaal tot 50° C) NaCl-rijk dieptewater omhoog komt. Gezien de temperaturen moet dit (warmste) water in elk geval van meer dan 1,5 km diepte afkomstig zijn. Kimpe veronderstelt daarom (vgl. ook Breddin, 1962) dat het uit het onderliggende Devoon afkomstig is. Op het ogenblik wordt overigens uit dit water geen erts afgezet.

Hoe oud deze mijnertsen zijn is intussen nog niet bekend.

Mede op grond van het hierna volgende lijkt het niet onwaarschijnlijk dat ze vooral uit het Tertiair dateren (vgl. ook Meyer, 1988).

Schalenblende

Een ander type zink- en loodertsen wordt verder zuidoostelijk langs hetzelfde breukenstelsel aangetroffen, in het gebied van Moresnet en Aken (Klockman, 1910, Gussone, 1961, 1967; Dimanche et al., 1979, Cauet et al., 1982, Graf, 1990). Hier overweegt de zgn. schalenblende: zinksulfiden in fijnkristallijne tot kryptokristallijne, 'concentrisch-schalige' aggregaten, Pl. I, fig. 4. Veelal zijn het afwisselende lagen van zinkblende en würtziet (een andere modificatie van ZnS), waarbij ook lagen loodglans, markasiet en pyriet aanwezig kunnen zijn. Op enkele uitzonderingen na, geschiedde de mineraalafzetting hier niet op zandsteen, maar op kalksteenoppervlakken: in spleten van de verschuivingszones en in vroegere karstholten. De kalksteen is deels van Devonische, deels van Carbonische ouderdom.

Plaatselijk zijn er druiptsteenachtige formaties van schalenblende. De uitscheidingsvolgorde is in grote lijnen dezelfde als in Zuid-Limburg: 1. dolomiet; 2. kwarts; 3. sulfiden, eerst o.a. chalcopryiet; 4. schalenblende en andere ertsen (de hoofdfase) en 5. calciet.

In Aken (het Romeinse Aquae Grani) komt water aan de oppervlakte, als thermen, met temperaturen tot 55° C (Meyer, 1988) of zelfs 83° C (Richter, 1985). De opstuwung van dit water wordt ook weer toegeschreven aan hydrostatische druk, er op uitgeoefend door het gesteentewater in de hoger gelegen terreinen tussen Aken en het Hohe Venn. Ook hier ontbreekt recente ertsafzetting, maar wel slaat zwavel neer door oxydatie van opgeloste zwavelwaterstof. Stukken met zwavel uit deze bronnen zijn al door de Campers verzameld.

De verertsingen in de streek van Moresnet en Aken dateren duidelijk van voor de vorming van de kalkige afzettingen van het Boven-Krijt. Wel is nog enige verertsing aangetoond in het Vaalser Groenzand (De Wijkerslooth, 1949). Er wordt gedacht aan een ontstaan in de periode tussen Lias en Santonien, d.i. de tijd waarin het Ardennen-Eifelgebied een eerdere oprijzingsfase heeft doorgemaakt en in zijn geheel boven zee uitstak.

Geheel dezelfde soort schalenblendeafzettingen als bij Moresnet en Aken zijn enkele jaren geleden aangetroffen in boringen bij Valkenburg, gemaakt voor de exploitatie van warm bronwater (de 'Valkenburgse thermen') (zie

Pl. I, Fig. 1. *Chalcotrichiet van Rheinbreitbach. Afmetingen van het afgebeelde gedeelte 2,4 bij 3,7 mm. (Foto Van der Klugt).*

Fig. 2. *Pseudomalachiet van Nizjni Tagil, Oeral. Afmetingen 1,5 bij 3 cm. (Foto Van der Klugt).*

Fig. 3. *Calcietpseudomorfosen naar aragoniet, met zwavel, van Cianciana, Sicilië. Afmetingen 9 bij 13 cm. (Foto van der Klugt).*

Fig. 4. *Schalenblende uit de omgeving van Aken. Afmetingen van het afgebeelde stuk 9,5 bij 14,5 cm. De lichte lagen bestaan uit zinksulfide waarin verspreide kristalletjes van loodglans. De duidelijk kristallijne buitenste lagen bestaan uit markasiet. (Foto Van der Klugt).*

Fig. 5. *Chalcedoon, pseudomorf naar fluoriet, uit Zevenburgen (= Dacië of Transsylvanië). Afmetingen: 5 bij 6,5 cm. (Foto Van der Klugt).*

Fig. 6. *Fluoriet (waarop enige chalcopryiet) van Gersdorf, Saksen. Afmetingen: 5 bij 10 cm. (Foto Van Straaten).*

Fig. 7. *Malachiet van (?) Tsumeb, Namibië. Afmetingen van het afgebeelde gedeelte: 3,6 bij 5,6 mm. (Foto Van der Klugt).*

