

# HET SYSTEMATISCH VERZAMELEN VAN MINERALEN [II]

door drs. W. R. Moorer

U herinnert zich nog dat alle materie is opgebouwd uit 104 enkelvoudige basisstoffen: de zgn. elementen, waarvan we er niet meer dan 50 regelmatig en in redelijke hoeveelheden aantreffen. Deze elementen kunnen zich verenigen en vormen dan (scheikundige) verbindingen. Dat verenigen gebeurt niet willekeurig maar doorgaans in zeer bepaalde onderlinge verhoudingen van de samenstellende elementen.

In het mineraal bariet ( $\text{BaSO}_4$ ) zien we dat de samenstellende elementen barium (Ba), zwavel (S) en zuurstof (O) zich verhouden als 1:1:4. Nogmaals, deze verhouding betreft het aantal atomen en is niet de gewichtsverhouding, omdat alle elementen met elkaar van gewicht verschillen. We spreken over  $\text{BaSO}_4$  als van de verhoudingsformule van bariet. Het molecuule (kleinste eenheid van een chemische verbinding)  $\text{BaSO}_4$  vormt een scheikundige eenheid.

De meeste stoffen en bijna alle mineralen bezitten een inwendige ordening die tot uitdrukking komt in de uitwendige kristalvorm, maar vooral in een aantal fysische eigenschappen.

De samenstellende elementen van een kristal lijne stof zijn ruimtelijk streng geordend. In een kristal van bariet bevinden zich de atomen barium in een bepaalde positie ten opzichte van de atomen S en O. Kristallografen kunnen deze posities nauwkeurig vaststellen; zij zoeken dan naar een zo klein mogelijke ruimtelijke eenheid waarmee door veelvuldige herhaling het gehele kristal kan worden opgebouwd gedacht.

Binnen die kleine eenheidsruimte - de eenheids cel - bevinden zich de samenstellende elementen van de onderzochte stof, natuurlijk in dezelfde onderlinge verhouding als de verhoudingsformule van die stof aangeeft. Vaak bevinden zich, om de gehele symmetrie van het kristal te kunnen verklaren, meerdere scheikundige eenheden in de eenheids cel: de kristalchemische eenheid wordt dan uitgedrukt als een aantal malen de verhoudingsformule.

Voorbeeld. Het mineraal wollastoniet bestaat uit calcium (Ca) silicium en zuurstof in de verhouding 1:1:3 zodat de verhoudingsformule luidt:  $\text{CaSiO}_3$ . Nu hebben de kristallografen bepaald dat een kristal van wollastoniet opgebouwd is uit een herhaling van lange ketens  $\text{SiO}_3$  met daartussen het Ca.

Die ketens zijn gewonden in een spiraal die zich na drie windingen  $\text{SiO}_3$  herhaalt. De formule wordt daardoor  $(\text{CaSiO}_3)_3$  of  $\text{Ca}_3\text{Si}_3\text{O}_9$ . Daarnaast zijn de posities van de ketens onderling nog vastgelegd in de eenheids cel zodat we kunnen schrijven  $(\text{CaSiO}_3)_{3n}$ , n afhankelijk van de gekozen eenheidsruimte.

Enerzijds geeft een ingewikkelder formule dus meer informatie over niet alleen de chemische samenstelling maar ook over de opbouw van de stof, anderzijds is het werken met gewone verhoudingsformules wel zo eenvoudig

Voor ons doel, nl. het systematisch indelen van de verzamelde stukken in het zes-groepen-systeem, beperken we ons in de meeste gevallen tot de bekende formules. Tevens is dit de meest gebruikte manier om een mineraal in formule te schrijven; dit geldt ook voor de meeste boeken over mineralen inclusief de niet al te diep gaande grote handboeken over systematische mineralogie.

De krachten die een rol spelen bij de vereniging van twee of meer elementen, waardoor een chemische verbinding ontstaat, onderscheiden we in een klein aantal zgn. bindingstypen, waartussen overigens een vloeiend verloop bestaat. Een van die bindingstypen is de ionenbinding. Een ion is een elektrisch geladen atoom of atomeengroep. De elektrische lading kan positief of negatief zijn, zij kan 1, 2, 3 of soms meervoudig per ion zijn.

