

kaart, wat in de afgeleide kaart van afb. 7 resulteerde. Oorspronkelijk is deze afgeleide kaart in transparante vorm afgedrukt, zodat altijd een vergelijking met de originele geomorfologische opname mogelijk is.

Het traject van drie boswegen, dat in eerste instantie voor de ingenieur-geomorfologische opname voorgesteld was, is grotendeels uit bosbouw-economisch oogpunt gekozen. Wanneer we de hoogste bosweg in beschouwing nemen, dan wordt er over een afstand van ongeveer 100 m een zeer actief hellingdeel gekruist (A2-zone). De lokale helling is hier steiler dan de geologische laaghelling; daarbij werden kleine bronniveaus waargenomen. Elke vorm van uitgraving in deze helling zal de instabiliteit verhogen en het risico, dat tijdens constructie voor de arbeiders dreigt, is onaanvaardbaar. Op vergelijkbare gronden, plus door het feit dat er te steile delen in voorkomen, is het af te raden om het onderste trajectvoorstel te handhaven. De keuze van het middelste traject is met enige aanpassingen te handhaven.

Om de gebieden, die anders door de bovenste en onderste bosweg ontsloten zouden worden, toch te kunnen exploiteren, is er een alternatieve oplossing aangegeven (zie afb. 7). Deze gaat uit van twee aftakkingen van de middelste, en een beperkte aanleg van de onderste en bovenste weg. Via een aantal bochten kan op deze manier toch het boven gelegen gebied ontsloten worden. Met lieren en sleepinstallaties is het verder mogelijk de tussen- en omliggende bosgebieden te bereiken. Voor de onderste weg is een ietwat veiliger route aangegeven, zo'n 50 m lager gelegen dan het oorspronkelijke idee.



Afb. 7. Wanneer de geologische laaghellingen vrijwel parallel aan de terreinhelling verlopen, kan dit tot actieve afglijdingen leiden. Het blijkt, dat de hellingklassen groter dan 30° voor dit proces extra gevoelig zijn.

## Conclusies

De belangrijkste conclusies die getrokken kunnen worden uit dit onderzoek zijn:

- Ongeveer 75% van het gebied wordt ingenomen door (uiteengevallen) gesteente dat door min of meer diepreikende massabewegingsprocessen is verplaatst.
- Door een gedetailleerde ingenieur-geomorfologische opname en patroonanalyse van het terrein is er een ruimtelijk model zichtbaar geworden, dat gebruikt kan worden om als basis te dienen voor de van de geomorfologie afgeleide gevarenkaart.
- Het werd mogelijk om zones van groot gevaar af te scheiden van minder gevaarlijke zones en om de voorgestelde trajectkeuze te evalueren.
- Deze evaluatie heeft geleid tot een nieuw voorgestelde route, die kostenbesparend werkt en tijdens de aanleg minder risico met zich meebrengt. Daarnaast is het te verwachten onderhoud minimaal.

## Literatuur

Bertle, G. Fuchs, H. Loacker & H. Pirkl (1984): Geologische Karte der Republik Österreich 1:25.000, Blatt 169 Ost Partenen. Herausgegeben von der Geologische Bundesanstalt Wien, Rasumofskygasse 23, A-1031 Wien.

Rupke, J. & A.C. Seijmonsbergen (1991): Geomorphological/geotechnical mapping of the Versetla/Garfreschen slope, St. Gallenkirch, Vorarlberg, Austria. Report to Stand Montafon. Alpine Geomorphology Research Group, University of Amsterdam, 16 pp., 5 annexures.

---

# KRISTAL: meer dan 2.000 jaar geheimzinnig

door Rudolf Rijkart \*)

vertaling: J. Stemvers-van Bommel

Onze taal is één van de spannendste vindplaatsen. Veel woorden komen ons voor als nutteloos nevingesteente — maar als wij een stuk ervan beetpakken en het onder de loep houden, zijn wij vaak verrast, wat wij er allemaal in vinden.

