

# CHEMISCHE FORMULES:

## hulpmiddel, geen toverspreuken IV \*)

door drs. W. R. Moorer

Het samenraapsel van letters en cijfers dat „chemische formule“ heet is er niet alleen voor chemici en mineralogen, maar is er voor u! U behoort tot de gelukkigen die verzamelobjecten gekozen hebben die (in tegenstelling tot verzamelwaardige dingen zoals postzegels, spaarpotten, orchideeën, boeken of fossielen) zó eenvoudig in elkaar zitten dat de hoedanigheid ervan beschreven kan worden met chemische formules.

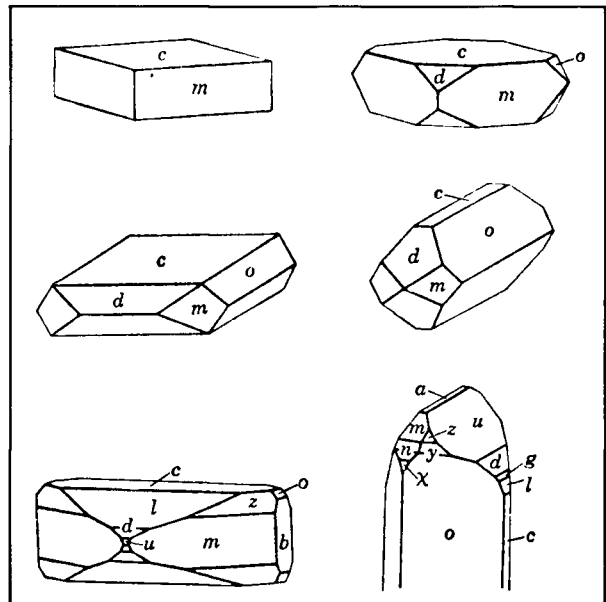
Enige tijd geleden hebben we ons afgevraagd of er soms lood zou zitten in het zware mineraal bariet. We zochten even de formule van bariet op:  $\text{BaSO}_4$  en konden met behulp van onze tabel vaststellen dat er géén lood aan te pas kwam in bariet. Bovendien wisten we meteen dat bariet kennelijk bestaat uit barium, zwavel en zuurstof (4x). Oók konden we makkelijk uitrekenen hoévél van elk der elementen Ba, S en O er in bariet zit. Allemaal met één hulpmiddel, de formule. Bij vragen naar de hoedanigheid van een postzegel, een orchidee of een roman is er geen formule die het antwoord „in zich“ heeft, en zal beantwoording minder gemakkelijk verlopen!

### Verwantschap

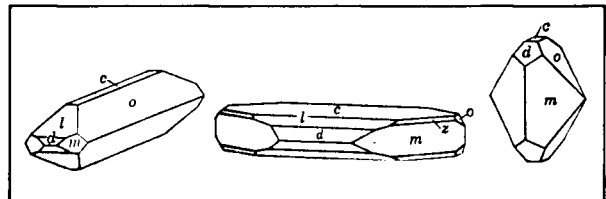
Wat voor de verzamelaar van mineralen het mooiste van formules is komt nog. We zullen gaan zien dat formules niet alleen dienen om de samenstelling uit de doeken te doen, maar dat ze ons ook informatie verschaffen over de mate van verwantschap tussen mineralen. En eigenlijk hebben we dáár het meeste aan. Ik kan mij goed voorstellen dat het een verzamelaar weinig kan schelen om te weten dat bariet is opgebouwd uit barium, zwavel en zuurstof. Het gaat toch immers om het bariet zélf en niet om zijn toch onzichtbare „onderdelen“?!

Iemand die erg van cake houdt zal willen proeven en willen vergelijken met andere soorten cake zonder in eerste instantie te vragen naar de bloem, de boter en de suiker waarmee hij gebakken is.

