

De oudste kristallografie

door R. Hooykaas

548.111

A theory of crystal structure could only be put forward after morphological regularities had been found. The law of constant angles should not be attributed to *Steno*, who only stated constancy in one particular case.

Kristalbeschrijving en kristalbouw.

Het begin van de wetenschappelijke kristalbeschrijving zou men kunnen stellen in de tweede helft der 17e eeuw, maar zelfs daarna geraken de meeste onderzoekers nog in verwarring door de overstelpende rijkdom van vormen, die kristallen van dezelfde stof

kunnen vertonen. Geen enkele wet, geen enkele regel lijkt te gelden, waardoor die veelvuldigheid op grotere eenvoud terug te brengen is.

Nu pleegt men in de natuurwetenschap twee methodes om orde te scheppen in de chaos der verschijnselen te onderscheiden, nl. de beschrijvende en

de verklarende. De eerste stelt zich tevreden met een beschrijving der verschijnselen, zo mogelijk in quantitative regels als de stoechiometrische wetten (massabehoud¹), vaste samenstelling²), elementenbehoud³), de gaswet van Boyle⁴), de brekingswet van Snellius, om daarna die regels zo mogelijk weer in onderling verband te brengen, bijv. zoals de valwet en de Keplerse wetten verbonden worden door de gravitatiewet van Newton. Wij zouden deze methode als *phenomenologisch* kunnen aanduiden.

De andere methode gaat eveneens uit van de verschijnselen, bestudeert óók hun wetten, maar tracht bovendien een „oorzaak” daarvoor te vinden. Zij wil de waargenomen verschijnselen afleiden uit de wisselwerking van krachtcentra of van atomen, zij kent aan deze eenheden eenvoudige grondeigenschappen toe en tracht daaruit langs deductief-wiskundige weg de reeds waargenomen en nog waar te nemen verschijnselen af te leiden. Zij zou als de „corpuscultheoretische” aangeduid kunnen worden.

Natuurlijk is er geen absolute tegenstelling: van een bepaald standpunt bezien heeft ook de eerste methode door het opsporen van de oerphenomenen (bijv. de gravitatie) wel degelijk een „verklarend” karakter, terwijl, naarmate de experimenteerkunst dieper doordringt in het „inwendige” der materie, de tweede methode steeds meer ook een „beschrijving” van waargenomen feiten wordt. Het verschil tussen verklaring en beschrijving wordt steeds geringer.

Als typische vertegenwoordigers van beide richtingen kunnen we noemen aan de ene kant de Daltonse atoomleer en de molecuulkinetische behandeling van chemische evenwichten en osmotische verschijnselen en daartegenover de thermodynamische behandelingswijze, die zich redt zonder kinetische en atomistische voorstellingen.

Dezelfde dualiteit treffen we ook aan in de kristalkunde. Men kan de kristallen beschrijven: de vormenreeks van de kristallen van een bepaalde substantie waarnemen en er een meetkundig-wetmatig verband tussen leggen om daarna weer onderling verband te zoeken tussen de vormenreeksen van kristallen van verschillende stoffen. Men kan ook trachten de waargenomen uitwendige vorm af te leiden uit de inwendige bouw, uit de veronderstelde vorm en rangschikking der samenstellende deeltjes, dus door een *structuurtheorie* op te bouwen, die dan weer op haar juistheid getoetst wordt, doordat zij nog niet waargenomen vormen voorspelt.

Aangezien de kristalkunde oorspronkelijk een onderdeel was van de delfstofkunde, die weer een der drie hoofdafdelingen van de natuurlijke historie vormde, is het niet misplaatst deze beide methodes hier als de *uitwendig-morphologische* en de *anatomische* aan te duiden. Het 18e-eeuwse empirisme had voorkeur voor de eerste methode: Lavoisier gebruikte geen atoomtheorie, Linné sloot de planten-anatomie buiten de botanie en Romé de Lisle wilde alleen kristalvormen bestuderen⁵).

