

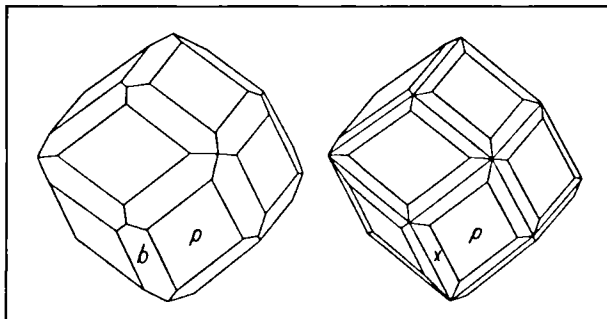
TWEELINGKRYSTALLEN

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

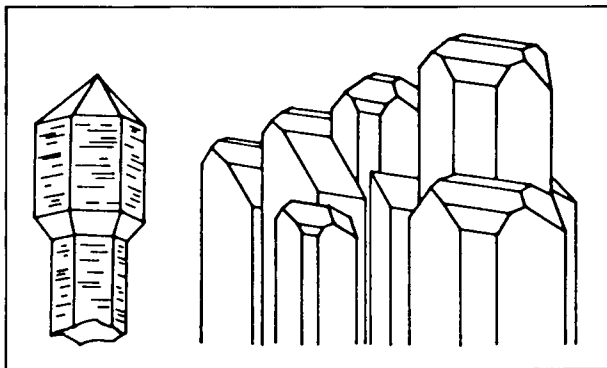
Inleiding

Als mineralen onbelemmerd kunnen groeien vormen zij kristallen met hun eigen karakteristieke vorm: idiomorfe of euhedrische kristallen (afb. 1). Als kristallen tegen elkaar aan groeien ontstaan aggregaten.

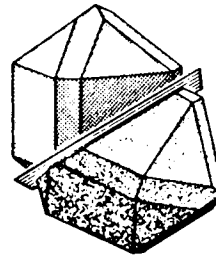
Er zijn drie verschillende typen van vergroeiing van kristallen van eenzelfde mineraal. Het eerste type is de **willekeurige** vergroeiing: de kristallen hebben alleen de eigenschap gemeenschappelijk dat ze zich in elkaars nabijheid bevinden. Het tweede type is een aggregaat van kristallen met onderling evenwijdige ribben en vlakken (afb. 2): dit noemt men **parallelgroei**. In feite kan men een dergelijk aggregaat beschouwen als één enkel kristal omdat de interne structuur ononderbroken, zonder wijziging in oriëntatie, door het hele specimen heen doorloopt. Het derde type van vergroeiing tussen identieke kristallen ontstaat als de twee kristallen met elkaar in verband staan via een symmetrie-element dat niet in de afzonderlijke kristallen aanwezig is (afb. 3). Een dergelijke wetmatige vergroeiing noemt men **tweelingen**: de ribben en de vlakken van de twee kristallen maken welbepaalde hoeken met elkaar die specifiek zijn voor ieder mineraal.



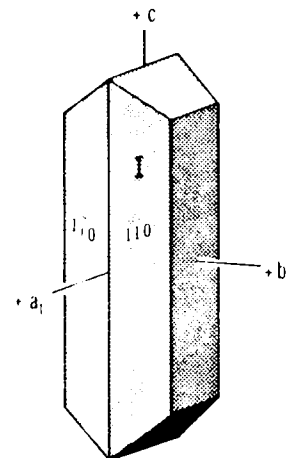
Afb. 1. Idiomorfe kristallen van granaat.



Afb. 2. Voorbeelden van parallelgroei. Links: scepterkwarts; rechts: bariet.



Afb. 3. Tweelingkristallen van cassiteriet. De twee kristallen zijn elkaars spiegelbeeld via het aangegeven tweelingsvlak.

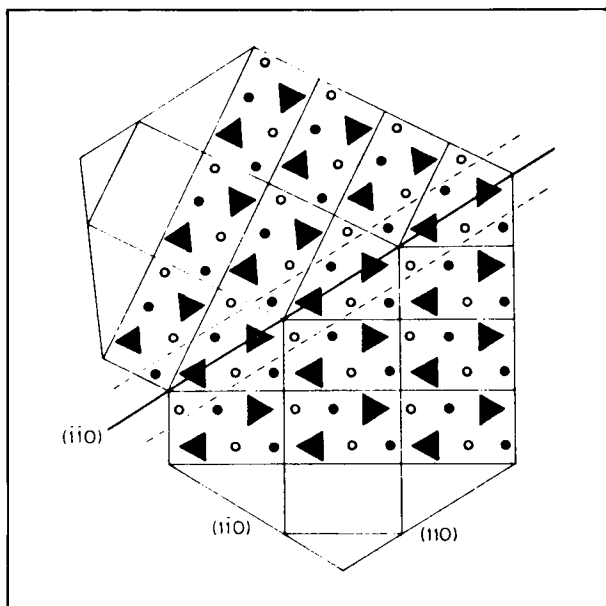


Afb. 4. Orthorhombisch kristal van aragoniet.