We gaan onze bariet eens naast de mineralen calciet en celestien (soms gespeld: coelestien, celestiet) zetten. Willen we méér weten dan dat wat met het blote oog kan worden waargenomen, dan slaan we een boek open en lezen nu eens niet over de formules heen, maar zien voor calciet:  $\text{CaCO}_3$  en voor celestien:  $\text{SrSO}_4$ . Zo, héé?, aha! Juist, vergelijking van de formules leidt tot de vaststelling dat bariet ( $\text{BaSO}_4$ ) en celestien beide  $\text{SO}_4$  in de formule hebben staan. Hiermee is een zeer belangrijk feit aan het licht getreden: bariet en celestien zijn verwant, ze behoren tot eenzelfde familie zullen we maar zeggen. De twee misschien ogenschijnlijk zo verschillende mineralen bariet en celestien tonen een grote mate van verwantschap die zich uit in vele gezamenlijke kenmerken, te danken aan het  $\text{SO}_4$ -gedeelte in beide formules. Afb. 1.



Afb. 1 a. Enkele kristalvormen van bariet ( $\text{BaSO}_4$ ).



Afb. 1 b. Enkele kristalvormen van celestien ( $\text{SrSO}_4$ ).

### Terug naar de horeca

Bij het opnemen van een bestelling werd per tafel opgeschreven wat er verlangd werd. Soort en aantallen. Daarbij deed het er in **principe** weinig toe in welke volgorde een bestelling van bv. één campari (Ca), één cognac (C) en drie koffie (O) werd opgeschreven, zolang maar de complete bestelling aan de tafel werd afgeleverd. Dus op het blocnote van de serveerster kon staan  $\text{CaCO}_3$  of  $\text{CCaO}_3$  of  $\text{O}_3\text{CCa}$  enz. In alle gevallen kon er geen misverstand bestaan bij de barkeeper, de kassa, de administratie. Maar toch zijn er twee belangrijke redenen om de bestelling steeds op één wijze op te schrijven. Ten eerste omdat het belangrijk is te weten wie wat heeft besteld aan zo'n tafel: het getuigt van zorg en liefde voor het vak als het bestelde niet alleen vlot aan de juiste tafel terecht komt, maar als ook de campari aan de juiste persoon wordt geserveerd en niet aan degene die de koffie besteld heeft. De serveerster neemt op in een bepaalde volgorde!

\*) Voorgaande afleveringen verschenen in 1980 (vol. 13) nr. 2 en 4, 1981 (vol. 14) nr. 2.

Ten tweede weet u dat de architecten die de bar hebben ontworpen álle voorradige dranken netjes in hokjes hebben geplaatst, elk op hun eigen plekje (zie afb. 2 en 3 in Gea vol. 13 (1980) nr. 2), zodat de barman ze snel en feilloos kan pakken: campari en brandewijn links, koffie en sherry rechts enz. enz. Daarom is het in een gestroomlijnd bedrijf belangrijk, al was het slechts om een vlotte herkenning, dat er een bepaalde volgorde in de bestelformule wordt aangehouden. Dus onze bestelling wordt vanwege de herkenbaarheid geschreven als  $\text{CaCO}_3$  en niet als  $\text{O}_3\text{CaC}$  of zo. Ook hier gelden afspraken die in ieder geval bij korte formules internationaal worden gehandhaafd. Links schrijven wat links in het systeem staat en rechts wat rechts staat, is de hoofdregel.