Het spreekt wel vanzelf, dat een „verklarende” methode, een structuurtheorie bijv., eerst dan zin krijgt, als de beschrijving reeds enigszins gevorderd is en wetmatigheden ontdekt heeft. Is dat niet het geval, dan valt er slechts een chaos te „verklaren”, een oneindige verscheidenheid van niet of ternauwernood als verwant herkende verschijnselen. In dat geval meent men wijs te handelen door dan ook maar

een oneindige verscheidenheid van verklaringsbeginselen aan te nemen: het is dan immers altijd mogelijk elke waarneming (of zij juist of onjuist is, doet er minder toe) te „verklaren” en te voorspellen”. Aan dit gebrek ging de oude atoomleer mank: ondanks haar schijnbare eenvoud kon ze, door de oneindige verscheidenheid in vorm en grootte der atomen, letterlijk alles „verklaren” maar niets streng deduceren. Het cartesianisme maakte het nog bonter, want elk deeltje kan in die theorie weer oneindig veel vormen aannemen en is tot in het oneindige deelbaar. Zo meende Descartes de gehele wereld, de elementen, de mineralen enz. te kunnen „deduceren” uit enige algemene, aangeboren grondideeën⁶). In werkelijkheid gaven dergelijke theorieën slechts plausibele illustraties achteraf en konden ze even vlot ongeloofwaardige verschijnselen „wetenschappelijk” verklaren als de beruchte „occulte eigenschappen” der scholastiek dat vermochten.

De wet der constante hoeken.

Tot aan het eind der 18e eeuw ontdekte men slechts sporadisch wetmatigheden in de vorm der kristallen. Dat bergkristal zeshoekig is, was natuurlijk reeds vroeg opgevallen en men knoopte aan dat feit beschouwingen vast over de voortreffelijkheid van de zeshoek, welke zich ook in de bijencel openbaart. Kepler⁷) werd getroffen door de steeds weer optredende zeshoekigheid bij sneeuwkrystallen en bergkristal en Erasmus Bartholinus⁸) (1661) eveneens.

Biringuccio⁹) (1540) merkte op, dat de blokvormige pyrietkristallen steeds hoeken van 90° hebben. Robert Hooke (1665) zag, dat aluin in octaeders kristalliseert.

Het jaar 1669 bracht enige ontdekkingen, die van grote betekenis zouden blijken voor de ontwikkeling van de kristallografie. Toen verschenen het werk van Erasmus Bartholinus (1625—1698), „Proeven met het dubbelbrekende IJslandsche spaat, waardoor de wonderbare en buitengewone breking ontdekt wordt”¹⁰), en het werk van Niels Stensen (1638—1686) „Voorlooper van een verhandeling over vaste lichamen, die binnen andere vaste lichamen van nature ingesloten zijn.”

Bartholinus mat de hoeken van de kalkspaatrhomboëder en vond voor de stompe hoeken tussen de ribben 101°. Uit het feit, dat hij een bepaald getal aangeeft, mogen we opmaken, dat hij van mening was, dat kalkspaatrhomboëders steeds dezelfde hoeken hebben. Huygens vond in 1678 voor deze hoek 101°52' en de la Hire (1710) vond 101°30'¹²).

Steno merkte op, dat kwartskristallen, hoe verminkt of misvormd ook, steeds dezelfde prismahoeken vertonen.

Deze waarnemingen waren van beperkte betekenis. Er werd niet uitgesproken, dat bij alle kristalsoorten de hoeken tussen overeenkomstige vlakken constant zijn. Daarom achten we het te veel eer voor Steno om de grondwet der kristallografie, de wet der hoekconstantheid, als „wet van Steno” aan te duiden, zoals nog vrij algemeen geschiedt. Op dezelfde wijze te werk gaande zou de chemische wet der vaste samenstelling (wet van Proust) de „wet van Sala” genoemd moeten worden, want Angelo Sala (1617) heeft althans voor één substantie, de kopervitriool, de quantitative samenstelling juist bepaald en op de constant-

heid daarvan, onafhankelijk van de ontstaanswijze, geweest¹³⁾.