Fig. 8. *Robijn in phlogopiet- en pyriet houdende marmer uit het Hunzadai, Karakorum; (gezamenlijke) afmetingen: 5 bij 7,5 cm. (Foto Van Straaten).*

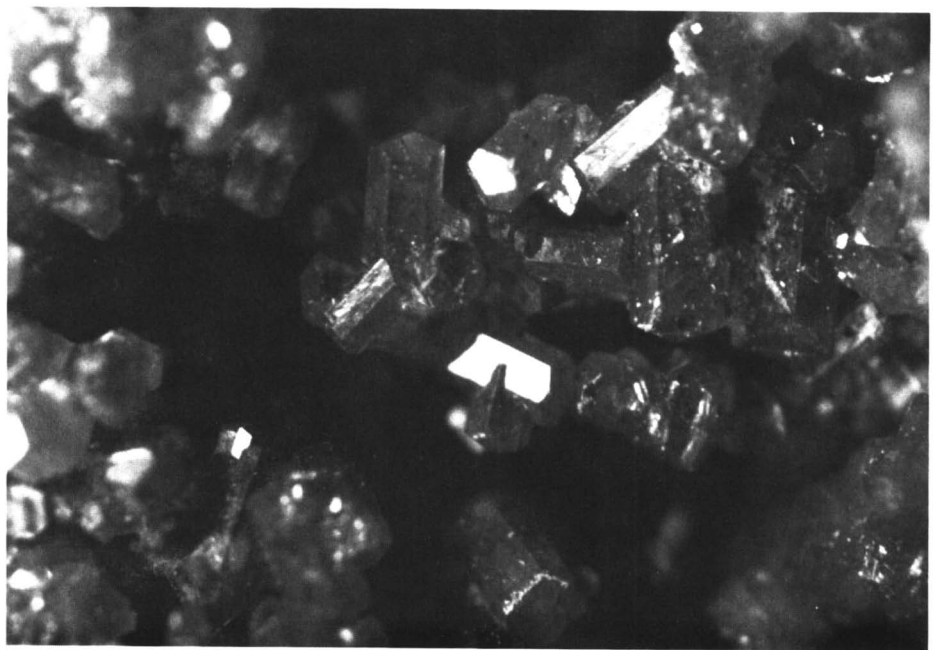


Fig. 4. *Willemiet; (kandij-bruine) kristalletjes: prisma's, afgeknot door rhomboëdervlakken, van Plombières (Bleiberg). Afgebeeld gedeelte: 7,7 bij 12,0 mm. (Foto Van der Klugt).*



Fig. 1



Fig. 2

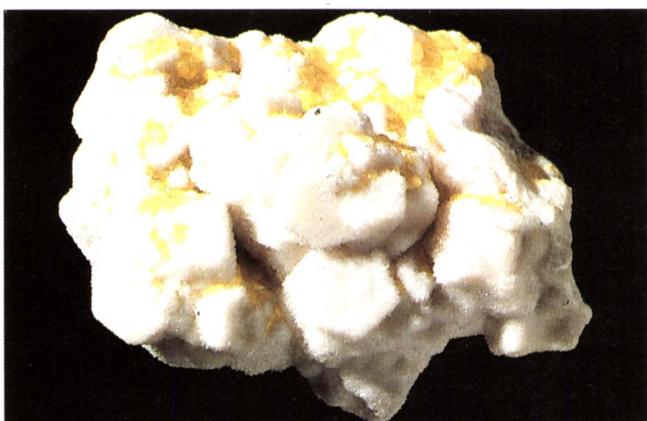


Fig. 3



Fig. 4



Fig. 5



Fig. 6



Fig. 7



Fig. 8

Friedrich et al., 1987). De erts en zijn afgezet in de bovenste lagen van de Onder-Carbonische kalksteen ('kolenkalk') die hier direct bedekt wordt door Boven-Krijt-sedimenten. Hun ouderdom is blijkbaar dezelfde als die van de ertsvormingen in het Aken-Moresnet-gebied. Het is zeer waarschijnlijk dat ook in de Onder-Carbonische ondergrond van het Zuidlimburgse mijngebied dergelijke ertsenvorming zijn en dat daaruit tijdens de Tertiaire wegzakking van breukschollen naar grotere diepten, een deel van de metalen is geremobiliseerd en langs de breuken naar boven is verplaatst. (dit dus in tegenstelling met wat vroeger vrij algemeen werd aangenomen, n.l. dat de mijnerts en even oud zouden zijn als die bij Aken en Moresnet).

Willemiet

Behalve zink- en loodsulfiden zijn in de genoemde streek, dicht bij de oppervlakte, ook andere erts en gevormd: cersussiet (loodcarbonaat) en talrijke zinkmineralen, samengevat als 'galmei': vooral smithsoniet (zinkcarbonaat), hydrozinkiet en hemimorfiet (beide OH-houdende zinksilikaten) en willemiet, ZnSiO_4 . Dit willemiet werd bij Moresnet ontdekt en is in 1829 beschreven door de Franse mineraloog A. Levy, die het vernoemde naar Willem I, Koning der Nederlanden. De kristallen van willemiet zijn bijna altijd erg klein. Een goed voorbeeld van een aggregaat is te zien in fig. 4. Het is afkomstig van een van de loodmijnen bij Plombières (=Bleiberg), in het Geuldal vlak ten zuiden van de Nederlandse grens.