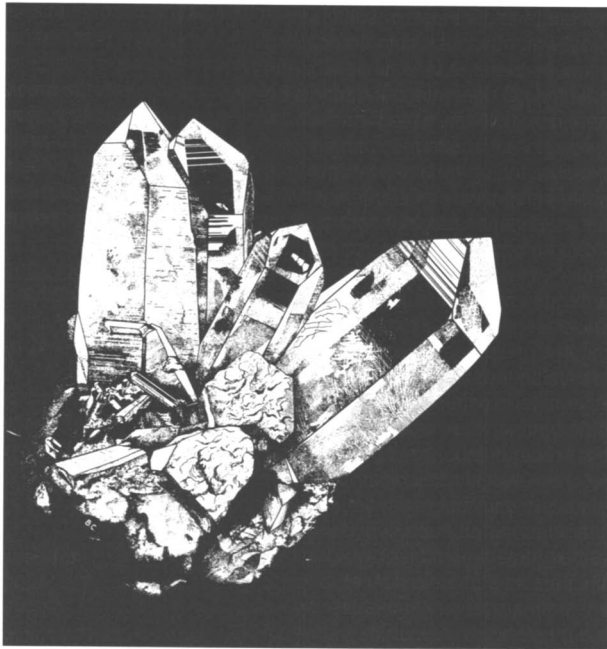
Laten wij bijvoorbeeld het woord "KRISTAL" nemen. Natuurlijk weten wij allemaal wel wat kristal is; op z'n minst zijn we toch wel een beetje zeker van onze zaak. Maar als we met verzamelaars en onderzoekers uit voorgaande eeuwen zouden praten, zou onze zekerheid

gauw verdwenen zijn. Laten we eens ruim 2000 jaar geleden in Griekenland beginnen.

## De kou van de bergen, de hitte van de Oriënt

In de 4<sup>e</sup> eeuw voor onze jaartelling leefde de Griekse filosoof Aristoteles. Hij verkondigde, dat alle materie uit vier elementen ontstaat: vuur, water, lucht en aarde. Volgens de traditionele leer van de filosofen vóór Socrates verkeren deze vier elementen in een voortdurende kringloop en gaan ze in elkaar over. Deze elementen bewaren hun existentie door de eigenschappen "koud" en "warm", "droog" en "vochtig":

- het vuur is warm en droog,



Afb. 1. Tekening van een kwartsgroep.

- de lucht is koud en droog,
- het water is koud en vochtig,
- de aarde is warm en vochtig.

Deze elementen zijn dus ook dragers van de verschillende aggregatietoestanden. Door de wisseling van hun eigenschappen kunnen ze in elkaar overgaan.

Aristoteles schreef o.a. een werk over stenen. Daarin vermeldt hij, dat er een steen is die "krystallos" genoemd wordt. Het woord "krystallos" - bij de Romeinen "crystallus" - betekende dus ruim 2000 jaar geleden enkel en alleen "bergkristal"; het werd gevormd uit het Griekse woord voor koud: "kryo". Krystallos betekent zoveel als "koud gevormd". Mogelijk kenden de Grieken de kristalvoorkomens in de Alpen; misschien is koude ook de eerste zintuiglijke indruk die een kristal geeft - wij weten het niet. In ieder geval is het zeker, dat ons huidige woord "kristal" hier zijn oorsprong heeft.

De natuuronderzoeker en arts Hippokrates maakte ± 400 v. Chr. een preciezer onderscheid. Hij noemde bevroren water "waterkristal", ongeveer in tegenstelling tot "steen-kristal" voor bergkristal.

Een andere voorstelling gaf Diodorus Siculus. Hij schreef ± 30 v. Chr. dat "crystallus" door de kracht van een goddelijk vuur ontstaat, dus bij hoge temperaturen! Wellicht leidden de vondsten van bergkristal in de Oriënt of in India tot deze opvatting. Deze vernuftige overweging werd later echter niet verder uitgewerkt. De Romeinse filosoof Seneca hield aan het begin van de 1<sup>ste</sup> eeuw na Chr. "crystallus" voor sneeuw- of ijswater in vaste vorm.

## Het verhaal van Plinius

Plinius Secundus, Romeinse natuuronderzoeker uit de 1<sup>ste</sup> eeuw (die zich bij de uitbarsting van de Vesuvius in het jaar 79 te dicht bij de vulkaan waagde en daarbij omkwam) heeft geschreven: "Door verdichting van ijs bij intensieve koude ontstaat kristal, dat men alleen daar vindt, waar de wintersneeuw heel goed vast wordt. Want het bestaat zeker uit ijs - ook bij de Grieken komt zijn naam daarvandaan. Waarom het zeskantig is, is niet gemakkelijk te begrijpen, vooral omdat de punten weer anders gevormd zijn. De gladheid van de kanten is zo volkomen, dat geen kunst het zou kunnen nadoen. Het grootste dat ik gezien heb, is dat wat Livia Augusta aan het Capitool heeft gewijd; het woog ongeveer 50 pond.