Steno zelf heeft weinig aandacht aan de hoekconstantheid van het bergkristal geschonken. Alleen een foutieve vertaling kon *K. Mieleitner* steun geven voor een andere mening. Volgens *Mieleitner's* vertaling betoogt *Steno*:

„Der Bergkristall besteht aus zwei sechsseitigen Pyramiden und einer dazwischen liegenden, ebenfalls sechsseitigen Säule, wobei ich „äuzere feste Winkel“ diejenigen nenne, welche die Spitzen der Pyramiden bilden, „mittlere feste Winkel“ diejenigen, welche bei dem Zusammentritt von Pyramiden und Säulen auftreten“¹⁴⁾

In de toelichting op deze zin verklaart *Mieleitner* dan nog: „*Angulus solidos extremos*“; *solidus* heiszt fest, d.i. konstant, onveränderlich¹⁵⁾. Op deze wijze wordt dan besloten, dat *Steno*, die de uitdrukking „*angulus solidus*“ (fester Winkel) dikwijls gebruikt, daarmee de constantheid van de bedoelde hoeken aangeeft.

Het is echter onjuist in de uitdrukking „*angulus solidus*“ het woord „*solidus*“ te vertalen door „onveranderlijk“ of „constant“. Een *angulus solidus* (*angle solide*; *solid angle*) is een „ruimtehoek“ en wordt dus door drie of meer vlakken ingesloten.

In deze betekenis wordt het woord in de oude kristallografie steeds gebruikt, o.a. door *Guglielmini*¹⁶⁾ (1668), door *de la Hire*¹⁷⁾ (1710), door *Bergman*¹⁸⁾ (1773) en door *Romé de Lisle*¹⁹⁾ (1783) en aldus wordt het ook gebruikt door *Steno* in het gegeven citaat.

Guglielmini noemt de top van een octaeder: „*alla cima degli angoli solidi*“²⁰⁾ (door *Mieleitner* als „die Spitze der festen Winkel“²¹⁾ vertaald; echter: te spreken van „een top van een constante hoek“ kan toch niet veel zin hebben). Over de octaeder, waar de top soms tot een lijn wordt, zegt *Guglielmini*: „*Dovrebbe terminarsi l'Ottaedro di questi in un' angelo solido, cioè in un punto*“²²⁾ en *Mieleitner* vertaalt dit zelf: „Sein Oktaeder sollte auslaufen in einen festen Winkel, d.h. in einen Punkt...“²³⁾, zodat hij hier, tegen wil en dank, wel de goede opvatting van de „vaste hoek“ moet geven!

In zijn „*De salibus*“ (1705) zegt *Guglielmini*, dat de *angulus solidus* van de kubus $3 \times 90^\circ = 270^\circ$ ²⁴⁾ bevat en de *angulus solidus* van het driezijdig prisma van de salpeter $60^\circ + 2 \times 90^\circ = 240^\circ$, en de *angulus solidus* van de octaeder $4 \times 60^\circ = 240^\circ$ is²⁵⁾. „Wordt de top van de octaeder door een snijlijn vervangen, dan zijn er 8 in plaats van 6 *anguli solidi*“, voegt hij er aan toe. Dit alles heeft slechts zin, als men „*angulus solidus*“ in de door ons aangegeven betekenis neemt.

De Franse physicus *La Hire* zegt, dat de rhomboëder van kalkspaat 2 „*angles solides*“ heeft, die door drie „*angles obtus*“ (stompe hoeken) ontstaan, terwijl de overige 6 uit één stompe en 2 scherpe hoeken bestaan²⁶⁾. Hij onderscheidt daarvan de tweevlakshoeken (die in de moderne kristallografie zulk een grote rol spelen).