Tweelingen van aragoniet

In bijna alle mineralogiehandboeken wordt het voorbeeld van aragoniet gebruikt om de wetmatigheid van de tweelingsvorming te verklaren.

Aragoniet vormt orthorhombische kristallen (afb. 4). Aragoniet is een calciumcarbonaat met formule CaCO_3 . De kristalstructuur van aragoniet bestaat uit de complexe anionen $[\text{CO}_3]^{2-}$, de carbonaatgroepen, die met elkaar verbonden worden door de Ca^{2+} -kationen. De CO_3 -groep heeft de vorm van een driehoek met de drie zuurstofatomen op de hoekpunten en het koolstofatoom in het centrum. In afb. 5 is een tweeling van aragoniet afgebeeld in een doorsnede loodrecht op de verticale c-as van afb. 4; let ter oriëntatie op de positie van de vlakken (110) en (100). In afb. 5 stellen de kleine open en zwarte cirkeltjes de Ca-atomen voor, en de zwarte driehoekjes de CO_3 -groepen. In beide gedeelten van de tweeling is er een regelmatige rangschikking van de Ca-atomen en van de CO_3 -groepen. Het vlak (TTD), evenwijdig aan het vlak (110), is het vergroeiingsvlak tussen de twee aragonietkristallen. De rangschikking van Ca en CO_3 in het gebied tussen de



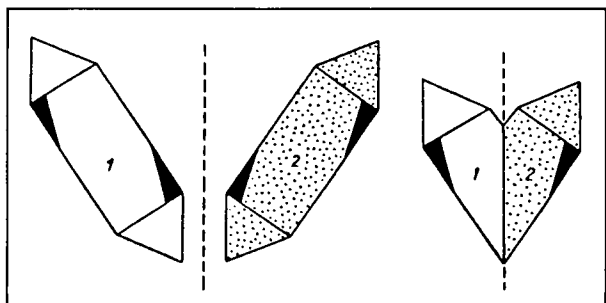
Afb. 5. Tweeling van aragoniet in dwarsdoorsnede; zie tekst voor verklaring.

gestreepte lijnen komt overeen met de rangschikking van ieder van de twee afzonderlijke kristallen. Dit fenomeen kan zich alleen voordoen als de twee individuen onder een welbepaalde hoek met elkaar vergroeiën! Dat is de wetmatigheid van de tweelingsvorming. Daarom spreekt men ook van **tweelingswetten**: de interne structuur van een mineraal bepaalt of er tweelingen gevormd kunnen worden, en zo ja, onder welke hoek. In het geval van aragoniet is het vlak (TTD) het tweelingsvlak; ten opzichte van dit vlak zijn de twee kristallen elkaars spiegelbeeld.

Soorten tweelingen

Tweelingen worden ingedeeld op grond van hun symmetrie en op grond van de ruimtelijke verhoudingen tussen de tweelingkristallen.

Symmetrie. Kristallen kunnen zoals in het geval van aragoniet (afb. 5) vertweelingsd zijn langs een symmetrievlak. Dergelijke tweelingen noemt men **reflectietweelingen** omdat de twee kristallen elkaars spiegelbeeld zijn (afb. 6). Het contactvlak noemt men het **tweelingsvlak**. De cassite-

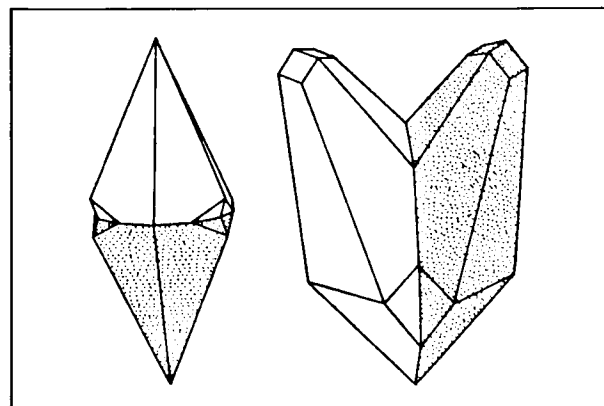


Afb. 6. Links: symmetrische opstelling van twee identieke kristallen t.o.v. een spiegelvlak (gestreept); rechts: tweelingkristal met tweelingsvlak (gestreept).