Het blijkt nu, dat een aantal elementen bij voorkeur positief, een ander aantal elementen bij voorkeur negatief geladen worden. Een chemische binding (of een gehele kristalchemische structuur) die vnl. optreedt door de vereniging van positieve ionen (kationen) met negatieve ionen (anionen), daarbij een elektrisch neutrale verbinding vormend, heet een ionenbinding.

Het klassieke voorbeeld is het gewone keukenzout (ofwel het mineraal haliet):  $\text{NaCl}$ , natriumchloride, dat tegenwoordig door de Rijn in zeer grote hoeveelheden wordt meegevoerd. Terwijl opgelost in water losse ionen  $\text{Na}^+$  en  $\text{Cl}^-$  aanwezig zijn, zijn deze ionen in een kristal keukenzout juist door het verschil in lading aan elkaar gekoppeld en omdat de hoeveelheid lading per ion Na en Cl gelijk is (één per ion) is het resultaat van de elektrische aantrekkingskracht een neutraal produkt: een kristal natriumchloride.

Per definitie noemt met een metaal dát element dat neiging vertoont om positieve ionen te vormen. Een niet-metaal of metalloïde zal eerder neiging vertonen om negatieve ionen te vormen. Zuurstof, fluor, chloor zijn typische niet-metalen. Tussen beide groepen elementen staat een groep waarvan de vertegenwoordigers onder zekere omstandigheden positieve ionen en onder andere omstandigheden negatieve ionen vormen.

In de moderne scheikunde beschouwt men als complexe ionen alle van een lading voorziene atoomgroepen. Een aantal zeer veel voorkomende complexe ionen hebben voor het gemak een aparte naam gekregen. Eén van die ionen noemt men het sulfaation, de sulfaatgroep of kortweg sulfaat.

Een sulfaation is opgebouwd uit een zwavelatoom waaromheen vier zuurstofatomen regelmatig gegroepeerd zijn:  $\text{SO}_4$ -groep. Deze groep draagt twee negatieve ladingen, wat we als volgt weer geven:  $\text{SO}_4^{2-}$  of  $\text{SO}_4^{--}$ . Wanneer de neiging van het sulfaation om positieve ionen aan te trekken geresulteerd heeft in een stabiele verbinding, noemt men zo'n verbinding (ook) een sulfaat. Is

het positieve ion het metaal barium ( $Ba^{2+}$ -ion) dan heet de ontstane verbinding bariumsulfaat (in de mineralogie bariet). Vormt aluminium met de sulfaatgroep een verbinding, dan heet de laatste dan ook aluminiumsulfaat. Hiervan is de formule  $Al_2(SO_4)_3$ . Aluminium is drievoudig positief geladen waardoor - om een elektrisch neutrale verbinding te krijgen - twee Al-ionen (6 positieve ladingen) zich verbinden met drie sulfaationen (eveneens 6, maar nu negatieve ladingen).

De haakjes om  $SO_4$  in  $Al_2(SO_4)_3$  dienen om aan te geven dat het  $SO_4$  in die verbinding een eenheid vormt; de 3 achter deze haakjes houdt in dat de sulfaatgroep-als-geheel drie keer voorkomt in een molecule aluminiumsulfaat. Zouden we het aluminiumsulfaatmolecule schrijven als  $Al_2S_3O_{12}$  (immers ook een verhoudingsformule) dan is het niet meer duidelijk of we met een sulfaat te maken hebben.

Bijna alle sulfaten die we in de mineralogie tegenkomen zijn van het ionenbindingstype.

Na deze algemene inleiding gaan we over tot de bespreking van groep III, de sulfaten. (Groep II, de silicaten, laten we rusten tot aan het eind van deze artikelenreeks omdat de samenstelling ervan erg ingewikkeld is).