De hoog gewaardeerde kristallen worden gevonden op de bergen van de Alpen, waar ze in de rotsen groeien op ontoegankelijke plaatsen, dat degenen die ze eruit halen meestal aan touwen

hangen. Zij die met dit werk vertrouwd zijn herkennen de plaatsen aan bepaalde kenmerken en sporen. Vele kristallen hebben fouten; ze zijn met ruwe roest bedekt, of wolkig gevlekt, of ze hebben verborgen bulten of een verhard en bros binnenste - zogenaamd zout - of een bruinrode roest, of haren, die eruit zien als spleten en die de kunstenaars aan het oog onttrekken door de kristallen te klieven.

Enkele artsen geloven, dat wonden het beste worden uitgebrand als men daarvoor een aan zonnestralen blootgestelde kristallen kogel gebruikt. Een andere zotternij: Niet veel jaren geleden betaalde een niet bepaald rijke huismoeder voor een kristallen beker 150.000 sestertiën (ca. 40.000 gulden). Glazen bekertjes lijken bedrieglijk veel op kristallen bekertjes. Men verbaast zich dan ook, dat de prijs van kristal toch is gestegen." (Naar een citaat door A. Kenngott, 1866, Zürich).

## Kristallen van ijs?

Nu ligt het voor de hand, dat de oorspronkelijke tekst, die Plinius ongeveer 2000 jaar geleden in het Latijn van destijds schreef, door vertaling en herhaald overschrijven werd vervalst. Het is zelfs denkbaar, dat Plinius nooit ijs aan bergkristal heeft gelijkgesteld. Zo was de oorspronkelijke tekst blijkbaar nog toegankelijk voor de arts en natuuronderzoeker Johann Jakob Scheuchzer uit Zürich (afb. 2), want deze schreef in 1708 in zijn "Naturgeschichte des Schweitzerlandes": "De oorzaak die kristallen samenvoegt en ze samenhoudt, is een grote koude en duurzaam ijs en sneeuw." Hij schrijft verder, dat hier de bron ligt van een grote in de natuurgeschiedenis ingedrongen dwaling, waaraan Plinius geen schuld heeft. Want het is allemaal waar wat Plinius schrijft en deze grote man verdient het niet door zijn commentator Delachapio en nog anderen onderuit gehaald te worden.

Het is waar, dat het kristal bij grote koude ontstaat, en die komt voor in de hoge Helvetische gebergten. Wie dat niet kan begrijpen, gaat maar naar de chemisten en bekijkt bij hen hoe zoutkristallen het best en vlugst groeien, als het tot een zekere graad ingedampde water aan koude winterlucht wordt blootgesteld."

Scheuchzer zag in de vertaling van de volgende woorden van Plinius de grootste problematiek: "non aliubi certe reperitur, quam maxime hybernae nives rigent; glaciemque esse certum est". Volgens Scheuchzer menen de interpretatoren van de Plinius-vertaling, dat kristal bij grote koude versteend ijs is. Zelf denkt hij,



Afb. 2.  
Johann Jacob  
Scheuchzer  
(1672-1733),  
ongeveer 1708.

dat volgens Plinius men kristallen voornamelijk dáár vindt, waar een constante winter heerst en ijs- en sneeuwbergen voorkomen, en niet, dat de kristallen zich uit sneeuw en ijs ontwikkeld hebben.

Wat er gelijk uitziet is dus niet hetzelfde! Toch werd toen vele eeuwen na Plinius nog algemeen aangenomen, dat kristallen door koude versteend ijs waren.

## Afkoeling door het ijs van kristallen

Hesychius schreef in de 5<sup>e</sup> eeuw na Chr.: "Kristal is water, dat door koude verdicht is. Het is aan glas niet ongelijk". Ook wij zeggen immers: ijs - glace - glacier - glas. Velen hebben de Plinius-vertaling kritiekloos overgenomen, zoals:

- Albertus Magnus (1193-1280): "Het kristal heeft een waternatuur en is door de kracht van koude ontstaan".
- Paracelsus (1493-1541): "Het kristal is een ijs-centrum en de geest ervan coaguleert door koude". En: "Het kristal ontstaat uit water, dit water of die materie heeft een coagulerende geest in zich".
- Sebastian Münster, leraar aan de oude hogeschool van Basel, schrijft in de 16<sup>e</sup> eeuw: "Bij de bron van de Rhône worden vele kristallen opgegraven, want de kristallen ontstaan door harde vorst en worden alleen daar gevonden, waar alles in winterse koude versteent". Dus nog steeds.....