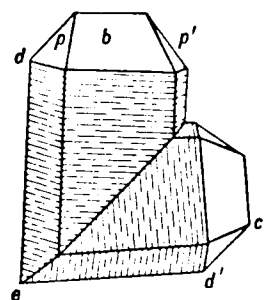
rietweeling (afb. 3) is eveneens een reflectietweeling. Andere voorbeelden zijn de tweelingen van calciet (afb. 7), de Japanse tweeling van kwarts (afb. 8) en de rutieltweeling van foto 1.

Kristallen kunnen ook vertweelingsd zijn door een draaiing van 180° langs een tweelingsas (afb. 9): deze tweelingen noemt men **rotatietweelingen**, zoals de Karlsbadtweelingen van orthoklaas en de tweelingen van fluoriet (afb. 10).

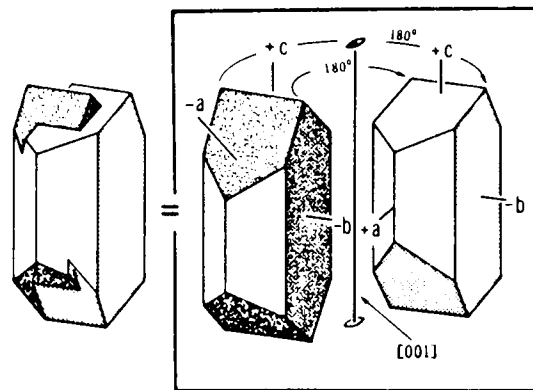
Ruimtelijke verhoudingen. Tweelingen worden ook ingedeeld naar de wijze van vergroeiing. In **contacttweelingen** (afb. 3, 5, 6, 7, 8, foto 1) kunnen de twee kristallen volkomen van elkaar gescheiden worden langs een plat vlak. In **penetratietweelingen** (ook doorkruisings- of



Afb. 7. Reflectietweelingen van calciet.



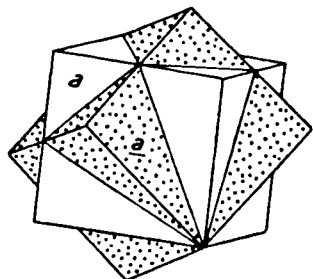
Afb. 8. Japanse tweeling van kwarts.



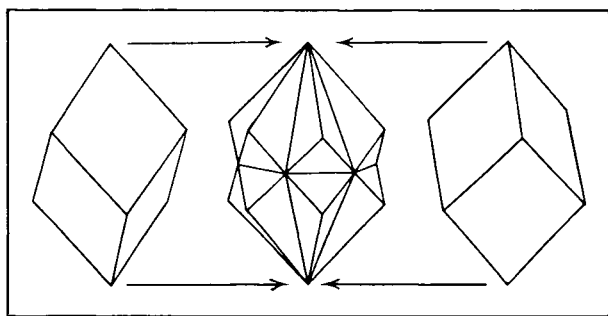
Afb. 9. De Karlsbadtweeling van orthoklaas bestaat uit twee kristallen die 180° t.o.v. elkaar gedraaid zijn langs een tweelingsas, die samenvalt met de c-as.

doordringingstweelingen genoemd) zijn de twee kristallen langs een ingewikkeld patroon met elkaar vergroeid (afb. 9, 10, 11, 12, foto 2).

Door de wijze van vergroeien hebben zowel contact- als penetratietweelingen inspringende hoeken, een verschijn-



Afb. 10. Rotatietweeling van fluoriet.



Afb. 11. Penetratietweeling van sideriet.