Chalcotrichiet

Het volgende hier te bespreken mineraal is afkomstig van Rheinbreitbach, bij Bad Honnef, ten zuiden van het Zevengebergte. Hier zijn vooral kopererts en belangrijk geweest. Over de voormalige mijnbouw bij deze plaats en de mineralen die er gevonden zijn, is een boekje geschreven door Fuchs, Kalbhenn en Muhr (1986). Het kopererts is hier samen met lood-, en zink-, ijzer- en zilvererts en afgezet in N-Z tot NNO-ZZW lopende kwartsgangen die geplooid Devonische afzettingsteenten doorsnijden. Vermoedelijk zijn de gangen bij de plooiing van deze gesteenten, in het Carboon, ontstaan. Veel later, in het Mioceen, is bazaltmagma door de gangen heengebroken waarbij, tengevolge van de vulkanische hitte, de metalen waarschijnlijk zijn geremobiliseerd.

Op enige diepte is het koper in hoofdzaak aanwezig als sulfiden, maar bij de aardoppervlakte zijn daaruit onder in-

vloed van oxydatie en grondwaterbewegingen allerlei secundaire mineralen ontstaan, o.a. gedegen koper, cupriet en malachiet.

Het cupriet (koperoxyde, Cu_2O) is deels aanwezig in zeer speciale vorm, n.l. als haarvormige kristallen (Pl. I, fig. 1): 'chalcotrichiet' (Gr. chalcos = koper, tricho- = haar-). Adriaan Camper, die in 1784 in een van de mijnen is afgedaald, schreef er over in zijn reisverslag: 'le cuivre est sublimé sous la figure que les mineurs appellent Federertz'.

De haarvorm heeft hier niets te maken met ketenvormige structuren van het kristalrooster: het mineraal is kubisch en het kristalrooster heeft in drie loodrecht op elkaar staande richtingen geheel dezelfde structuur. Onder de microscoop blijkt, dat de haren over hun gehele lengte nauwkeurig dezelfde dikte hebben, volkomen gladwandig zijn en een vierkante doorsnede bezitten. Aan het eind zijn ze begrensd door een loodrecht op de lengterichting staand (kubus)vlak. Het is nog niet duidelijk waardoor deze uitzonderlijk langgerekte 'kubi' zijn ontstaan. Sommige haren hebben een diameter van niet meer dan twee micrometer (=0,002 mm).

Plaatselijk zijn netwerken gevormd van loodrecht op elkaar staande haren.

Pseudomalachiet

Een ander opmerkelijk mineraal dat in 1788 in Rheinbreitbach als aparte soort werd onderkend is pseudomalachiet (Fuchs et al., 1986). Zoals de naam zegt lijkt het (vaak) bedrieglijk veel op malachiet; het verschilt ervan in chemische samenstelling: malachiet is een carbonaat: $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$, pseudomalachiet een fosfaat: $\text{Cu}_5(\text{OH})_4(\text{PO}_4)_2$. In 1810 is hetzelfde mineraal aangetroffen in een mijn bij het naburige Ehl (thans Erl, zie Markl, 1990). Vervolgens meende men dat het mineraal van Ehl een iets andere verhouding van de chemische bestanddelen bezat en noemde men dit laatste Ehliet. Nieuw onderzoek heeft aangetoond, dat de twee toch tot één en dezelfde soort behoren.

Het in Pl. I, fig.2 afgebeelde voorbeeld is niet afkomstig uit Ehl, maar uit Nizjni Tagil, in de Oeral (N.van Sverdlovsk). Deze plaats is beroemd door de grote hoeveelheden fraaie malachiet die er zijn gedolven. Verwarrend is dat de pseudomalachiet er samen voorkomt met de echte malachiet, wat gemakkelijk tot verkeerde determinaties leiden kan.

Malachiet

De concentrisch-schalige structuur die vooral bij malachiet zo algemeen is berust uiteraard op de opbouw uit radiaal geplateerde, zijdelings met elkaar vergroeide, naaldvormige kristallen, die loodrecht op de schaaloppervlakken staan.

Soms blijft er, na een meer aangesloten begingedeelte, tussen de uiteinden van de naalden enige ruimte over, zodat min of meer borstel- of pluimvormige aggregaten ontstaan. Breekt men zulke naalden los, dan vertonen ze, in tegenstelling tot de eerder genoemde chalcotrichietnaalden, meestal een puntig toelopend begin. Dit is begrijpelijk, gezien de radiaire structuur, die bij chalcotrichiet, althans bij de voorbeelden in de Groningse collectie, ontbreekt.