De vereenzelviging van kwarts met ijs leidde er in de tijd van de Merovingers (6<sup>e</sup> en 7<sup>e</sup> eeuw) toe, dat de dames uit voorname kringen een van oog of lus voorziene kristallen kogel aan de gordel, of aan een lange band droegen. Deze kristallen kogel was een sieraad, had waarschijnlijk magische betekenis - en diende tot verkoeling van de handen (Hinz, 1966). Ook in de 15<sup>e</sup> en 16<sup>e</sup> eeuw werden uit bergkristal geslepen kogels, met doorsneden van 2,5 - 5 cm, wegens hun verkoelende werking gebruikt. Bühler vermeldt in 1973 dat men, om het verkoelende effect opnieuw te bereiken, de kogels in rozenwater legde. Met dit doel werden koelkogels ook wel in goud en zilver gevat, maar zo ver, "dat aan het verkoelende effect van het kristal geen afbreuk werd gedaan." Ook in de boedelbeschrijving uit 1467 van Margareta van Vlaanderen, hertogin van Bourgondië, staat: "une pomme de crystal ronde à refroidir les mains", een kristallen kogel om de handen te verkoelen (Léon de Laborde, 1949). In de 16<sup>e</sup> eeuw speelden dames van de hoge adel met tot kogels geslepen bergkristallen, waaraan een hermelijnen pelsje was bevestigd. Het pelsje diende voor het vangen van vlooien, de bergkristallen kogel tot verkoeling van de handen. Enzovoort. Overigens werden destijds ook andere mineralen, waarvan de kristallen de doorzichtigheid van bevroren water vertonen, tot de kristallen gerekend. Bijvoorbeeld "IJslands kristal" (een heldere, doorzichtige calciet), verder waterheldere gips en steenzout, en kunstmatig vervaardigde zouten, zoals aluin en salpeter. Met alle andere gekristalliseerde mineralen maakte men een streng onderscheid. Men noemde deze "*corpora angulata*": hoekige lichamen.

## Eerste twijfel aan ijs

Het gewicht van bergkristal werd met dat van water waarschijnlijk voor het eerst vergeleken door al-Biruni (973-1048). Hij vond, dat bergkristal 2,5 x zo zwaar is als water. Een nauwkeuriger bepaling is bekend van Robert Boyle (1673). Hij mat dat bergkristal 2/3 maal zwaarder is. Deze waarde is verbazend nauwkeurig, want bergkristal heeft een dichtheid van 2,65.



Afb. 3. Paracelsus von Hohenheim (1493-1541), arts en natuurfilosoof.

Een van de eersten die - volgens een citaat van Helmont, 1682 - aan de oude opvattingen begon te twijfelen, was Paracelsus (1493-1541); afb. 3. "Hij had in de Zwitserse bergen een fabelachtig grote gletsjer zien liggen, die misschien al duizend jaar door geweldige krachten vastgehouden was. Toch is deze niet kristal geworden, maar ijs gebleven, zoals in het begin."

Johann Heinrich Hottinger (1680-1756) uit Zürich gaf in 1698, dus 18 jaar oud, zijn proefschrift "Krystallogia" uit. Hieraan werd voor dit artikel veel ontleend. Hottingers werk was destijds de beste samenvatting over bergkristallen en over de opvattingen van hun ontstaan. Hij schrijft, dat hij vindplaatsen van bergkristal in de Berner en Walliser Alpen heeft opgezocht, om ze op de plaats van hun voorkomen te leren kennen. Deze zouden zich in rotsholten bij de gletsjers bevinden, maar nooit in de gletsjers zelf. En: Bergkristallen zouden niet alleen dáár gevonden kunnen worden waar de bergtoppen door sneeuw zijn bedekt, maar ook in de warme gebieden van Azië, Afrika en Amerika, zelfs in de equatorzone, waar ze zeker jarenlang bewaard blijven zonder te smelten. Ook zouden kristallen "in de diepste metaalmijnen, waar eerder hitte dan koude heerst"

voorkomen. Van de ijsgebergten afgeslagen, hard ijs zou bij verwarming vloeibaar worden zonder dat er iets overblijft wat vast of van steen is.