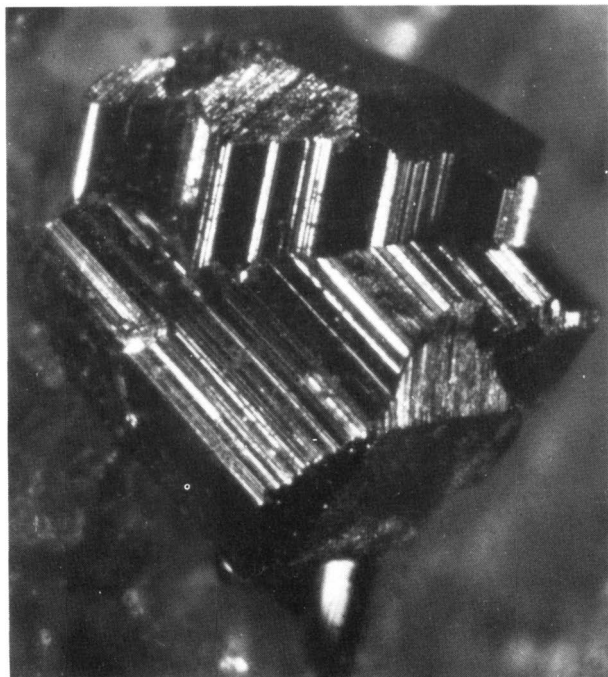
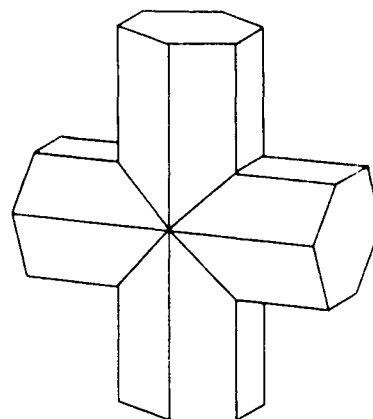


Foto 1. Knietweeling van rutiel (met gestreepte kristalvlakken). Vergelijk de tweeling van afb. 13. Afmeting grootste kristalindividu: 1,5 mm. Vindplaats: Gorb, Binnental, Zwitserland. Collectie: W.J. Lustenhouwer.

sel dat zich in afzonderlijke kristallen niet voordoet, met uitzondering van parallelgroei (afb. 2).



Foto 2. Kruistweeling van stauroliet (met bolvormige pyroop, een granaat). Afm. 25 x 23 mm. Vindplaats: Taos, New Mexico. Collectie: drs. W.R. Moorer.

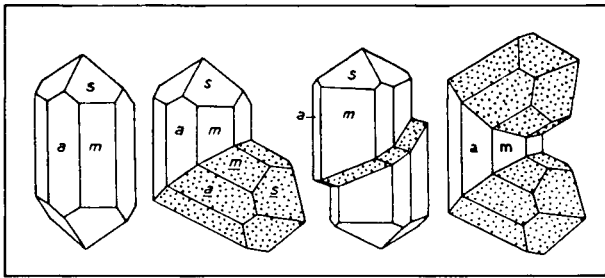


Afb. 12. Penetratietweeling van stauroliet.

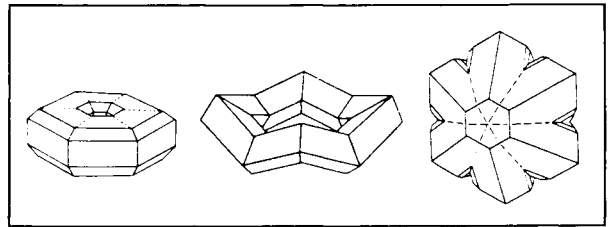
Veelingen

Als de symmetriehandeling (tweelingsas of -vlak) waardoor de tweelingen ontstaan een aantal malen herhaald wordt krijgt men **veelingen** (afb. 13). Bij onderling evenwijdige vergroeiingsvlakken ontstaan **polysynthetische** veelingen zoals bij plagioklaas (afb. 14-A en foto 3) en calciet (afb. 14-B).

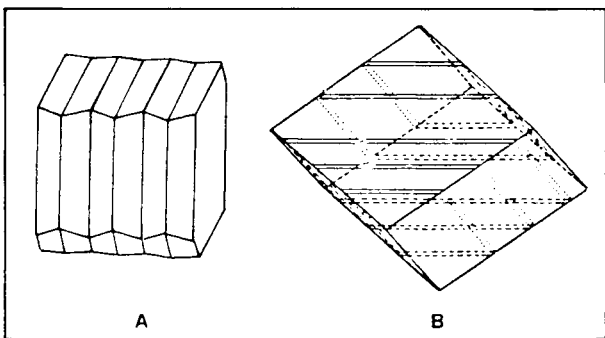
Als de verschillende tweelingsvlakken hoeken van ongeveer 120° , 90° , 60° of 45° met elkaar maken ontstaan **cyclische** veelingen. Bekende voorbeelden daarvan zijn rutiel en chrysoberyl (afb. 15). Cyclische veelingen vertonen **pseudosymmetrie**: de samengevoegde individuen hebben een andere, meestal hogere symmetrie dan in de afzonderlijke kristallen. Zo vertonen de rutielzesling in afb. 15 (links) en de chrysoberyltrideling in afb. 15 (rechts) hexagonale symmetrie terwijl de afzonderlijke kristallen van rutiel tetragonaal zijn en die van chrysoberyl orthorhombisch.