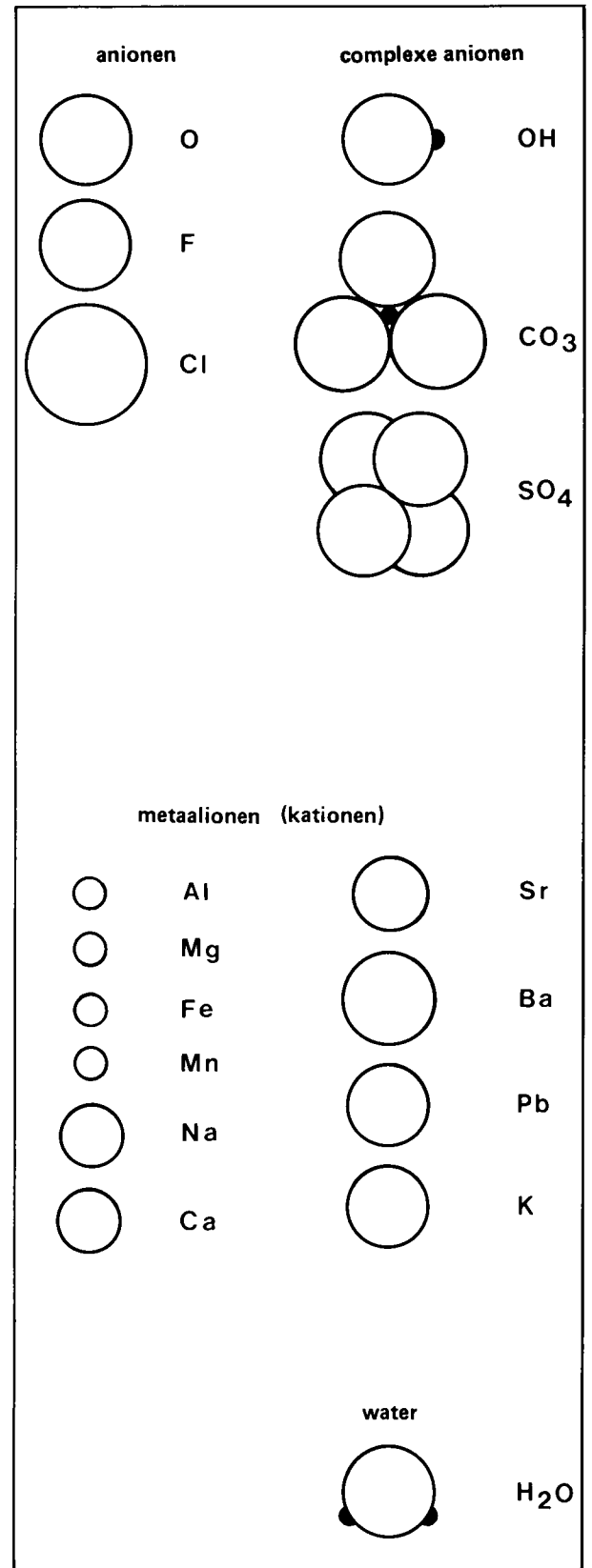
### Karbonaden en Carbonaten

Een op een houtskoolvuurtje geroosterd ribstuk heeft de naam karbonade gekregen vanwege het Latijnse carbo = koolstof, (houts)kool. Een té enthousiast gestookt vuurtje echter doet de karbonade verschroeien waarbij de bestanddelen van het vlees (onvolledig) verbranden en de zaak verkoolt. De in de karbonade verborgen (gebonden) koolstof komt vrij en laat zich zien, tot ongenoegen van de hongerige party-bezoekers. Veel koolstofverbindingen kunnen (onvolledig) verbranden, verkolen dus, waarbij de koolstof zélf vrij komt. Probeer dit maar eens met een stukje barnsteen. Of met een stukje calcië. Van calcië ( $\text{CaCO}_3$ ) weten we immers dat het koolstof = C bevat, zodat we bij wijze van proef-op-de-som het bestaan van C in  $\text{CaCO}_3$  op de barbecue zouden kunnen aantonen. Maar het zal dan blijken dat je calcië niet kan laten verkolen of laten verbranden! Niet omdat er geen koolstof in calcië zou zitten, want dat zit er wel degelijk in, maar omdat we die koolstof er op deze manier met geen mogelijkheid uit krijgen. En daarvoor is een voor ons mineralenliefhebbers belangrijke verklaring. Het koolstof in calcië zit zéér sterk en innig vast aan de zuurstof. Zó hecht is die binding, dat voor alle praktische gevallen de zuurstof en het koolstof in calcië zich gedragen als één éénheid. In formule-taal: omdat de C en de O's in  $\text{CaCO}_3$  een eenheid vormen zou je  $\text{CaCO}_3$  kunnen opvatten als een mineraal dat uit Ca en  $\text{CO}_3$  bestaat in plaats van uit Ca, C en  $3 \times \text{O}$ . In de chemie en de mineralogie wordt die  $\text{CO}_3$ -groep in één adem uitgesproken als ceejodrie. Chemici schrijven altijd  $\text{CO}_3$  en niet  $\text{O}_3\text{C}$ , alleen maar om vlotte herkenning te bevorderen, net zoals bij de notities in de horeca. In de mineralogie is de  $\text{CO}_3$ -groep van groot belang omdat deze groep als zodanig bouwsteen is van de kristallen van de  $\text{CO}_3$ -mineralen. Kristallen van de carbonaten zijn opgebouwd uit  $\text{CO}_3$ -groepen (en de overige componenten in de formule) en niet uit losse C's en O's, of C's en  $\text{O}_3$ -groepen. Dus  $\text{CO}_3$  als eenheid en als kristalbouwsteen. Dat de  $\text{CO}_3$ -groep een eenheid vertegenwoordigt is goed te zien in iets ingewikkelder formules van carbonaatmineralen zoals bijvoorbeeld dolomiet  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , huntiet  $\text{CaMg}_3(\text{CO}_3)_4$ , azuriet  $\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2$  of hydromagnesiet  $\text{Mg}_5(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Hier is de  $\text{CO}_3$ -groep tussen haakjes geschreven en komt als groep 2, 4, 2, resp. 4 keer