Romé de Lisle onderscheidt de „*angles solides*“, waar drie of meer vlakken bijeenkomen, van de „*angles simples*“ waar er twee bijeenkomen. Aluin heeft 6 *angles solides* en 12 *angles simples*²⁷⁾. Aangezien het hier over een octaeder gaat, blijkt duidelijk, dat „*angles solides*“ beslist geen tweevlakshoeken zijn.

Als *Mieleitner* dus zegt: „*Angulus solidos extremos*“, *solidus* heiszt fest, d.i. konstant, onveränderlich, wie sich namentlich aus der Erklärung der Figuren (S. 63) klar ergibt. Es ist der Winkel von (1011) nach (1011)“²⁸⁾, dan is dat, zoals *Johnsen* terecht opmerkte²⁹⁾, onjuist: Ten eerste, omdat een tweevlakshoek geen *angulus solidus* is en de *anguli solidi* uit de tekst op p. 39³⁰⁾ de toppen van de pyramiden van het bergkristal aanduiden en niet de door *Mieleitner* genoemde tweevlakshoeken en ten tweede, omdat op p. 63³¹⁾ *Steno* niet de uitdrukking „*solidus*“ gebruikt, maar slechts zegt, dat de hoeken tussen de ribben van de toegelichte doorsneefiguren 5, 6 en 13, constant blijven (non mutatis angulis) (zie fig. 1).

De enige uitspraken, waarmee *Steno* inderdaad hoekconstantheid aangeeft, vindt men in de korte toe-

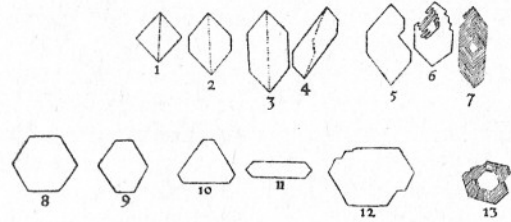


Fig. 1. Bergkristallen naar *Steno*.

lichting op figuren van het bergkristal aan het eind van het boek.

Fig. 5 en 6 behoren tot de soort, waarvan ik er talloze zou kunnen tonen ten bewijze, dat in het vlak van de as zowel het aantal als de lengte der zijden, ondanks onveranderde hoeken, op velerlei wijze verandert.

Figuur 13 toont, hoe zich bij afzetting van nieuwe kristalmaterie op de pyramidevlakken bij het basisvlak dikwijls de lengte der zijden en hun aantal verandert, terwijl de hoeken gelijk blijven³²⁾.

Aangezien *Steno* in zijn werk herhaaldelijk algemene stellingen met nadruk uitspreekt, zou het wel wonderlijk zijn als hij, in het bezit zijnde van het inzicht in de hoekconstantheid voor alle kristalsoorten, dit in een terloopse opmerking bij de toelichting van een figuur van één bepaalde kristal soort in het ahangsel van zijn boek zou laten schuil gaan. Bij de verkorte vertaling van dit werk in het Frans is deze opmerking over de onveranderde hoek van het bergkristal dan ook geheel over het hoofd gezien³³⁾: zo weinig opvallend is de plaats waar de opmerking staat en zo weinig essentieel is de opmerking voor het gehele boek.

Verder vestigt *Johnsen*³⁴⁾ er nog de aandacht op, dat *Steno* aan het kwarts geen enkele hoekmeting uitvoerde, noch tussen ribben, noch tussen vlakken en dus ook geen enkele hoek in een getal uitdrukt en dat hij, tegen *Mieleitner's* en *Groth's*³⁵⁾ vermoedens in, blijkbaar in de figuur niet de hoek tussen de pyramidevlakken (1011) en (1011) nagetekend heeft (welke $76^\circ 26'$ is), maar die tussen twee poolribben ($84^\circ 34'$) (zie fig. 1 nr 2 en 3). *Steno's* figuren tonen ongeveer 83° ; *Mieleitner* zegt echter dat deze figuren 80° aangeven³⁶⁾.