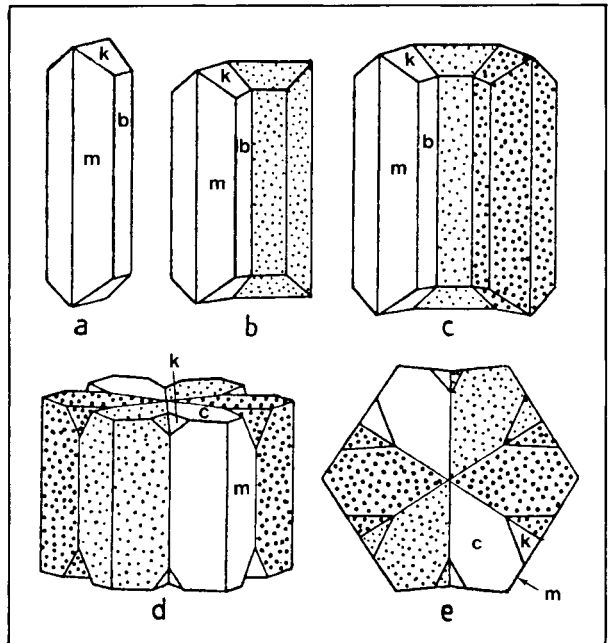
Afb. 13. Rutiel; van links naar rechts: een afzonderlijk kristal, een tweeling en twee drielingen.



Afb. 15. Cyclische veellingen. Links: contactzesling van rutiel; midden: contactachtling van rutiel; rechts: penetratiedrieling van chrysoberyl.



Afb. 14. Polysynthetische veellingen van plagioklaas (A) en calciet (B).



Afb. 16. Aragoniet: a. afzonderlijk kristal; b. contacttweeling; c. contactdrieling; d. zij aanzicht van penetratiedrieling; e. bovenaanzicht van d.

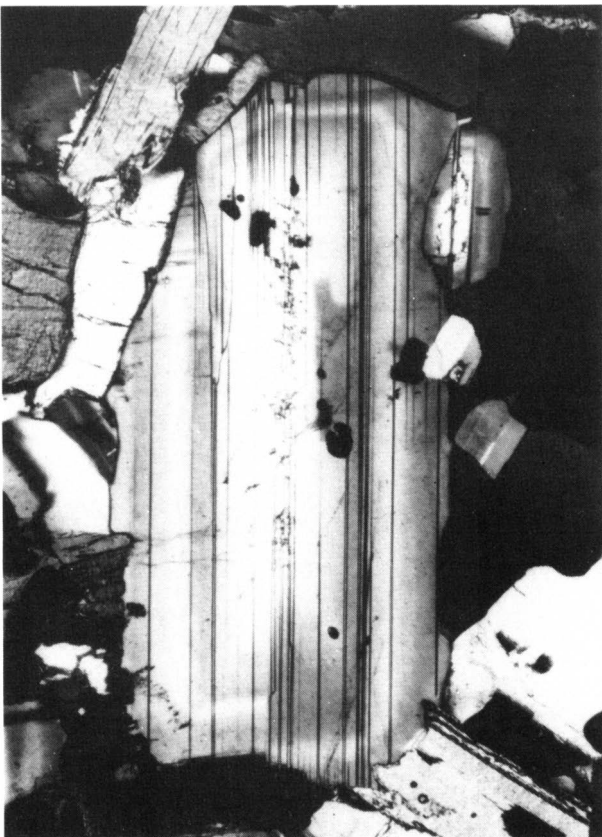


Foto 3. Polysynthetische tweelingen van plagioklaas. Microscopfoto van doorsnede in slijpplaatje, met gepolariseerd licht. Vergroting ongeveer 40 x lineair.

Als slot van deze uiteenzetting zijn in afb. 16 de diverse mogelijkheden van aragoniet weergegeven. Afb. 16-a stelt een afzonderlijk kristal van aragoniet voor (vgl. afb. 4); afb. 16-b is een contacttweeling (vgl. afb. 5); afb. 16-c is een contactdrieling; afb. 16-d is een zij aanzicht en afb. 16-e een bovenaanzicht van een penetratiedrieling van aragoniet: let op de hexagonale pseudosymmetrie daarvan in vergelijking met de orthorhombische symmetrie van afzonderlijke aragonietkristallen (afb. 16-a). Zie ook foto's 4 en 5.