Een ongebruikelijke vorm van malachiet is te zien in Pl. I, fig 7: helder doorschijnende, fraai gevormde, langgerekte, duidelijk monokliene kristallen, tot 0,5 cm lang. Enkele zijn vertweelind. Hier en daar vormen ze rozetten. De ondergrond is kwarts. Als vindplaats wordt vermeld Teruel (Spanje). Daar er uit dit gebied weliswaar malachiet bekend is (Martin, 1936), maar geen melding gemaakt wordt van zulke uitzonderlijke, grote kristallen, kan men zich afvragen of hier een vergissing gemaakt is. Mogelijk heeft op het oorspronkelijke etiket, onduidelijk geschreven, Tsumeb (in Namibië) gestaan, waar inderdaad fraai gekristalliseerde malachiet voorkomt (zie bijv. Lieber, 1973).

Fluoriet

De heldere kubi van Pl. I, fig. 6, zijn natuurlijk direct herkenbaar als fluorietkristallen. Opvallend is echter hun gele kleur. Het stuk komt van Gersdorf, in het gangengebied van Freiberg (Saksen), ten N. van het Ertzgebirge. Freiberg zelf is voor mineralogen min of meer een heilige plaats: aan de Bergakademie aldaar doceerde, twee eeuwen geleden, Abraham Gottlob Werner, een der grondleggers van de mineralogie, vooral bekend door zijn boek 'Von den äusserlichen Kennzeichen der Fossilien' (1774) (mineralen heetten toen nog fossielen). De gele kleur hangt volgens Siebel (1941) mogelijk samen met een, overigens zeer gering ijzergehalte.

De gangen in dit gebied dateren gedeeltelijk uit de Boven-Carbonische plooiingsperiode. In de diepte drongen toen granietmagma's omhoog, waaruit allerlei stoffen naar boven stegen, die zich in spleten in het gesteente

tedak afscheid. Andere spleetafzettingen, waaronder die met de gele fluoriet, zijn echter vermoedelijk veel later ontstaan, in het Mesozoïcum en/of Tertiair, misschien ook weer (zie bij de erts in de Limburgse mijnen) door remobilisatie van materiaal uit oudere gangen.

Chalcedoon

In Pl. I, fig. 5 zijn lichtblauwe, kubische kristallen te zien. Hun vorm is als die van fluoriet, maar ze bestaan uit chalcedoon (SiO_2): een tweede vorm van pseudomorfose. Het steentje komt uit Zevenburgen (nu in Roemenië), waar er volgens Hintze (1915) in het Laposgebergte veel van deze soort gevonden zijn. De kubi zitten in geoden en op platen van chalcedoon, die los op het veld liggen en afkomstig zijn uit gasholten en spleten in dacietische en andesietische gesteenten van de vulkanische binnenboog van de Karpathen.

Chalcedoon bestaat uit radiaal geplaatste kwartsvezels, waarbij de kristallografische c-as loodrecht op de vezelrichting staat. Door de radiaire bouw van de aggregaten eindigen de vezels op gewelfde, convexe oppervlakken. Bij de hier gevonden pseudomorfosen zijn de welvingen als het ware afgesneden door de kubusvlakken van de oorspronkelijke fluoriet, waardoor op deze vlakken onder de microscoop systemen van uiterst fijne, concentrische richeltjes te zien zijn. Bij de omzetting in SiO_2 is ook de oorspronkelijke (macro-) mozaïekbouw van de kristallen (zie hierover bijv. Burke, 1987) bewaard gebleven. De bovengenoemde richeltjes houden bij de voegen tussen de mozaïek-eenheden abrupt op: de stelsels aan weerskanten van de scheidingen sluiten niet op elkaar aan. Blijkbaar konden de chalcedoonvezels niet over deze grenzen heengroeien.

In tegenstelling tot veel andere pseudomorfosen, resulteerde de materiaalvervanging hier niet in grote porositeit van de 'kristallen', of in de aanwezigheid van een open gebleven centrale holte, maar vulde de chalcedoon de kubische kristalvormen geheel op. In het verleden is daarom zelfs wel geopperd dat het geen pseudomorfosen zouden zijn, maar kristallen van een kubische modificatie van SiO_2 .

Melanophlogiet

Al is de laatst besproken mineraalvorm dus geen kubische SiO_2 , een kiezelzuurmodificatie die wel in het kubische stelsel kristalliseert bestaat er wel, n.l. (hoge) cristobaliet, dat oorspronkelijk



Fig. 5. Melanophlogiet op (skalenoëdrische) calcië van Racalmuto, Sicilië. De kubusribben van de melanophlogiet zijn 2,5 mm lang. (Foto Van der Klugt).

alleen uit vulkanische gesteenten bekend was, maar naar later bleek zich ook bij lage temperaturen vormt, vooral als beginstadium bij de vorming van chalcedoon uit kiezelgelen. In vulkanische gesteenten is het meestal aanwezig als (zeer) kleine oktaëdertjes. De cristobaliet in sedimenten bestaat overwegend uit microscopisch kleine vezeltjes.