Afb. 2. Relatieve afmetingen van enkele en complexe anionen en van kationen als bouwstenen van mineraalkristallen.

N.B. Merk op hoe klein de veelvuldig voorkomende metaalionen Al tot Ca zijn t.o.v. de  $\text{CO}_3$ - en  $\text{SO}_4$ -complexen.

voor in deze formules. In plaats van  $-(\text{CO}_3)_2$  zou je  $-\text{C}_2\text{O}_6$  kunnen schrijven, maar daarmee bedoel je eerder  $2 \times \text{C}$  en  $6 \times \text{O}$  dan  $2 \times \text{CO}_3$ . En juist dat laatste geeft de eigenlijke situatie als twee maal de bouwsteen  $\text{CO}_3$  duidelijk en correct weer. En daar gaat het om.



## Groepen of cocktails

Groepsvorming van elementen heeft veel weg van cocktails in de horeca. Er zijn veel mogelijkheden, maar in de praktijk blijken slechts een beperkt aantal combinaties veelvuldig voor te komen. Dit beperkte aantal bepaalt in feite de systematiek van de mineralen. Wat koffie/cognac, whisky/soda en bloody Mary's in de horeca zijn, zijn carbonaten, sulfaten en fosfaten in het mineralenrijk. Serveersters en barkeepers hebben afgesproken cocktails tussen haakjes te plaatsen en achteraan de bestelling te noteren. Chemici schrijven de groepen ook achteraan in hun formules. Maar bij eenvoudige formules laten ze vaak uit gemakzucht de haakjes weg. Hoewel dit laatste niet erg konsekwent lijkt, levert het zelfs voor beginners weinig problemen op omdat het handjevol groepsvormende elementen al spoedig herkend wordt aan het eind van de formule.

Om hun stand op te houden spreken chemici meestal niet van groepen maar vaak van „complexe anionen”. Toemaar!

## Complexe anionen zijn groot

We weten nu dat onze groepen, oftewel de complexe anionen, niets anders zijn dan een stelletje zeer hecht verbonden elementen, die als zodanig bouwsteen zijn van het kristal van het mineraal. Het is gemakkelijk in te zien dat groepen over het algemeen groter zullen zijn dan afzonderlijke elementen. (Zijn de groepen, zoals voor ons van belang, dan óók nog beladen met extra electronen, dus zijn het anionen, dan zijn ze door die lading extra omvangrijk geworden.) Afb. 2.