Het enorme verschil tussen ijs en kristal was toch duidelijk:

- gehard, oud ijs wordt door het kleinste vuur vloeibaar; kristallen kunnen echter door geen kracht van het vuur vloeibaar worden, eerder springen ze in stukken;
  - ijs drijft op water, kristal zinkt echter;
  - bij het aanslaan van een kristal ontstaan vonken, bij ijs niet.
- Op deze gronden besluit Hottinger, dat kristal niet uit ijs kan bestaan en hij verwondert zich, "hoe lichtzinnig en zonder verstand vele geleerde mannen sinds de Antieken beweren, dat het kristal niets anders dan door aanhoudende en hevige koude versteend ijs zou zijn."

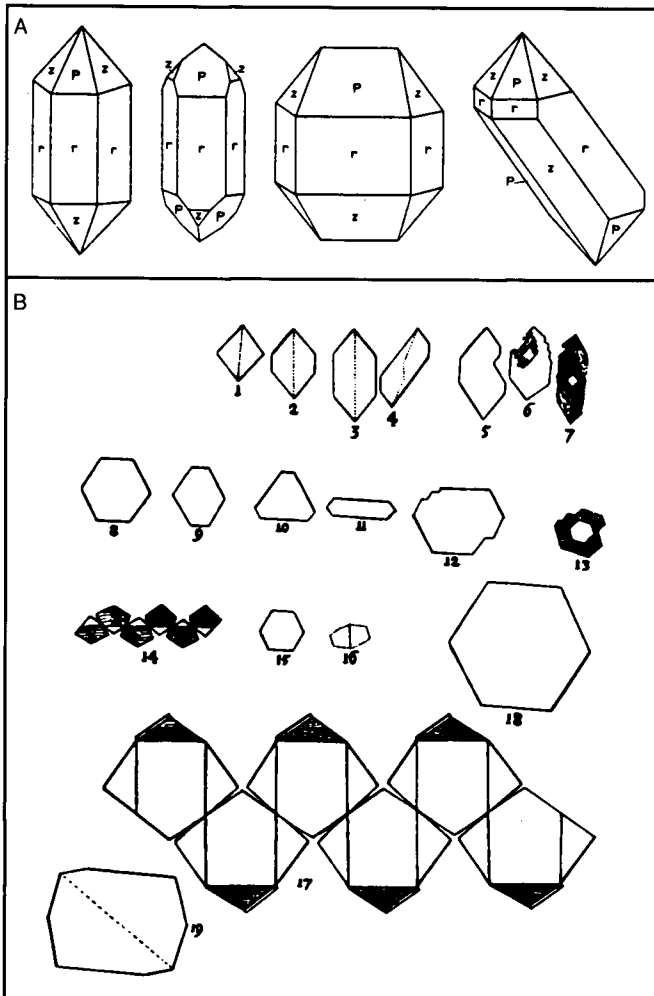
## De "stenen-makende vloeistof"

Met de weerlegging van de oude, eerbiedwaardige opvatting, dat bergkristal uit diepgekoeld ijs zou bestaan, begon men het fenomeen "kristal" goed te beoordelen. Maar naar ons huidige begrip "kristal" ligt nog een lange weg. Bovenal was het moeilijk te begrijpen, hoe uit een doorzichtig fluidum een hard kristal kan ontstaan. Omdat echter het begrip "oplossing" nog weinig ontwikkeld was, kon ook een kristallisatieproces maar moeilijk begrepen worden. Aretinus (1596) en anderen ontkenen, dat levenloze lichamen überhaupt een eigen vorm kunnen krijgen. Men nam echter aan, dat de zuiverheid van een stenen vloeistof een uniforme en regelmatige vorm zou kunnen voortbrengen. Men gebruikte aanduidingen als "stenen-makende vloeistof", "coagulatie", "stralende kracht" en "richtkrachten". De laatste zou men nu valentie- of coördinatiekrachten noemen.

Boëtius de Boodt voerde in 1609 aan, dat kristallen blijkbaar uit niets anders dan vloeistoffen worden geproduceerd, hetzij door voldoende indamping van de vloeistof of door samentrekken van poriën door koude of welke oorzaak dan ook.

Hottinger zag het ontstaan van natuurlijke kristallen zo, dat hun materie geconcentreerd werd in de waterige oplossing die in rotsholten e.d. aanwezig was. Aan de zich samentrekkende deeltjes werden richtkrachten toegeschreven, dezelfde waarvan Kircher al in 1646 melding maakte.