In zijn ijver voor *Steno* gaat *Mieleitner* zelfs zo ver, dat hij beweert, dat *Steno* voor het ijzerglans evenzeer als voor het kwarts de hoekconstantheid inzag³⁷⁾. In het gehele werk is echter niets te vinden, waaruit blijkt, dat dit inderdaad zo is!

Dat er een algemene wetmatigheid in de kristalvormen is, zag men dus nog niet in en als er dus in deze tijd een structuurtheorie optreedt, mogen we niet altijd verwachten, dat ze van algemene toepassing op de kristallen is, maar eerder, dat ze slechts geldt voor die kristal soort, waaraan de morfologische wetmatigheid ontdekt is en waarvan deze wetmatigheid verklaard moet worden (de aluin bij *Hooke*; het kalkspaat bij *Huygens*).

We zullen dan twee types van structuurtheorieën aantreffen:

1°. De kristallen worden opgebouwd door aaneenlegging van polyeders.

Deze voorstelling leeft voort in de moderne roostertheorie, die parallelipedische elementaire cellen aanneemt.

2°. De kristallen worden opgebouwd door opeen- stapeling van bollen of ellipsoïden.

Deze voorstelling ligt ten grondslag aan de moderne kristalchemie, die bolvormige atomen of ionen aan- neemt.

Wij beginnen onze bespreking met de polyeder- theorieën. Deze theorieën staan op experimentele basis. Zij gaan uit van waarnemingen aan kristallen

en vinden de vormen van de polyedrische kristal- moleculen op drie verschillende manieren:

- a. door waarneming van kleine kristallen (*Leeuwen- hoek, Guglielmini*);
- b. door waarneming van streping op de kristallen (*Bourguet, Dortous de Mairan, Bergman*);
- c. door waarneming van de splijting der kristallen (*la Hire, Bergman*).

- 1) *Hooykaas, R.*, De wet van massabehoud, Chem. Weekblad 43, 244—248 (1947).
- 2) *Hooykaas, R.*, De oorspronkelijkheid van Dalton's theorie, Chem. Weekblad 44, 408—409 (1948).
- 3) *Hooykaas, R.*, De wet van elementenbehoud, Chem. Weekblad 43, 526—531 (1947).
- 4) *Hooykaas, R.*, Robert Boyle, Loosduinen z.j. (1943), p. 44—47.
- 5) *Hooykaas, R.*, Rede en ervaring in de natuurwetenschap der XVIIIe eeuw, Inaug. rede V.U., Loosduinen 1946, p. 31—33; 40—42.
- 6) Discours de la Méthode; Oeuvres de Descartes, éd. Adam et Tannery, T. VI, Paris, 1902, p. 64, regel 1—10.
- 7) *Kepler, Joannes*, Strena seu de nive sexangula, Francofurti ad Moenum, 1611; *Kepler, J.*, Gesammelte Werke, ed. Caspar, Bd. IV, p. 265, 269, 278, 279.
- 8) *Bartholinus, E.*, De figura nivis, Hafniae 1661.
- 9) *Biringuccio, V.*, De la pirotechnia, Venezia 1540, p. 29; ap. A. Arzruni, Physikalische Chemie der Krystalle, Braunschweig 1893, p. 4.
- 10) *Bartholinus, E.*, Experimenta crystalli Islandici disdiacastici quibus mira et insolita refractio detegitur. Hafniae 1669.
- 11) *Steno, N.*, De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus. Florentiae 1669.
- 12) Mém. Acad. Sci. Paris, 1710, p. 342.
- 13) *Hooykaas, R.*, The discrimination between „natural” and „artificial” substances and the development of corpuscular theory, Arch. intern. Hist. Sci. nr. 4 (1948), p. 645, 646.
- 14) Ostwald's Klassiker, nr 209, Leipzig 1923, p. 39.
- 15) Ostw. Klassiker 209; p. 66.
- 16) *Gulielminus, Dominicus*, Opera omnia, Genevae 1719, T. I, II.
- 17) Mém. Acad. Sci. Paris 1710, p. 341.
- 18) Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis, vol. I (1773), p. 151: „...prisma oritur hexaëdrum, sex constans parallelogrammatibus aequalibus et similibus, utrumque terminatum tribus rhombis, in angulum solidum coëuntibus...”.
- 19) Cristallographie, Paris 1783, T. I, p. 68.
- 20) *Gulielmini Opera I*, p. 80.
- 21) Fortschr. Mineral., Krist. Petrog. 8, 216 (1923).
- 22) *Gulielmini Opera I*, p. 89.
- 23) *Mieleitner*, Fortschr. Mineral. Krist. Petrog. 8, 223 (1923).
- 24) *Gulielmini Opera T. II*, p. 161 (CXXVIII).
- 25) *Gulielmini*, ibid. p. 161 (CXXIX).
- 26) Mém. Acad. Sci. Paris 1710, p. 342.
- 27) *Romé de Lisle*, Cristallographie, T. I, Paris 1783, p. 68.
- 28) Ostw. Klass. 209, p. 66.
- 29) *Johnsen*, Sitz. ber. preuss. Akad. Wiss. Physik.-math. Klasse (1932), p. 409—410.
- 30) Ostw. Klass. 209, p. 39.
- 31) Ostw. Klass. 209, p. 63.
- 32) Ostw. Klass. 209, p. 63.
- 33) *Johnsen*, op. cit. p. 413.
- 34) *Johnsen*, op. cit. p. 410—411.
- 35) *Groth, P.*, Entwicklungsgeschichte der mineralogischen Wissenschaften, Berlin 1926, p. 4.
- 36) Ostw. Klass. 209, p. 13.
- 37) Ostw. Klass. 209, p. 15.