In kristallen is het zéér belangrijk hoe de afmetingen van de kristalbouwstenen zijn. Kristallen zijn immers niets anders dan door de natuur op regelmatige wijze dicht opééngepakte elementen of elementgroepen. Bij een zo compact bouwsel als een kristal spelen de afmetingen van de samenstellende bouwstenen een grote rol. Hoe groter de groep, hoe zwaarder die z'n stempel drukt op de opbouw van het kristal. De systematische indeling van de mineralen berust op de samenstelling en op de daarvan dus

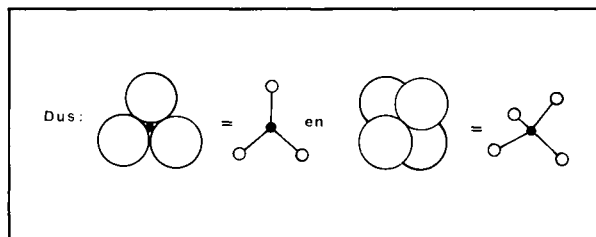
Afb. 3. (Complexe) anionen, regelmatig samengepakt in de kristallen.

a. perspectivisch beeld van de bouw van calciet. Duidelijk zijn de vlakke  $CO_3$ -groepen te zien.

b. perspectivisch beeld van de bouw van bariet, ook hier zijn de  $SO_4$ -groepen voorgesteld als bolletjes/staafjes. Celestien,  $SrSO_4$ , en anglesiet,  $PbSO_4$ , hebben dezelfde structuren, maar de grootte van de rhomboëder is, als gevolg van de afmetingen van Sr en Pb, iets kleiner.

min of meer afhankelijke kristal soort. Waardoor het weer begrijpelijk wordt dat de mineralensystematiek wordt beheerst door de groepen, de complexe anionen dus. Mineralen met dezelfde complexe anionen worden in de leerboeken dan ook bij elkaar besproken. Soort bij soort. Uit afb. 3 blijkt dat kristallen en formules nauw met elkaar samenhangen.

*N.B. Bij de afbeeldingen van de structuur van kristallen tekent men de ionen en complexe anionen NIET op schaal, zoals in afb. 2 („relatieve grootten”), maar gebruikt men bolletjes/staafjes-modellen. Dit vanwege de overzichtelijkheid.*

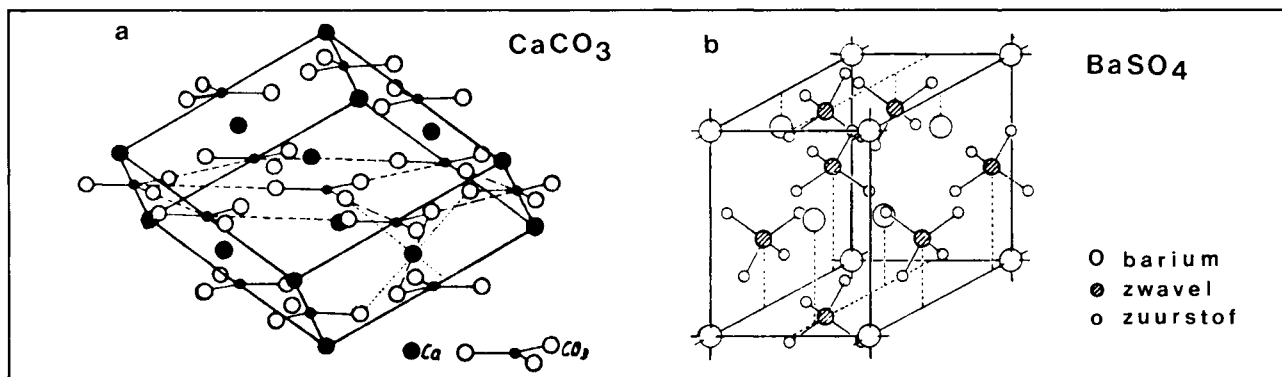


## Carbonaten en sulfaten

Met twee belangrijke mineraalgroepen hebben we al even kennis gemaakt. Bariet  $BaSO_4$  en celestien  $SrSO_4$  behoren tot de sulfaten, ze bevatten de sulfaatgroep  $SO_4$ . Calciet  $CaCO_3$  en magnesiet  $MgCO_3$ , maar ook azuriet  $Cu_3(OH)_2(CO_3)_2$  behoren tot de carbonaten, vanwege de  $CO_3$ -groep in de formule.