### GROEP III, DE SULFATEN

Alleen in de allerbovenste laag van de aardkost treffen we vertegenwoordigers van de sulfaten aan. Dit hangt samen met de geochemische eigenschappen van het element zwavel en met de zuurstofspanning van de atmosfeer. Men telt ruim 200 sulfaten onder de mineralen. Slechts enkele zijn stabiel en komen veelvuldig tegen in verzamelingen, de meeste zijn niet stabiel en (dus) zeldzaam. Naast hun algemene eigenschap van ontstaan in oxiderende omstandigheden springen nog twee kenmerken van de sulfaatmineralen in het oog: hun geringe hardheid (doorgaans 2 à 3 "Mohs") en hun lage dubbelbreking.

De formules van de bekende mineralen bariet en coelestien zijn  $BaSO_4$  en  $SrSO_4$ , waarvan de "chemische" of systematische namen respectievelijk zijn bariumsulfaat en strontiumsulfaat.

Het mineraal anglesiet ( $PbSO_4$ ) is nauw verwant met deze twee maar is veel zeldzamer. Pb is het symbool voor lood. Steeds is hier één kation op één sulfaatanion aanwezig.

Het mineraal barytocelestien is een zgn. mengkristal van bariet en coelestien en wordt als volgt geschreven:  $(Sr, Ba)SO_4$ . Dit is geen verhoudingsformule omdat de komma tussen Sr en Ba betekent dat het aantal Sr-plus het aantal Ba-ionen gelijk is aan het aantal sulfaationen in het mengkristal. Er geldt dus dat  $(Sr+Ba):SO_4 = 1:1$  en niet dat  $Sr:Ba:SO_4 = 1:1:1$  zoals we zouden kunnen aflezen uit de niet-bestaande "verbinding"  $SrBaSO_4$ . Wordt het element Sr vóór Ba geschreven in een formule als van barytocelestien, dan betekent dit dat er meer Sr dan Ba aanwezig is. In een gewone verhoudingsformule maakte het juist in principe niets uit op welke plaats een element wordt geschreven, let U dus goed op zodra er komma's in een formule voorkomen. Een aantal fysische, chemische en geochemische factoren bepalen of

tussen twee leden van een mineraalfamilie (in ons voorbeeld  $BaSO_4$  en  $SrSO_4$  als eindleden van de mengkristalreeks) een continu, onderbroken of helemaal geen mengkristallen voorkomen. Het besproken verschijnsel van twee (of meer) elementen die elkaar "aanvullen" in bijvoorbeeld een mineraal noemt men diadochie. Vervangt Ba een gedeelte van het Sr in de verbinding  $SrSO_4$

zodat dus  $(Sr, Ba)SO_4$  of zelfs  $(Ba, Sr)SO_4$  ontstaat, dan heet dit diadoche vervanging van Sr door Ba. In veel gevallen neemt het "vervangende" element dezelfde kristallografische positie als het "verdrongen" element in, in het kristal. We spreken dan van isotypie.

Is nu ook nog de uiterlijke kristalvorm gelijk gebleven, dan spreken we van isomorfe vervanging. Isotype en isomorfe vervanging zijn dus speciale gevallen van het meer algemene verschijnsel der diadochie.

Het mineraal anhydriet:  $CaSO_4$ , behoort enigszins thuis bij de al genoemde sulfaten en doet ons direct denken aan het zeer verbrede mineraal gips (ook wel seleniet genoemd):  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ . U ziet dat gips twee moleculen water ( $H_2O$ ) op een molecuul  $CaSO_4$  bezit. U moet zich voorstellen dat deze twee moleculen water gegroepeerd zijn om het Ca. Het is namelijk zo, dat de  $SO_4$ -groepen groot zijn ten opzichte van de meeste metalen waarmee ze verbindingen kunnen vormen. De kleine metaalionen "rammelen" als waren het knikkers in de holten die opengelaten worden door een aaneenschikking van tennisballen ( $SO_4$ -groepen). Een van de redenen voor het optreden van dit zgn. kristalwater is, dat bij het uitkristalliseren een stabiele verbinding kan worden gevormd door de associatie van het water aan het Ca. Het Ca neemt wat grootte betreft een tussenpositie in: zowel  $CaSO_4$  als  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  zijn stabiele verbindingen. De metaalionen van Sr, Ba en Pb zijn groot en dit komt tot uitdrukking in het bestaan van de betreffende sulfaten zonder kristalwater.