Hottinger nam, door vergelijking met de groei van kunstmatige zouten, aan dat ook de groei van bergkristallen aan de buitenkant



Afb. 4. A. Kwarskristallen. De hoeken tussen de kristalvlakken zijn belangrijker dan de grootte en vorm van deze vlakken. B. Deel van een blad met tekeningen van kwarts- en hematietkristallen van de Deen Nils Stensen (Nicolaus Steno), uit: "De Solido intra Solidum Naturaliter Contento", 1669.

in een oplossing plaatsvond. Alleen zo kon hij zich het ontstaan van dubbeleindige bergkristallen voorstellen. Ook was hij ervan overtuigd, dat levenloze lichamen een eigen gestalte kunnen hebben.

#### " . . . . met de zijkant groeistof opnemen"

Een belangrijk uitgangspunt voor Hottingers overwegingen vormden waarschijnlijk de werken van Nicolaus Steno (1669) en Erasmus Bartholinus (1669), die onafhankelijk van elkaar in hetzelfde jaar werden uitgegeven.

Steno schreef over bergkristal: "Bergkristal bestaat uit twee zeszijdige piramiden en een daartussen liggende, eveneens zeszijdige zuil. "Buitenste lichaamshoeken" (angulos solidos extremos) noem ik die hoeken die de punten van de piramiden vormen; "middelste lichaamshoeken" noem ik die welke door de samenkomst van piramiden en zuilen ontstaan. Op dezelfde manier noem ik de piramidevlakken "buitenste vlakken" (eindvlakken) en de zuilenvlakken "middelste vlakken" (zijvlakken)."

Over de kristalgroei schreef Steno: Het bergkristal groeit, doordat zich nieuwe kristalmaterie vasthechte op de zich aan de buitenkant bevindende vlakken van het reeds omgrensde bergkristal. Daarom is er beslist geen ruimte voor de opvatting, dat bergkristal op de manier van planten kan groeien en met de zijkant waarmee het op zijn onderlaag ligt, groeistof kan opnemen. Steno moet de kristallen bijzonder goed hebben bekeken: "Het

opnemen van nieuwe kristalmaterie gebeurt noch aan alle buitenste vlakken gelijktijdig, noch in gelijke mate". Hij beseftte, dat aan de vorming van kristallijne materie een beginsel ten grondslag ligt en dat de groei van kristallen door opneming op kristalvlakken gebeurt. Klaarblijkelijk heeft Steno het primaire belang van de ligging van vlakken en de secundaire betekenis van de grootte van vlakken beseft. Afb. 4 A en B.

### Het geheim van de hoeken

Eigenlijk wordt de stelling over de gelijk blijvende hoeken tussen de vlakken die een kristal begrenzen: de "wet van de constantheid van tweevlakshoeken", nog niet expliciet vermeld. \*\*) Erasmus Bartholinus beschreef de rhomboëdervorm van "IJslandspaat" en toonde aan, dat de hoek tussen vlakken bij onbeschadigde exemplaren dezelfde is als bij splijtstukken. Zijn belangrijkste onderzoek gold echter de licht- en dubbelbreking van calciet.

De eerste die de wet van de constante hoeken precies formuleerde - door onderzoek aan zoutkristallen - was Domenico Guglielmini (1655-1710) in 1688.

In 1708 schreef Scheuchzer, dat kristallen waarschijnlijk uit ontelbare kleine, gelijkgevoerde of zeszijdige kristalletjes zijn samengesteld en dat door zo'n opbouw uit veel gelijkgevoerde deeltjes niet noodzakelijk dezelfde "figuur" gevormd wordt. Scheuchzer beseftte dus al vóór René-Just Haüy (1743-1822), dat door de aaneenschakeling van gelijke parallellepipedums verschillende vormen kunnen ontstaan.

### Kristal met paardehaar

Onverklaarbaar waren insluitsels van vreemde stoffen, die in bergkristal werden waargenomen. Scheuchzer schreef in 1708, dat deze de natuuronderzoekers altijd veel te denken gaven. Opgesomd werden: in bergkristal ingesloten strohalmen, zwart paardehaar, een stekel van een egel, bladeren, bosjes, muggen, mieren, wormpjes, mos, kopergroen, roest, mist, sneeuw, zoutkorrels, water, lucht, enzovoort. Afb. 5. Dit zijn insluitsels die wij nu herkennen als holle anhydrietnaalden, als epidoot, actinooliet, amiant, rutiel, boulangeriet, jamesoniet, zinkeniet, ilmeniet/ hematiet, glimmer, chloriet, dendrietten, alsmede fluïde insluitsels. Men kon zich niet voorstellen hoe zulke, destijds niet juist geïnterpreteerde, zaken binnenin een bergkristal konden komen. Steno twijfelde bijvoorbeeld of kristallen in een vloeistof zijn ontstaan, omdat er ook lucht (in werkelijkheid CO<sub>2</sub> en/of CH<sub>4</sub>) binnenin zit.