Stel, dat u beschikt over uitvoerige beschrijvingen van deze vijf mineralen en vervolgens een zwaar, halfdoorzichtig, kleurloos mineraal ter bestudering krijgt aangeboden met de mededeling dat het anglesiet:  $PbSO_4$  of cerussiet:  $PbCO_3$  zal zijn. Het is dan mogelijk om de juiste identiteit van het stukje te achterhalen door de eigenschappen van de onbekende te vergelijken met de gegevens van de twee sulfaten enerzijds en de drie carbonaten anderzijds. Met gebruikmaking van de groepsverwantschap kan het mineraal, ook al bevat het een niet in de beschikbare beschrijvingen voorkomend metaal (in dit geval dus lood: Pb) worden „thuisgebracht”.

De „kristalchemische” klassifikatie naar de grote anionen is vanaf 1814 ingevoerd door de Zweed Jöns Jakob Berzelius die daarmee het (voor mineralen) onhandige systeem van zijn landgenoot Linnaeus naar de historie verwees. Afb. 4.



## Het branden van gips

De reden waarom karbonaden wel maar carbonaten niet kunnen verkolen is nu bekend. Wat gebeurt er eigenlijk met sulfaten in het vuur? Aan verkolen of zo valt niet eens te denken omdat sulfaten geen C bevatten. Maar we zien wél dat de  $\text{SO}_4$ -groep zwavel bevat. Olie op het vuur dus? Nee, ook hier geldt dat het S van de sulfaatgroep héél hecht verbonden is aan de O's. Er is geen sprake van enige reactie van het zwavel, het heeft om zo te zeggen z'n kruit al verschoten door met de O's als  $\text{SO}_4$  te verkeren.

Gips is een mineraal met de formule  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Een sulfaat dus. En niet brandbaar. Toch worden jaarlijks miljoenen tonnen gips gebrand. Deze bereiding van „gebrande gips” voor talloze toepassingen in de bouw heeft tot doel het in de gipskristallen aanwezige water te verdrijven, zodat het gedeeltelijk waterloze en dan poeder-vormige „gips” bij zijn toepassing als (cement)bouwstof door wateropname weer een compacte massa gaat vormen. Gips is één van de zeer vele mineralen met dit zogenaamde kristalwater. Water heeft bij de kristallen van deze mineralen bepaalde posities in het kristal ingenomen waarbinnen het gebonden is aan de overige bouwstenen van het kristal, afb. 5.

Gebonden water is niet nat! De meeste kristalwaterhoudende mineralen verliezen hun water echter bij forse verhoging van de temperatuur. Hun vorming heeft plaatsgevonden bij lage temperaturen. Dat kan dus óók al afgelezen worden uit formules, waarin het eventuele kristalwater altijd aan het einde wordt geschreven. De sulfaten en carbonaten herbergen zeer veel vertegenwoordigers met kristalwater. Het al of niet aanwezig zijn van kristalwater vormt alweer een belangrijk ordeningsprincipe in de systematische beschrijving en indeling van de mineralen. Men heeft het dan over sulfaten zonder en sulfaten mét kristalwater, carbonaten zonder en mét enz.

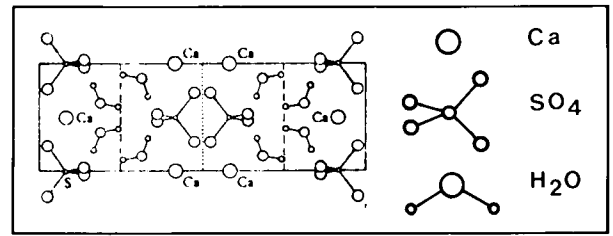


Afb. 4. Berzelius en Linnaeus, twee beroemde systematici, hier afgebeeld op Zweedse postzegels.

## Soortvreemde anionen

Onder een bepaalde anion-groep zoals de sulfaten bevinden zich mineralen die behalve sulfaat nog een tweede, voor de kristalbouw minder doorslaggevend, anion bezitten van een ander (meestal kleiner!) soort. Dit tweede anion kan enkelvoudig, maar kan ook een aniongroep zijn, zie tabel.

Hoewel dit tweede „minder belangrijke” anion heel vaak en gewoontjes voorkomt in formules, wordt het een „vreemd” anion genoemd. Waarmee dus niets anders bedoeld is dan dat het naast het „hoofdanion” voorkomt. Verder is er niets vreemds aan.