Antonie van Leeuwenhoek's kristalmoleculen.

door R. Hooykaas

548.7

The idea that crystal molecules have the same shape as the crystals that are constituted by them, originates with *Antonie van Leeuwenhoek* (1675).



Fig. 1. Antonie van Leeuwenhoek (naar een schilderij van J. Verkolje in het Rijksmuseum).

De theorie, dat de kristalmoleculen dezelfde vorm hebben als de kristallen zelf, vond vooral ingang door het werk van *Antonie van Leeuwenhoek*. Reeds voor hem was deze opvatting gehuldigd, want *Steno* verwerpt in 1669 uitdrukkelijk, dat bergkristal opgebouwd zou zijn uit kleine deeltjes van dezelfde vorm als het geheel:

...noch een vorm der deeltjes, die de vorm van het geheel gelijk is, ...stemt met de ervaring overeen¹⁾.

Dit ontbrekende ervaringsbewijs meende *van Leeuwenhoek* enige jaren later geleverd te hebben.

Antonie van Leeuwenhoek (1632—1723), de Delftenaar, die met zijn mikroskopen op vrijwel elk gebied der microbiologie pionierswerk verricht heeft, strekte zijn onderzoekingen ook uit tot de kristallen. Hij beschreef de vormen van kristallen uit urine, uit plantensappen, uit azijn, uit handelsproducten (potas, blauwe vitriool, soda). Hij nam ook de groei der kristallen in hun verzadigde oplossingen waar en merkte daarbij op, dat in zeer korte tijd de kleinste exemplaren zeer vele malen groter worden zonder van vorm te veranderen.

Fig. A (Vitriool de Cypris of Blaauw Vitriool)²⁾. Deze figuurtgens namen in korten tijd in groote seer toe, ja soodanig, dat de selve in twee à drie minuten tijds, wel hondert maal

grooter wierden, behoudende nogtans deselve gedaante, want sy namen soo wel in langte als in brete toe (1679)³⁾. (Zie fig. 2).