Ook over in kristallen ingesloten water bestonden verschillende meningen. Zo werd aangenomen, dat de vorst te weinig werkzaam was in het binnenste van zulke kristallen, zodat na opwarming gedeelten weer vloeibaar konden worden.

In 1698 schreef Hottinger realistisch over in kristallen ingesloten "antimoniet" (in werkelijkheid een sulfozout), dat "de antimoniet op de bodem van de holte groeide en door de groeiende kwarts werd ingesloten. Andere naalden, die afbraken toen het kristal nog vloeibaar was, konden dit doordringen".

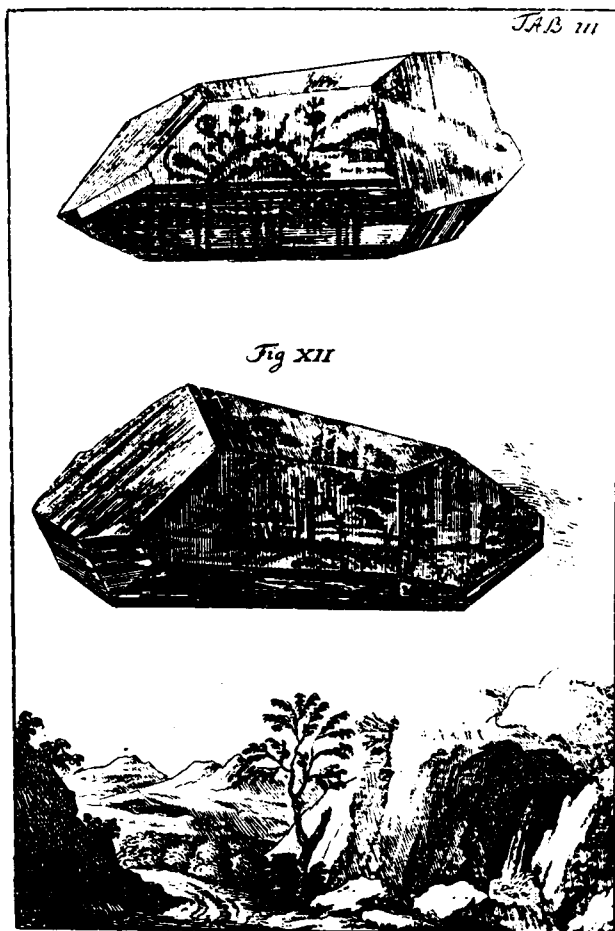
Robert Boyle beschreef in 1673 een "in een kristal opgeborgen waterdruppel, die gemakkelijk in beweging kan worden bekeken, voornamelijk als het kristal van positie verandert".

### Op de plaats van herkomst

Tot een geweldige stap vooruit, die tot de eigenlijke kristallografie in de huidige betekenis leidde, werd de aanzet gegeven door de Luzernse arts en natuuronderzoeker Moritz Anton Capperel of Kapperel (1685-1769).

Nadat in 1719 op de Zinggenstock in het Grimselgebied van het Aarmassief een zeer grote "kirstalgroeve" was ontdekt, zocht Capperel deze op, om op de plaats van herkomst van de kristallen de ware oorzaken van de mechanismen, en de zelfstandige vormen, krachten en eigenschappen beter te kunnen onderzoeken en doorgronden.

Hij mat kristallen op en schreef: "Als wij nu de vorm nog verder bekijken dan vinden wij, dat er zes kanten ongelijk van breedte



Afb. 5. Insluitsels in kwartskristallen, zoals Scheuchzer zich deze voorstelde in zijn "Naturgeschichte des Schweizerlandes", 1708.

zijn, toch staat een zijde altijd parallel aan de andere, zodat de hoeken ervan  $120^\circ$  bedragen. Ook aan de piramiden neemt men regulariteit waar, namelijk een hoek van ongeveer  $72^\circ$ , zodat de ontwikkeling van de hoeken aan de piramiden en zuilen beslist steeds dezelfde is; daarentegen zijn de vlakken meestal ongelijk (naar Altmann, 1751). Capperer formuleerde hier dus de wet van de constantheid van tweevlakshoeken.