Bij de voorplaat

Op de omslag van dit Gea-nummer staat een tweeling van het mineraal titaniet afgebeeld. Titaniet is een silicaat van calcium en titanium: $\text{CaTi}[\text{SiO}_4/\text{O}]$. Men noemt dit mineraal ook sfeen (afgeleid van het Griekse woord *sfēn* = wig) omwille van de wigvormige kristallen met scherpe kanten. Titaniet vormt monokliene kristallen met een uitgebreid scala van vormen (afb. 17). De tweeling van titaniet op de omslag is er een van kristallen als in afb. 17, boven links. Titaniet vormt ook andere tweelingen, zoals in afb. 18 (rechts). De tweeling van de omslag staat schematisch

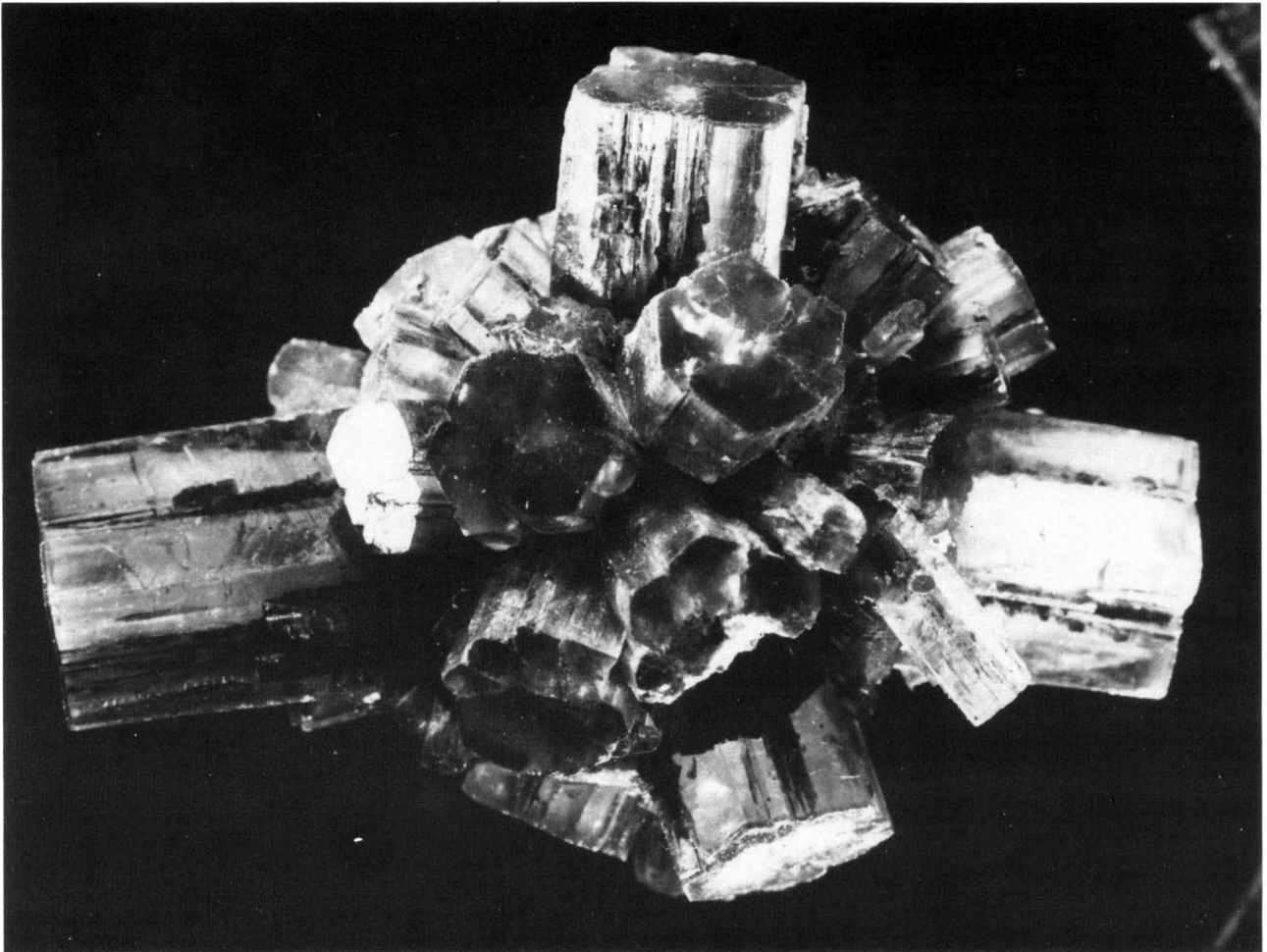
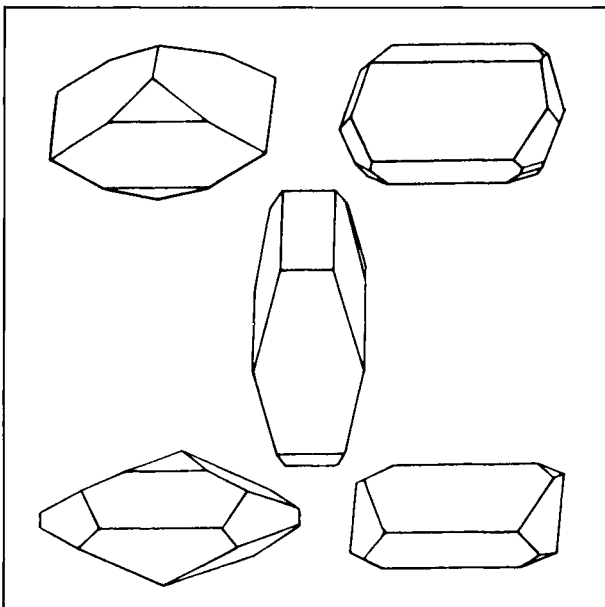
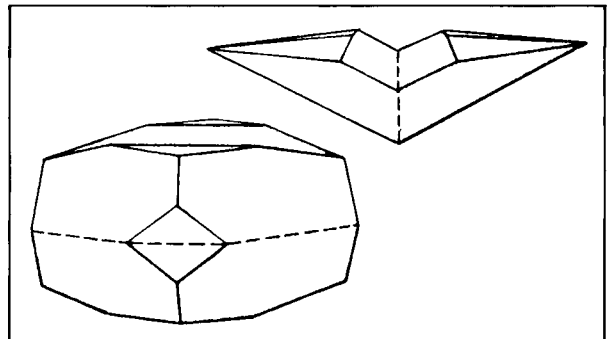