Hij veronderstelde nu, dat de grote krsitallen opgebouwd zijn uit kleine kristallen van dezelfde vorm en dreef de analogie nog verder door aan te nemen, dat die kleine kristallen weer opgebouwd zijn uit nog veel kleinere van dezelfde vorm:

... en ick imagineer mij, dat als ick sodanige, off diergelijke figuirtgens inde sappen sie, dat haer begin, duysent en meer-malen kleijnder is geweest, ja dat wij geen cleijne deeltgens, met het aldervolmaeckste microscope, in eenich sap, en connen ontdekken, off het figuirtge heeft van sijn begin, een groot getal deelen cleijnder geweest, ick beeldt mij oock te gelijk in, dat het seer kleijn sijnde, deselvige form en gedaente heedt, gelijk het is, wanneer het grooter geworden is, ende dat het grooter geworden sijnde, vande geseijde seer kleijne deeltgens is te samen geset (1675)⁴⁾.

Hij nam daarbij aan, dat de allerkleinste deeltjes óók deze zelfde vormen vertonen, wanneer ze, onder het microscoop onzichtbaar, in water opgelost zijn en hij trachtte, op cartesiaanse wijze, uit hun vormen hun eigenschappen te verklaren (zure smaak bijv. door puntige moleculen veroorzaakt).

Ick heb over eenige jaren veel observatien gedaen, om was het mogelijk de alderkleijnste deeltgens van het sout te sien, maer hoe kleijn ick mij die oock uit het water dede voortkomen, schoon deselve meer dan 8 Millioenen kleijnder waren dan een gemeen sant, soo bestonden die uijt een seer net vierkant, en hoe kleijn dese sout deeltgens waren, soo quamen mij deselvige te vooren, daer ick in een moment des tijts om soo te spreucken, niet en hadde connen bekennen, en daer beneffens wierden deselvige seer schielijck groot, en grooter, sonder dat ick eenige deelen, die dese groote veroorsaecten, konde gewaer werden, en oversulcx stelde ick vast, dat hoe kleijn ick oock dese sout deeltjes aenschoude, echter noch uijt een groot getal van deeltgens mosten te samen gestelt sijn, die insgelijcx uijt een quadraat bestonden; en dese figuur van sout deeltgens stel ick vast, sijn de sout deelen, die om datse uijt een quadraat bestaen, en ijder alsoo vier hoecken van 90 graden heeft, en daer beneffens niet al te stijff en sijn... een goede smaeck... op onse tonge veroorsaecten (1679)⁵⁾.

... wat ons gemeen sout aangaat, als het selvige in een kleijne quantiteyt in 't water werd gesmeten, soo sal het ontdaan werden, en yder kern zout sal in Millioenen van deelen gedeelt worden, en echter een nette vierkante figuur uytmaken, maar wanneer men wat veel sout in 't water doet, ende daer dan eenige wegwaseminge by te weeg brengt, soo sal het zout weder in grooter deelen te samen stremmen; en gelijk ick hier voren

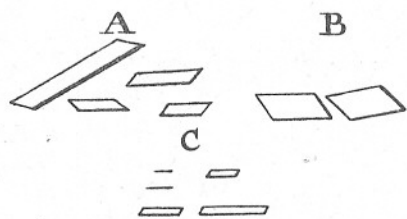


Fig. 2. Kopervitriool (naar Leeuwenhoek).

¹⁾ Ostw. Klass. 209, p. 39.

²⁾ Zie fig. 2.

³⁾ Brief aan de Royal Society van 23 Jan. 1679; A. van Leeuwenhoek, *Ontdekte Onsigthbaarheeden*, Leiden, 2e druk. (Ontdekkingen en Ontledingen van Sout-Figuren, Leiden 1696, p. 10).