Tot de mineralen met twee dezelfde metaalionen behoort bijvoorbeeld  $Na_2SO_4$  (thenardiet), maar tevens is mirabiliet:  $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$  niet onbekend.

Een lastige bijkomstigheid van een aantal sulfaten (en in het algemeen van veel "zoutmineralen") is het verschijnsel dat veel waterhoudende vertegenwoordigers hiervan in een droge atmosfeer (een deel) van hun kristalwater verliezen. Men noemt dit "verweren" en het uit zich meestal in het poederig worden van de oppervlakte. Verweren heeft hier dus een heel specifieke betekenis. Anderzijds zijn er mineralen die geneigd zijn water op te nemen of in oplossing te gaan, waarbij het mineraal zelfs chemisch kan "ontbinden". Beide processen komen we trouwens ook in de natuur tegen. Vooral magnesium-zouten zijn nogal gevoelig op dit punt. Epsomiet:  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  is een goed voorbeeld: in droge lucht verweert het snel terwijl het in vochtige lucht dreigt op te gaan lossen, het mineraal is dus slecht houdbaar.

Een paar zeldzame mineralen met formules als  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  en  $NiSO_4 \cdot 7H_2O$  lijken niet alleen in formule op epsomiet; ze behoren tevens tot dezelfde van de 32 kristalklassen en zijn dus isotyp met epsomiet.

Het mineraal melanteriet:  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  heeft wel een equivalente formule maar is niet isotyp met

epsomiet omdat het in een andere klasse kristalliseert.

Het mineraal brochantiet:  $\text{Cu}_4[(\text{OH})_6/\text{SO}_4]$ , bevat per molecule: 4 koperatomen, 6 hydroxylgroepen en een sulfaatgroep. Behalve het  $\text{OH}^-$  kunnen ook nog andere anionen zoals  $\text{F}^-$  (fluoranion),  $\text{Cl}^-$  (chloraanion) en  $\text{CO}_3^{2-}$  (carbonaatgroep of carbonaatanion) naast  $\text{SO}_4$  voorkomen. Gewoonlijk schrijft men alle anionen tussen vierkante haakjes en scheidt ze van elkaar door /- tekens.

Naast een aantal anionen kunnen in sulfaten tegelijk een aantal verschillende kationen aanwezig zijn. We noemen linariet:  $\text{CuPb}[(\text{OH})_2/\text{SO}_4]$ , caledoniet:  $\text{Cu}_2\text{Pb}_5[(\text{OH})_6/\text{CO}_3/(\text{SO}_4)_3]$ . hanksiet:  $\text{KNa}_{22}[\text{Cl}/(\text{CO}_3)_2/(\text{SO}_4)_9]$ .

Soortgelijke verbindingen bevatten vaak ook nog kristalwater. De elementen zuurstof en waterstof komen dan op meerdere plaatsen in de formule voor omdat ze deel uitmaken van verschillende groepen. Het is immers duidelijk dat  $\text{FeH}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  meer informatie bevat dan de "eenvoudigste" verhoudingsformule  $\text{FeH}_9\text{S}_2\text{O}_{12}$ .

Laat U niet intimideren door lange formules!

Nu we kennis hebben gemaakt met een aantal belangrijke basisbegrippen, tegelijk met een aantal sulfaatmineralen, kunnen we overgaan tot de verzameling zelf. Onze vitrine of afdeling die we hebben gereserveerd voor de sulfaten toont nu bijvoorbeeld een aantal barieten en gipsen en ook coelestien en melanteriet hebben we weten te bemachtigen, misschien zelfs epsomiet, hanksiet, linariet of nog andere sulfaten.