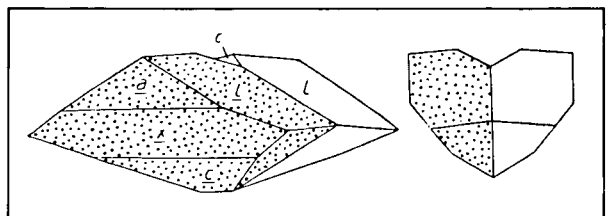
Foto 4. Aggregaat van penetratiedrielingen van aragoniet. Afm. 40 x 30 mm. Vindplaats: Minglanilla, prov. Cuenca, W van Valencia, Spanje. Collectie: drs. W.C.P. de Vries.



Afb. 17. Een aantal kristalvormen van titaniet.



Afb. 18. Contacttweelingen van titaniet (de streepjeslijnen zijn de tweelingsvlakken).



Afb. 19. Contacttweeling van titaniet in zijaanzicht (links) en in doorsnede (rechts); vergelijk met afb. 18 (links) en de voorplaat.

afgebeeld in afb. 18 (links) als bovenaanzicht, en in afb. 19 (links) als zijaanzicht, alsmede in afb. 19 (rechts) als dwarsdoorsnede.

De omslagfoto kan het best vergeleken worden met afb. 18 (links), zij het dat de tweeling op de omslag 90° gedraaid is omwille van de afmetingen. Het tweelingsvlak staat dan loodrecht op de voorpagina en loopt van boven naar beneden. In het midden van de foto ziet men de inspringende hoek tussen de twee driehoekige vlakjes $c = (001)$, vgl. afb. 19, aan weerszijden van het tweelingsvlak. De twee grote vlakken in ieder van de individuen zijn vlakken van de vorm $l = \{112\}$. Het contactvlak (tweelingsvlak) loopt evenwijdig aan het vlak $a = (100)$. Aan de rechterzijde van de foto is nog een inspringende hoek zichtbaar; deze staat niet in verband met de tweelingsvorm, maar wordt veroorzaakt door parallelgroei van het vlakje waarop enige lichtschildering te zien is, een vlakje van de vorm $\{111\}$, niet getekend in de tekstafbeeldingen.