In zijn beroemde "Prodromus Crystallographiae de Crystallis impropis sic dictis commentarium", die in 1723 in Luzern verscheen en in 1922 door Karl Mieleitner werd vertaald, ordende hij de geometrische vormen van gekristalliseerde lichamen in een systeem, dat de kristallen in ruime zin, de zouten en de vroeger apart gehouden "hoekige lichamen (corpora angulata)" omvatte. Capperer was een scherp observeerder, die ook met de microscoop werkte: "De vorm is beter dan iedere andere eigenschap geschikt om de substantie te begrijpen". Hij bemoeide zich diepgaand met de vermoedelijke opbouw van kristallen uit kleinste deeltjes. Deze opbouw zou van dien aard moeten zijn, dat daaruit groeivormen en fysische eigenschappen afgeleid kunnen worden.

## Kristal en kwarts

In Cappelers tijd was nog weinig bekend over de bouw en samenstelling van verschillend uitzijnde vormen van kristal: bergkristal, rookkwarts, amethyst, melkkwarts en de chalcedoonvariëteiten werden voor verschillende mineraalsoorten gehouden. Bij de Saksische mijnwerkers van de 16<sup>e</sup> eeuw werd met kwarts een hard soort gesteente zonder erts bedoeld, een "böses Erz". Henckel beschouwde in 1725 bergkristal en kwarts nog als twee

verschillende soorten steen. Wallerius rangschikte in 1747 kwarts naast agaat, silex, flint en onyx, maar onderscheidde hen van bergkristal (Tomkeieff, 1942).

J.G. Sulzer, die in 1723 naar het Gotthard-gebied reisde, vermeldde: "dat crystallen zich alleen in de kwartsaders bevinden". Hij vermoedde dat "op zijn minst de crystallen uit de kwarts naar buiten komen" en dat de crystallen niets anders dan een zuivere kwarts zijn (uit: Koenigsberger, 1940).

De Berlijnse professor in de chemie J.H. Pott kwam in 1753 door chemische proeven tot de slotsom, dat kwarts, kristallen, flint en zand dezelfde samenstelling hebben. Duidelijkheid over de mineraalsoort kwarts had men pas, toen het in 1823 aan Jöns Jacob Berzelius gelukte, de samenstelling van kwarts te bepalen.

Met "kwarts" worden nu bergkristal, rookkwarts, amethyst en andere kleurvariëteiten aangegeven. De naam "bergkristal" als aanduiding voor de kleurloze, doorzichtige kristallen leeft echter tot op heden voort. Het woord "kristal" daarentegen betekent tegenwoordig dat, wat bijna alle mineralen kunnen vormen: geometrische lichamen met een sterke inwendige ordening.

\*) Het adres van de auteur is: Rudolf Rykart, Riffmatten 6, CH - 6020 Emmenbrücke, Zwitserland.

\*\*) Noot van de vertaler: De wet van de constantheid van tweevlakshoeken wordt ook de "Wet van Steno" genoemd! Aan wie de ontdekking van deze wet eigenlijk moet worden toegekend schijnt een punt van grote onenigheid te zijn. "Hij wordt aan velen toegeschreven; je zou kunnen zeggen dat de wet op de een of andere manier als een vanzelfsprekendheid werd begrepen door alle geleerden die gedetailleerde kristalvormen tekenden, sinds zij met hun tekeningen van individuele kristallen de duidelijke bedoeling hadden er hele kristalsoorten mee uit te beelden" (naar M. Senechal, 1990). Ook M.V. Lomonosov (1749), A. Carangeot (1780) en J.B.L. Romé de l'Isle (1783) verdienen in dit verband genoemd te worden.

## Van de redactie

Dit artikel zal - uiteraard in Duitstalige versie - het hoofdartikel zijn van de catalogus voor de 30<sup>ste</sup> Münchner Mineralientage, de grote mineralenbeurs te München, die dit jaar van 29 tot 31 oktober 1993 wordt gehouden.

Ter gelegenheid van dit jubileum heeft de organisatie, inhakend op de Europese eenwording, het artikel "Kristall - über 2000 Jahre lang geheimnisvoll" naar zoveel mogelijk anders-talige redacties van mineralentijdschriften gezonden voor een ongeveer gelijktijdige publikatie. Het is de opzet van de initiatiefnemers, dat het artikel in elke taal eenmaal verschijnt - voor het Nederlands werd Gea benaderd.

Wij vonden het een sympathiek idee en het onderwerp leek ons interessant en gevarieerd genoeg om tot plaatsing, zij het in iets verkorte vorm, over te gaan. Wij wensen de "Mineralientage München" van harte geluk met de bereikte mijlpaal en veel succes voor de toekomst.

\*\*\*