Een andere vorm van kubische SiO_2 is het zeldzame melanophlogiet⁵, dat voorkomt als kleine kubi, meest < 1 mm, in associatie met zwavel. Het is het lichtste van alle kiezelmodificaties (d 2,04), maar bevat ook bijgemengde organische stof. Uit een vijftal chemische analyses, vermeld door Hintze (1915) blijkt, dat het mineraal bovendien zwavel bevat, gemiddeld ca. 6%, dat echter misschien deel uitmaakt van de ingesloten organische stof.

De kristallen van het stukje van fig. 5, zijn licht bruinachtige, waterheldere kubi, tot 2,5 mm groot en met eigenaardig getrapte vlakken. In de figuur is één daarvan te zien, gegroeid op een aggregaat van puntige (skalenoëdrische) calciëtkristallen. Deze vormen, samen met grote zwavelkristallen, de bekleding van een holte in mergelig gesteente. Het stukje is afkomstig van Racalmuto, ten N.O. van Agrigento op Sicilië.

Pseudomorfosen van calcië naar aragoniet, met zwavel

Een tweede steen uit Sicilië, van Cianci-ana, ten N.W. van Agrigento, is afgebeeld in Pl. I, fig. 3. Het bestaat uit calcië en zwavel, maar de calcië is se-

cundair ontstaan uit (en op) aragoniet, een bij gewone temperatuur en druk metastabiele modificatie van calciumcarbonaat, CaCO_3 . De oorspronkelijke vorm van de aragonietkristallen bleef bewaard: het waren drielingkristallen die lijken op hexagonale prisma's. Bij de hier gevormde pseudomorfosen (in een geval als dit, waar de chemische samenstelling gelijk blijft, spreekt men ook wel van paramorfosen) is de calcië nog verder doorgegroeid, met kristalpunten loodrecht op de oorspronkelijke kristaloppervlakken.

De zwavel van deze Siciliaanse vindplaatsen heeft niets met vulkanisme te maken, maar is het resultaat van reductie van calciumsulfaten: gips en anhydriet, door organische stoffen, mogelijk vooral methaan (CH_4). Dit proces kon zich bij betrekkelijk lage temperaturen voltrekken door tussenkomst van bacteriën. De calciumsulfaten waren oorspronkelijk ontstaan door indamping van zeewater aan het eind van het Mioceen, toen in het daar heersende woestijnklimaat, de Middellandse Zee droog kwam te liggen. Door gebergtevorming is de formatie later tot boven de huidige zeespiegel opgeheven.

Calcië

Regelmatige zeszijdige prisma's, afgeknot door loodrecht op de prisma-as (c-as) staande platte vlakken, komen bij aragoniet niet voor, maar wel, zij het weinig algemeen, bij de stabiele modificatie van CaCO_3 , het calcië. Bekend zijn de kristallen van St. Andreasberg in de Harz, van welke plaats ook het stuk van



Fig. 6. Calciet (prisma's met basisvlakken) van St. Andreasberg, Harz. Afmetingen 8 bij 10 cm. Het donkere randje aan de basis van de grote kristallen bestaat uit loodglans. (Foto Van der Klugt).

Harz, van welke plaats ook het stuk van fig. 6 afkomstig is. Naar de gangmineralen van St. Andreasberg is veel onderzoek gedaan. Ze zijn afgezet onder invloed van een in het Boven-Carboon omhooggedrongen granietmagma. De gevormde graniet hoort tot een complex dat iets meer noordoostelijk over een oppervlakte van ca. 100 km² aan de oppervlakte komt en o.a. de hoogste berg van de Harz, de Brocken, omvat.

In een gedetailleerde studie komt Wilke (1952) tot de conclusie dat dit soort prismatische calcietskristallen hier vooral ontstond bij middelmatig hoge temperaturen, van de orde van 200° C. Bij hogere temperaturen, vormen zich zeer korte prisma's, eigenlijk prismatische plakken, de zgn. 'Blätterspath' (zie ook het van Wilke overgenomen schema, afgebeeld in Burke, 1985).

Kylindriet

Een zeer bijzonder en zeer zeldzaam mineraal is kylindriet (fig. 7). Voor zover de schrijver bekend is, is het tot nu toe alleen in Bolivia gevonden in enkele ertsminen in de oostelijke Andes, bij Poopo, Z.O. van Oruro (zie bijv. Lieber, 1980). Het is een ijzer-antimoon-tinloodsulfide. Makovicky (1974) geeft als formule op: $\text{FePb}_3\text{Sn}_4\text{Sb}_2\text{S}_{14}$. Het is het enige mineraal dat macroscopisch zichtbare cilindrische kristallen vertoont. Het kristalrooster is opgebouwd uit twee soorten, met elkaar afwisselende platen, die niet precies op elkaar passen, maar in gekromde staat wel aan elkaar blijven zitten. Eerst worden nog enigszins onregelmatige kokertjes gevormd, die bij omhulling door nieu-

we platen geleidelijk meer een cilindrische vorm krijgen.