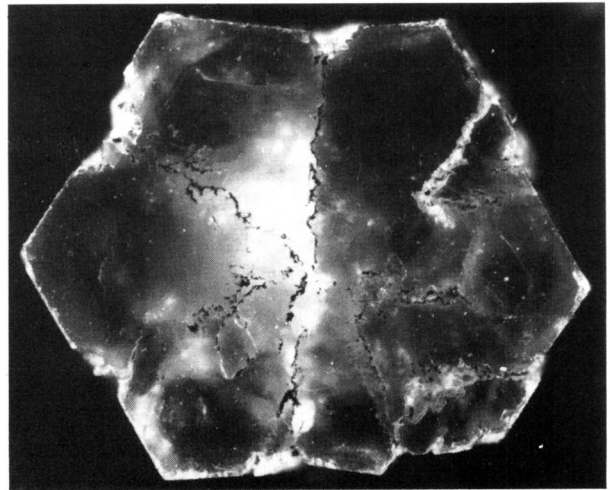


Foto 5. Boven-aanzicht van een der penetratiedrielingen van de aragonietgroep van foto 4. Vergelijk afb. 16-e. Grootste doorsnee 10 mm.

Foto's: P. Stemvers

CHEMISCHE FORMULES:

hulpmiddel, geen toverspreuken V *)

door drs. W.R. Moorer

De verzamelaar van het mineraal gips in al zijn variëteiten en vormen weet inmiddels dat zijn gipsen, behalve calcium en sulfaat, ook water bevatten. Aangezien dit kristalwater **gebonden** zit in de kristallen van het gips, is het verklaarbaar dat gips niet nat is. Het kristalwater hoort onlosmakelijk bij gips. Zouden we gips verhitten dan verdwijnt weliswaar het water, maar wat we overhouden is dan geen gips meer. Zo'n verhitting is een kristalchemische **reactie** die de eigenschappen van het mineraal verandert. We hebben gezien dat de aanwezigheid van kristalwater gebruikt wordt bij de systematische beschrijving van de mineralen. De twee andere belangrijke pijlers van de systematiek zijn het hoofd-anion en het (of de) vreemde anion(en). Zoals u weet worden anionen rechts geschreven. De metaal-ionen (kationen) staan links, in overeenstemming met de plaatsing van de elementen in het periodiek systeem. Het kristalwater bungelt rechts achteraan. Gips dus als $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Of, als u netjes de haakjes om het anion schrijft: $\text{Ca}(\text{SO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Het blauwgroene langiet is een koper-(Cu-)mineraal met formule $\text{Cu}_4(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Met OH (hydroxy) als vreemd anion dus. Hier is het erg overzichtelijk als we haakjes om de anionen schrijven.

Droog verzamelen

In de vorige aflevering (Gea vol. 15, nr. 2, 1982) hebben we gezien dat gips en langiet alsmede de overige 200 sulfaatmineralen "droog" verzameld kunnen worden via de formules. Daarbij werd duidelijk dat heel veel sulfaten

(140 stuks) kristalwater bevatten en dat ook het vreemde anion hydroxy veelvuldig (80 x) aan te treffen viel in de sulfaatformules. Ook, kijkend naar afbeelding 6 in dat Gea-nummer en nu weer naar afb. 1 van deze aflevering, merkt u op dat maar een beperkt aantal metalen vaak in sulfaten aangetroffen wordt. Vooral Na, K, Mg, Ca, Fe, Cu en Al voelen zich blijkbaar aangetrokken tot het sulfaat-anion. Vermoeden we hier een speciale voorkeur van dit rijtje metalen voor het (SO_4) ?

Het antwoord is ja en nee tegelijk. We hebben hier te maken met twee belangrijke zaken die bij de bespreking van "het bestaan" van mineralen een rol spelen. Ten eerste moeten kation- en anionpartners contact kunnen maken; aanwezig zijn op dezelfde plaats dus. Het zal duidelijk zijn dat de kans daarop groter is naarmate deze kationen en anionen veelvuldiger in de aardkorst voorkomen. De gewone (gesteentevormende) elementen maken meer kans op contact in allerlei SO_4 -houdende milieus dan exotische metalen als kwik bijvoorbeeld. Ten tweede is inderdaad de vorming van verschillende soorten (sulfaat)mineralen van een metaal afhankelijk van de "persoonlijke" (chemische) voorkeur van dat metaal voor het sulfaat. In genoemde afbeelding 1 zien we dat duidelijk: Na, K, Mg, Ca, Fe en Al als gewone, véél voorkomende metalen (dát wist u al), zijn ook gewone sulfaatvormers. Dat Cu, Mn, Zn en Pb wél en bv. titaan (dat een veel groter aandeel heeft in de

*) Voorgaande afleveringen verschenen in 1980 (vol. 13) nr. 2 en 4, 1981 (vol. 14) nr. 2 en 1982 (vol. 15) nr. 2.