Afb. 5. Structuur van gips, ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), afgebeeld op een plat vlak, loodrecht op een kristallografische as. Het kristalwater zit keurig regelmatig in de structuur ingepast en vormt een essentieel onderdeel van die structuur. Gips zonder kristalwater is geen gips!

Zo, de drie belangrijkste pijlers waarop de systematiek berust kennen we nu: hoofdanion, vreemd anion en kristalwater. Waarmee we de sulfaten maar eens gaan indelen. De eenvoudigste zijn de sulfaten zonder kristalwater en zonder vreemde anionen. Bijvoorbeeld:

$\text{Ba}(\text{SO}_4)$	bariet
$\text{Sr}(\text{SO}_4)$	celestien
$\text{Pb}(\text{SO}_4)$	anglesiet
$\text{Ca}(\text{SO}_4)$	anhydriet
$\text{Cu}(\text{SO}_4)$	chalcocyaniet
$\text{Na}_2(\text{SO}_4)$	thenardiet

Ook de sulfaten met twee of meer metalen („kationen”) erin horen hierbij, bijvoorbeeld:

$\text{K}_2\text{Mg}_2(\text{SO}_4)_3$	langbeiniet
$\text{K}_2\text{Mn}_2(\text{SO}_4)_3$	manganolangbeiniet
$\text{CaNa}_2(\text{SO}_4)_2$	glauberiet

Vervolgens komen we toe aan de watervrije sulfaten mét vreemde anionen, bijvoorbeeld:

$\text{Cu}_4(\text{OH})_6(\text{SO}_4)$	brochantiet
$\text{PbCu}(\text{OH})_2(\text{SO}_4)$	linariet
$\text{KAl}_3(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2$	aluniet
$\text{KFe}_3(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2$	jarosiet
$\text{SrAl}_3(\text{OH})_6(\text{PO}_4)(\text{SO}_4)$	svanbergiet
$\text{KNa}_{22}(\text{Cl})(\text{CO}_3)_2(\text{SO}_4)_9$	hanksiet
$\text{Na}_6(\text{CO}_3)(\text{SO}_4)_2$	burkeiet

Svanbergiet en hanksiet herbergen **twee** verschillende vreemde anionen.

Merk op dat hanksiet en burkeiet tot de sulfaten en niet tot de carbonaten worden gerekend.

We gaan verder met de kristalwaterhoudende sulfaten zonder vreemde anionen, o.a.:

$\text{Cu}(\text{SO}_4) \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	chalcantiet
$\text{Cu}(\text{SO}_4) \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	boothiet
$\text{K}_2\text{Ca}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	polyhaliet
$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	mirabiliet
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	gips

Let op het verschil tussen chalcantiet en boothiet. Dit zijn verschillende mineralen! Vergelijk ook met het eerder genoemde chalcocyaniet. Ook bij gips/anhydriet, mirabiliet/thenardiet is sprake van wel/geen  $\text{H}_2\text{O}$  in de kristallen, hetgeen dus belangrijke kristalchemische effecten heeft. Onderschat de rol van water in uw mineralen niet!

Tenslotte de waterhoudende sulfaten met vreemde anionen zoals:

$\text{Cu}_4(\text{OH})_6(\text{SO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	langiet
$\text{Pb}_3\text{Ge}(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	fleischeriet
$\text{K}_3\text{Na}_7\text{Mg}_2(\text{NO}_3)_2(\text{SO}_4)_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	humberstoniet
$\text{Ca}(\text{Cu}, \text{Zn})_4(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	serpieriet

H																		
Li	Be												B	C	N	O	F	
Na	Mg												Al	Si	P	S	Cl	
K	Ca		Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn		Ge	As	Se	Br		
	Sr	Y	Zr	Nb	Mo					Ag			Sn	Sb	Te	I		
	Ba	(ZA)		Ta	W					Pt	Au	Hg	Pb	Bi				
		Th																
		U																

Afb. 6. Metalen (kationen) in sulfaten. N.B.: N als NH<sub>4</sub>, U als UO<sub>2</sub>  
dubbel gearceerd: vertegenwoordigd in meer dan 10% van alle sulfaten,  
enkel gearceerd: vertegenwoordigd in 5-10% van alle sulfaten,  
onderstreept: vertegenwoordigd in 1-5% van alle sulfaten.