Er bestaan nog enkele andere mineralen die op deze manier gebouwd zijn, bijv. halloysiet (een kleimineraal) en chrysotiel (=serpentine-asbest), maar daarbij zijn de buisjes van submicroscopische afmetingen. Kylindriet is afgezet als gangmineraal: de gangen (in Paleozoïsche sedimenten) zijn in het Tertiair ontstaan door stoftoevoer uit grote magmalichamen, die stolden als vulkanische gesteenten.

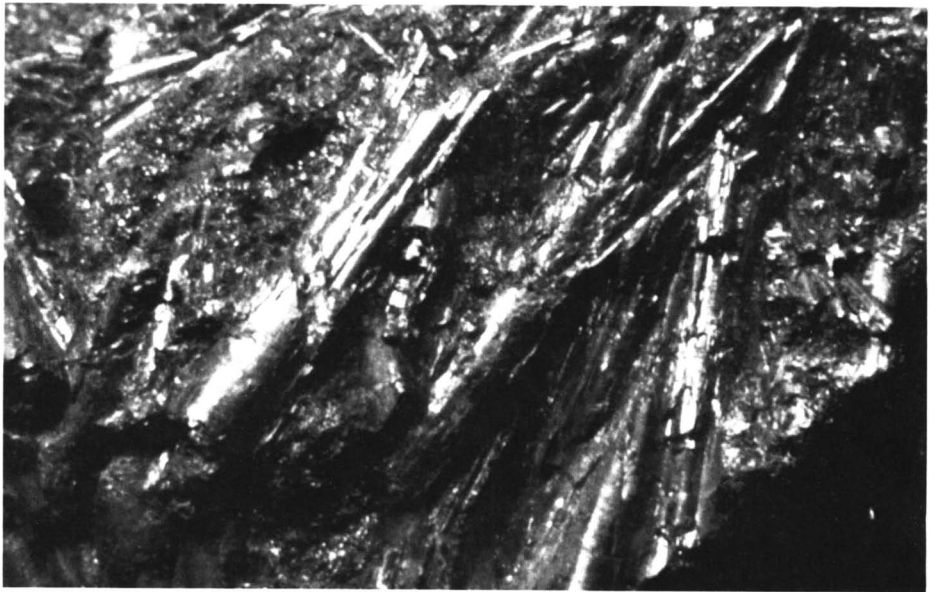


Fig. 7. Kylindriet van Poopo, Bolivia. Afmetingen van het stuk 4,5 bij 8,5 cm. Afgebeelde gedeelte 2,6 bij 4,0. (Foto Van Straaten).

Robijn

Het laatste mineraal dat hier besproken zal worden is door metamorfose ontstaan. Metamorfose omvat alle processen die leiden tot veranderingen in structuur en/of mineralogische samenstelling van een gesteente door omkristallisatie bij verhoogde temperatuur en/of druk. Zo kan uit klei, via tussenstadia, glimmerschist ontstaan, uit kalksteen marmer. In Pl. I, fig. 8, zijn stukjes marmer met phlogopiet (een lichtbruine glimmer, $\text{KMg}_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$) en robijn afgebeeld. Ze komen uit het Hunzadal in de Karakorum. Robijn is korund (aluminiumoxyde, Al_2O_3) dat door bijmenging van enig chroom rood is gekleurd. Korund kan zowel door magmatische processen als bij metamorfose worden gevormd. Wel zijn daarvoor hoge temperaturen en drukken vereist. Uit geochemisch-mineralogisch onderzoek van de marmers in het Hunzadal blijkt volgens Okrusch et al. (1976) dat de temperatuur daar tussen 600 en 700° C heeft bedragen en de druk tot 7 kbar, corresponderende met een diepte onder de aardoppervlakte van 25 km. Dat

gesteenten die op zulke diepten gevormd zijn hier aan de oppervlakte komen is in dit geval een gevolg van de onderschuiving van de Indiase continentale schol onder de zuidrand van het Aziatisch continent. Dit randgedeelte is daarbij omhooggedrukt, hetgeen resulteerde in de vorming van een zeer hoog gebergte. Door de grote hoogte waren ook de verwerking en de erosie bijzonder sterk en is sinds het jong-Tertiair, toen de onderschuiving begon (zie bijv. Mitchell en Garson, 1981), dus in betrekkelijk korte tijd, een

gesteentelaag van zeer grote dikte door erosie verdwenen. Het op deze wijze dunner worden van de soortelijk relatief lichte continentale korst leidde namelijk op zijn beurt tot een snelle bodemrijzing, als bij een in water drijvende stapel planken waarvan aan de bovenkant planken worden weggenomen.

Ook op het ogenblik is deze oprijzing nog zeer snel: voor de gehele Karakorum gemiddeld 2 mm per jaar (zie Owen, 1989).