⁴⁾ Brief aan de Royal Society van 14 Aug. 1675 (Alle de brieven van Antoni van Leeuwenhoek, Amsterdam 1939, deel I, p. 308, 309; ook in *Phil. Trans.* 10, no. 117, p. 380—385).

geseyd heb, dat ik sout-deelen van ons gemeen sout kome te sien, die meer dan duysent Millioenen kleijnder sijn dan een sand, en echter een nette viersydige figuur hebben, dat dese uytstekende kleijne sout-deelen uyt onse maag en darmen tot ons bloed en nadere deelen van ons lichaam niet en connen overgaan, of soo een kleyn deeltje sout moet noch in een onbegrijpelijk getal van kleijne deelen gedeelt worden: Ja ik beeld my wel in, dat, schoon ik een sout-deeltjen kome te sien, dat maar de groote heeft van $\frac{1}{1000000000}$ deel van een grof sant, ende dat dat selve weder gedeeld was, in duysent Millioenen van deelen, yder deeltjen echter een net vierkant of quadraat-deeltjen soude wesen (1685)⁶⁾.

Uit het voorgaande blijkt, dat hij de kubusvormige keukenzoutkristallen uit kleine kubusjes opgebouwd dacht. Maar ook voor zouten met minder regelmatige vormen nam hij aan, dat de kristallen uit moleculen van dezelfde vorm opgebouwd zijn, zonder zich af te vragen, hoe hij in dit geval zich een dergelijke opeenstapeling zou moeten denken zó dat inderdaad het geheel precies dezelfde vorm zou hebben als de moleculen afzonderlijk.

Naderhand heb ik nog verscheide observatien gedaen, omme, was het mogelijk, te ontdekken uit wat deelen de grootste figuren, die met BCD en E zijn aangewesen, mogte zijn te samen gestelt; dog ik heb mijn selven niet volkomen connen verzekeren, maar meermaal by my vast gestelt, dat de selve doorgaans uit soodanige kleine figuren waren te samen gestelt, als haar groote figuren waren (1679)⁷⁾.

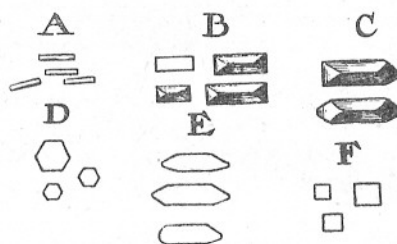


Fig. 3. Soda (naar Leeuwenhoek).

Deze opmerking werd gemaakt naar aanleiding van de kristallen van het „Sout van Engelse Souda”, dus onzuivere soda, verkregen uit de as van zeewier („uit As van groente, die in de Zee wast”) ⁸⁾.

Leeuwenhoek's brieven verschenen, voorzover zij aan de Royal Society gericht waren, uit het Hollands in het Engels vertaald in de *Transactions* en kwamen zo vrijwel allen geleerden onder ogen. Het blijkt dan ook, dat onder de belangrijkste kristallografen uit het begin der 18e eeuw zowel D. Guglielmini als M. A. Capperel ⁹⁾ zijn opvattingen kenden en er de invloed van ondergingen. Als grondlegger van de theorie, dat de kristalmoleculen polyeders zijn met dezelfde vorm als de kristallen, welke zij opbouwen, mogen we zonder aarzelen *Antonie van Leeuwenhoek* beschouwen.

⁵⁾ Brief van L. Velthuisen van 14 Nov. 1679 (Alle de brieven, deel III, p. 122 en 124).

⁶⁾ Brief aan de Royal Society van 5 Jan. 1685 (Ontdekkingen en Ontledingen, Leiden 1698; 43e Missive, Van 't Sout en Aaltjens in de, Wijn-Edik, p. 59—60).

⁷⁾ Brief aan de Royal Society van 23 Jan. 1679 (Ontdekkingen en Ontledingen van Sout-Figuren, Leiden 1696, 44e Missive, p. 34).

⁸⁾ Zie fig. 3.

⁹⁾ *Prodromus Crystallographiae*, Lucernae 1723.