De genoemde mineralen zijn een greep uit de naar schatting 200 sulfaten. De meeste van deze sulfaten vormen géén aantrekkelijk verzamelobjekt, met duidelijke uitzonderingen overigens voor bariet, celestien, gips, linariet, en weinige andere.

Vele van de minder bekende sulfaten zijn zacht en kwetsbaar, zijn oplosbaar in water en trekken vocht aan (of staan juist een gedeelte van hun kristalwater spontaan af in droge ruimten), zodat het bewaren alleen al problemen oplevert, en de kennismaking met onbekende sulfaten niet zeer bevordert. De meeste sulfaten zijn secundair van oorsprong, producten van de verwerking van ertsen en gesteenten.

De sulfaatgroep laat zich moeizaam verzamelen, maar leent zich goed voor het spelen met de mineraalsystematiek. Droog verzamelen dus. In afb. 6 zijn de metalen die graag en vaak sulfaatmineralen vormen gearceerd.

Als u in het bezit bent van een min of meer volledig overzicht van de sulfaten (Strunz, Rösler, Betehtin, Klockmann, eventueel Dana) zijn zéér interessante conclusies te trekken over het vóórkomen van de verschillende metalen in de verschillende besproken subgroepen van de sulfaten. U kunt dit dan zelf nagaan en handig documenteren met behulp van tabellen en kopieën van afb. 3 uit het juni-nummer van Gea, 1980 (jaargang 13). De volgende keer zullen we dan enkele opvallende feiten registreren en eens nagaan welke praktische betekenis dat voor ons heeft. Ook de komma, zoals tussen Cu en Zn in de formule van b.v. serpieriet, is aan bespreking toe.

#### Tabel

Frequentie van vóórkomen van „vreemde” anionen en kristalwater onder de sulfaten en carbonaten.

anion		in sulfaten	in carbonaten
hydroxy	(OH)	veelvuldig (40%)	veelvuldig
fluoride	(F)	zelden	soms
chloride	(Cl)	soms (6%)	soms
carbonaat	(CO <sub>3</sub> )	zelden	altijd
sulfaat	(SO <sub>4</sub> )	altijd	zelden
oxy	(O)	zelden	zelden
fosfaat	(PO <sub>4</sub> )	zelden	zelden
arsenaat	(AsO <sub>4</sub> )	zelden	-
nitraat	(NO <sub>3</sub> )	zeer zelden	-
kristalwater	(H <sub>2</sub> O)	veelvuldig (70%)	veelvuldig

(wordt vervolgd)

## Gestreepte kristalvlakken

door drs. E.A.J. Burke  
Instituut voor Aardwetenschappen  
Vrije Universiteit

### Bij de voorplaat

De kwartskristallen die afgebeeld staan op de voorplaat van dit Gea-nummer hebben een opvallende horizontale streping op de verticale vlakken. Ook bij andere mineralen treft men streping aan: toermalijn, sfaleriet, epidoot en vooral pyriet zijn de bekendste voorbeelden (afb. 1). Deze streping is voor sommige mineralen zeer karakteristiek en wordt dan als kenmerk bij hun determinatie gebruikt. Toermalijn en epidoot hebben een streping evenwijdig aan

de lengte-as van de kristallen, kwarts daarentegen heeft een streping loodrecht op de lengte-as. Sfalerietkristallen hebben een driehoekig streeppatroon, en bij kubussen van pyriet staat de streping van het ene kristalvlak loodrecht op die van de aangrenzende vlakken. Gestreepte kristalvlakken van deze aard zijn het gevolg van een typische groei-anomalie. De streping ontstaat als verschillende kristalvlakken zich gelijktijdig proberen te ontwikkelen op eenzelfde oppervlak van het groeiende kristal: er vindt een steeds wisselende en zich herhalende