Dankwoord

De schrijver maakte bij het tot stand komen van dit artikel dankbaar gebruik van informatie en faciliteiten verschaft door de heren W.M. Felder (Heerlen) en Dr. W.F.M. Kimpe (Gulpen). Voor de fotografie is hij veel dank verschuldigd aan de heren P.C.M. van der Klugt (Haarlem) en J. Koolhaas (Assen).

Summary

This is the first of a series of short papers dealing with the geological collections of the State University at Gronin-

gen. Since the Dutch authorities, in their wisdom, have eradicated the geology department of this university (together with those of the State Universities at Leiden and Amsterdam) the collections kept there run the risk of undergoing the same fate. By making the Groningen collections more generally known to people interested in geology, and thereby possibly increasing the public awareness of their existence, the author hopes to contribute to their preservation. The series starts with introducing the mineralogy division. After a brief review of its history a few species are picked out, viz. pseudogaylussite; sphalerite from the (former) Dutch collieries; schalenblende; willemite; chalcotrichite; pseudomalachite; malachite; yellow fluorite; chalcedony pseudomorphs after fluorite; melanophlogite, calcite pseudomorphs after calcite, and sulphur from Sicily; prismatic calcite from the Harz, kylindrite and ruby.

Noten:

1. Dit is juist de zaal van fig.3 in het artikel van Veenstra. De foto is afkomstig uit een publicatie van Van Calker (1905). De zaal was toen uitsluitend in gebruik voor de mineralogie.
2. O.a. bekend door het door Goldfuss naar hem genoemde fossiel *Thecia swinderenana*, dat in Groningse erratica wordt aangetroffen.
3. Thomassen à Thuessink (1762-1832), zoon van een burgemeester van Zwolle, werd in 1794 hoogleraar in de geneeskunde te Groningen.
4. Daar thynoliet genoemd.
5. Zo genoemd omdat het bij verhitting zwart wordt (Gr. melas = zwart, phlegma = verbranden, verhitten).

Het adres van de auteur:

Westerse Drift 64
9752 LJ Haren

Literatuur

- Baren, J. van, 1926. Bijdrage tot de kennis van pseudogaylussiet. Meded. Landbouwhoogeschool, 30, Verh. 3, 22 pp.
- Bredden, H., 1962. Neue Erkenntnisse zur Geologie der Aachener Thermalquellen. Geol. Mitt. (Aachen), 1, pp. 211-238.
- Burke, E.A.J., 1982. 'Pseudogaylussiet'-kristallen in Nederland. Gea, 15, pp. 57-58.
- 1985. Kristalvormen en de vorm van kristallen. Gea, 18, pp. 112-117.

- 1987. Mozaïekkristallen. Gea, 20, pp. 100-103.
- Calker, F.J.P. van, 1897. Beitrag zur Kenntnis des Pseudogaylussit, und über dessen Vorkommen in Holland. Zeitschr. f. Kryst. usw., 28, 6, pp. 556-572.
- 1899. Korte Mededeelingen. In: Bijdragen tot de kennis van de provincie Groningen. Groningen, Wolters. pp. 82-87.
- 1905. Das mineralogisch-geologische Institut der Universität zu Groningen. Mitt. Min. Geol. Inst. Reichsuniv. Groningen, 1, pp. 1-39.
- Camper, A.G., 1784. Voyage de Dusseldorf, pour examiner les volcans du bord du Rhyn, depuis Bon jusques a Coblenz. (ongepublic.).
- Cauet, S., Weis, D., and Herbosch, A., 1982. Genetic study of Belgian lead-zinc mineralizations in carbonate environments through lead isotopic geochemistry. Bull. Bur. Rech. Géol. Min. (2), Sect. II, 4, pp. 329-341.
- Dimanche, F., Ek, C. et Frenay, J., 1979. Minéralisations plombo-zincifères belges. Minéralogie, géologie, métallurgie. Ann. Soc. Géol. Belg. 102, pp. 417-429.
- Douw, A.H. en Oorthuis, G.J., 1945. Verslag over de vindplaatsen van mineralen in de Zuid-Limburgse mijnen. Rapport Geol. Bureau Heerlen. 42 pp.
- Friedrich, G., Bless, M.J.M., Vogtmann, J. and Wiechowski, A., 1987. Lead-zinc mineralization in Dinantian rocks of boreholes Therae 2000 and Therae 2002 (Valkenburg a/d Geul, The Netherlands). Ann. Soc. Géol. Belg. 110, pp. 59-75.
- Fuchs, H.J., Kalbhenn, S. und Muhr, M., 1986. Rheinbreitbach. Haltern (Westf.), Bode. 48 pp.
- Graf, H.W., 1990. Blei- und Zinkerzbergbau um Stolberg bei Aachen. Aufschluss, 41, pp. 111-130.
- Gripp, K. und Tufar, 1974. Pseudogaylussit führende Konkretionen aus dem Wattenmeer. Meyniana, 25, pp. 21-30.
- Gübelin, E., 1982. Die Edelsteinvorkommen Pakistans. I. Die Rubine aus dem Hunzatal. Lapis, 7, 5, pp. 19-26.
- Gussone, R., 1961. Die Blei-Zinkerz-Lagerstätten der Gegend von Aachen. Aufschluss Sonderheft 10, pp. 19-25.
- 1967. Mitteilungen über die Blei-Zink-Erzlagerstätten der Umgebung von Aachen-Stolberg. Jahrb. Landesamt f. Forsch. Nordrhein-Westfalen, Köln, pp. 139-157.
- Hintze, C., 1915. Handbuch der Mineralogie. Bd. 1. Leipzig, Von Veit. 2674 pp.
- Jonker, H.G., 1914. Levensbeschrijving van Prof. Dr. F.J. van Calker. Jaarb. 1914 Geol. Mijnb. Gen. Ned. en Kol., pp. 1-20.
- Kimpe, W.F.M., 1963. Géochimie des eaux dans le Houiller du Limbourg (Pays Bas). Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnb. Gen. Geol. Ser., 21-2, pp. 25-45.
- Klockmann, F., 1910. Die Erzlagerstätten der Gegend von Aachen. pp. 1-30 in Festschr. XI Allg. deut. Bergmannstage in Aachen. Kön. Geol. Landesanstalt, Berlin.