Zoals we bij de kwartsgroep ieder nummer op het mineraal lieten volgen door het symbool Si, zo laten we de sulfaatnummers volgen niet door het symbool S of de groep  $\text{SO}_4$ , maar door een kenmerkend metaal, in de verbinding aanwezig. De barieten worden dus genummerd 45/Ba, 46/Ba enz., de gipsen 67/Ca, coelestien 234/Sr etc. Bij sulfaten met verschillende metalen kiezen we het meest typische of het meest voorkomende metaalion. Hanksiet krijgt dus Na achter het nummer, voor caledoniet kiest men Pb maar keuzemoeilijkheden ontstaan bij bijvoorbeeld polyhaliet:  $\text{K}_2\text{MgCa}_2(\text{SO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  en linariet  $\text{PbCu}[(\text{OH})_2/\text{SO}_4]$ . Het verdient aanbeveling, omdat Ca al zoveel voorkomt in mineralen, om in het eerste geval K te kiezen. Uw eigen inzicht zal moeten bepalen of Pb of Cu bij linariet gekozen wordt. Zo kunnen we direct aan het symbool achter het nummer zien welk belangrijk metaal aan de opbouw van het betreffende mineraal deelneemt. Tevens zien we natuurlijk dat het beschouwde mineraal van de sulfaatafdeling komt zodat het (belangrijkste) kation zowel als het (belangrijkste) anion als het ware afleesbaar zijn van ieder stuk in de verzameling. Als we op deze manier te werk gaan verdiepen we ons inzicht in de samenstelling van de mineralen en blijft de verzameling voor ons leven, terwijl we worden aangemoedigd om niet alleen de allerbekendste mineralen ten toon te stellen.

wordt vervolgd

## GEODESIE

door J. D. Pruis

Onder geodesie verstaan we de wetenschap die zich bezig houdt met het bepalen van de grootte en de vorm van een gedeelte van het aardoppervlak. De resultaten drukken we uit in getallen of in getekende voorstellingen. Deze getekende voorstellingen zijn soms in de ruimte (relief en globe) doch bijna altijd in een plat vlak (kaarten en plans). geos - betekent aarde

desie - is afkomstig van het werkwoord beschrijven. Zoals bekend, is de aarde geen bol doch heeft een zeer onregelmatige oppervlakte (bergen, dalen en zeeën).

Afgezien van deze onregelmatigheid heeft de aarde een vorm die men geofde noemt.

De geofde is het oppervlak dat zich aan ons oog voor doet en wordt het best gedefinieerd als het vlak dat in elk van zijn punten loodrecht staat op de richting van de versnelling van de zwaartekracht. Men noemt deze richtingen de verticale.

Het oppervlak van stilstaand water, over de gehele aarde uitgebreid gedacht, vormt zo'n geofde en heeft ten naaste bij de vorm van een omwentelingsellipsofde, zodat ook analytisch deze vorm is bepaald. Van deze omwentelingsellipsofde is internationaal nauwkeurig de halve grote as en de afplatting vastgesteld n. l. halve grote as = 6378388 m, afplatting = 1 : 297.

De verrichte metingen op aarde zijn dus overal ongelijk. Men zou dus steeds de afwijkingen van de bolvorm of het platte vlak moeten bepalen. De afbeelding van de metingen, dit is de kaart, moet echter geschieden in een plat vlak. Daartoe moet dus de omwentelingsellipsofde afgebeeld - geprojecteerd - worden in een plat vlak. Dit noemen we de kaart-projectie.

De hogere geodesie houdt zich nu bezig met de bepaling van de omwentelingsellipsofde en de berekeningen op bol en ellipsofde; in de lagere geodesie, landmeten en waterpassen d. e. t. is aan de orde de afbeelding van het aardoppervlak, zoals dit werkelijk is, volgens de verticaal op een horizontaal vlak.

Deze verticale projectie kan zonder enig bezwaar worden toegepast, wanneer men maar binnen een oppervlak van  $50 \times 50 \text{ km}^2$  blijft. Men neemt aan, dat binnen deze oppervlakte de vormveranderingen als gevolg van de aanneming van een plat vlak in plaats van de ellipsofde of bol, verwaarloosd kunnen worden.

### LANDMETEN

Hieronder verstaan we het geheel van metingen en berekeningen dat er toe dient om een zuivere