- Lieber, W., 1973. Der Mineraliensammler. Thun, Ott. 275 pp.
- 1980. Kylindrit aus Poopo, Bolivien. Aufschluss, 31, pp. 511-519.
- Markl, G., 1990. Ehl bei Linz am Rhein: Wiederddeckung einer verschollenen klassischen Fundstelle. Lapis, 15, 10, pp. 25-28.
- Martin, R., 1936. Die Geologie von Camarena de la Sierra und Riudera (Prov. Teruel, Spanien). Leidsche Geol. Meded. VIII, 1, pp. 55-154.
- Makovicky, E., 1974. Cylindrite- $\text{FePb}_3\text{Sn}_4\text{Sb}_2\text{S}_{14}$ a compound transitional to an epitaxial intergrowth. Fortschr. d. Min. 52, Beiheft 2, pp. 49-52.
- Meyer, W., 1988. Geologie der Eifel. 2te Aufl. Stuttgart, Schweizerbart, 615 pp.
- Mitchell, A.H.G. and Garson, M.S., 1981. Mineral deposits and global tectonic settings. London, Academic Press, 405 pp.
- Oenema, S., 1990. Pseudogaylussiet in het Nederlandse en Duitse kustgebied. Grondboor en Hamer, pp. 106-108.
- Okrusch, M., Bunch, T.E. and Bank, H., 1976. Paragenesis and petrogenesis of a corundum-bearing marble at Hunza (Kashmir). Mineral. Deposita, 11, pp. 278-297.
- Owen, L.A., 1989. Terraces, uplift and climate in the Karakoram Mountains, Northern Pakistan. Zeitschr. Geomorphol., N.F., Suppl. Bd. 76, pp. 117-146.
- Richter, D. 1985. Aachen und Umgebung. 3e Aufl. Samml. Geol. Führ. 48, Berlin, Bornträger, 302 pp.
- Shearman, D.J. en Smith, A.J., 1990. Ikaiet, het oorspronkelijke mineraal van de pseudomorfosen van het jarowiet-type. Grondb. en Hamer, Jrg. 44, pp. 16-21.
- Siebel, J., 1941. Beitrag zum Farbproblem des Fluorits. Inaug. Diss. Bonn. Magdeburg, Trommler. 76 pp.
- Straaten, L.M.J.U. van, 1989. De mineralogische collectie. pp. 79-88 in J. 1/4 Schuller tot Peursum-Meyer en W.R.H. Koops, eds. Petrus Camper (1722-1789). Univ. Mus. Groningen., 148 pp.
- Swinderen, Th. van, 1817. Almanak der Akademie van Groningen voor 't jaar 1817. Groningen, 148 pp.
- Veenstra, H.J., 1990. Hoofdpersonen uit de geologie aan de Rijksuniversiteit te Groningen, 1877-1985. Grondboor en Hamer, 1990, pp. 77-84.
- Voorhoeve, M.E., 1989. Het museum, van Natuurlijke Historie. p. 100-107 in J. Kingma, W.R.H. Koops en F.R.H. Smit. Universitair leven in Groningen 1614-1989. Univ. Mus. Groningen. 202 pp.
- Werner, A.G., 1774. Von den äusserlichen Kennzeichen der Fossilien. Leipzig, Crusius. 304 pp.
- Wilke, A., 1952. Die Erzgänge von St. Andreasberg im Rahmen des Mittelharz-Ganggebietes. Geol. Jahrb. Beiheft 7, 228 pp.
- Wijkerslooth, P. de, 1949. Die Blei-Zink-Formation Süd-Limburgs (Holland) und ihr mikroskopisches Bild. Meded. Geol. Stichting, N.S., 3, pp. 83-102.