

## Verhandelingen, Overzichten, Verlagen

# Kristalsplijting en kristalstructuur van kalkspaat II

(R. J. Haüy 1782)

door R. Hooykaas

548.24 : 549.742.111

*Haüy's* ideas about crystal structure (garnet and calx spar) in his earliest papers (1782) are analyzed. He conceives them to be built up from lamels and although he approaches the idea of polyhedral crystal molecules, he only gives attention to their angles and not to their dimensions.

In opposition to current views and to *Haüy's* own presentation of the case we maintain for several reasons (lamels instead of molecules; no laws of decreescence; choice of garnet beside calx spar; twofold conception of the structure of garnet) that his original theory, notwithstanding corrections in detail, is largely dependent upon *Bergman's* publications. *Haüy* tried to conceal this fact as much as possible.

### § 1. *Splijting, streping en structuur.*

In 1781 bood René Just Haüy (1743—1822) aan de Académie des Sciences een tweetal verhandelingen aan over de kristalstructuur. In beide stukken werd het verschijnsel van de splijting als uitgangspunt voor de theorie genomen. Het eerste, dat over de kristalstructuur van granaat handelde, werd in de zitting van 21 Febr. 1781 besproken en het tweede, waarin de structuur van kalkspaat ontwikkeld werd, vond in de zitting van 22 December een eveneens gunstige beoordeling. In 1782 volgde publicatie in *Rozier's* „Observations sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts”<sup>1)</sup>.

*Haüy* constateert, evenals *Bergman* eerder deed, dat de sterk verschillende kristalvormen van dezelfde stof op het eerste gezicht geen enkel onderling verband lijken te hebben en niet tot eenzelfde vorm teruggebracht kunnen worden. Daarnaast wordt het feit, dat dezelfde vormen (nl. de kubus en ook de octaëder) optreden bij stoffen van geheel verschillende aard, een nieuwe bron van verwarring<sup>2)</sup>.

Hij tracht nu de structuur der kristallen te bepalen door ze te splijten met een scherp voorwerp. De splijting gaat volgens hem altijd in een bepaalde richting, tenminste als men lamellen met natuurlijke vlakken wil verkrijgen.

J'ai cherché à reconnaître (la structure des cristaux) par des sections que l'on peut faire à l'aide d'un instrument tranchant dans ceux qui se prêtent à cette épreuve. Ces sections sont des indices d'autant plus sûrs de la structure... qu' on ne peut

jamais les faire que dans un sens déterminé, pour détacher des lames qui aient le poli de la nature; toutes les coupes qu'on tenteroit de faire dans un autre sens ne produisant que des fragmens de forme irrégulière<sup>3)</sup>.

Splijtbare kristallen tonen volgens *Haüy* dikwijls scheuren en strepen, die de lamellen aanduiden. Als de kristallen te hard zijn om goed te splijten (par coupes nettes), maar wel strepen en lijnen vertonen, besluit *Haüy* op analogiegronden, dat de ligging der lamellen door deze oppervlakteverschijnselen aangeduid wordt. Evenmin als *Bergman* kan hij dus *consequent* de splijting tot grondslag kiezen; hij is genoodzaakt nu en dan tot oppervlakteverschijnselen zijn toevlucht te nemen.

Lorsque les cristaux se trouvoient trop durs pour être divisés par des coupures nettes, j'en ai recherché la structure, d'après des raisons d'analogie, en profitant des stries et des linéamens que l'on observe souvent sur leurs différentes faces, et qui indiquent la position des lames dont ces cristaux sont l'assemblage<sup>4)</sup>.

Nu tonen de waarnemingen van splijting, streping, enz. bij alle kristallen van dezelfde stof, welke hun vorm ook zijn moge, dat als men voortgaat lamellen af te splijten, tenslotte eenzelfde kern (noyau) of primitieve vorm als „ingeschreven lichaam” overblijft, die kenmerkend voor de soort is en voor een bepaalde soort ook bepaalde en constante hoeken heeft.

... chacun des cristaux d'une même sorte, quelle que soit sa forme, renferme, comme noyau, un crystal d'une forme que l'on doit regarder comme primitive et originaire, pour la sorte

dont il s'agit. C'est-à-dire, qu'après avoir détaché successivement une partie des lames dont le crystal est composé... en supposant ce crystal divisible, on obtient toujours un solide, qui lui est censé inscrit, et qui dans les uns est un cube, dans les autres un solide à plans rhombes sous des angles déterminés et constans, dans quelques-uns un octaèdre, etc., selon la forme primitive particulière à chaque crystal<sup>5)</sup>.

Dit is een zeer belangrijke uitspraak. In de eerste plaats ligt er de *wet der hoekconstantheid* als algemeen geldige wet in opgesloten. In de tweede plaats is zij van grote betekenis voor de chemie: er wordt hier terloops niets minder geconstateerd dan dat *elke chemische verbinding een primitieve kristalvorm heeft met karakteristieke constante hoeken!*

## § 2. Lamellen als bouwstenen.

Het zo juist geciteerde doet ons bovendien zien, hoe *Haüy* nog geen gebruik maakt van eigenlijke moleculen maar, evenals *Bergman*, de kristallen uit lamellen opgebouwd denkt („les lames dont ces cristaux sont l'assemblage<sup>6)</sup>”; une partie des lames dont le crystal est composé<sup>6)</sup> Hij gaat zelfs zo ver om te spreken van „lames intégrantes” van de granaat, een uitdrukking, die we later, als hij slechts „molécules intégrantes” kent, niet meer bij hem zullen aantreffen. Deze lamellen worden *niet steeds even groot* gedacht („des lames rhomboidales décroissantes, compilées les unes sur les autres<sup>7)</sup>”), maar wél zijn ze *gelijkvormig* (parties similaires<sup>8)</sup>); zelf zijn ze echter weer deelbaar in kleinere lamellen met dezelfde hoeken als de primitieve vorm<sup>9)</sup>.

*Haüy* heeft hier nog geen scherp omljnd begrip van de bouwstenen gevormd; alleen de *hoeken* hebben zijn aandacht, niet de relatieve afmetingen der ribben der kleine lamellen. Hij staat nog dicht bij *la Hire*, die het gips ook opbouwde uit lamellen welke zelf bestonden uit naast elkaar liggende plaatachtige kleinere lamellen, waarvan alleen de hoeken, niet de afmetingen, vastgelegd werden. Als hij dan ook zo nu en dan de kleine lamellen die de grotere lamellen vormen als „moleculen” aanduidt<sup>10)</sup>, dan moet men dat niet te zeer in de geest van de chemische molecuultheorie opvatten, maar eerder als een andere uitdrukking voor „kleine stukjes” beschouwen<sup>11)</sup>. Het blijkt namelijk, dat deze „moleculen” *deelbaar* zijn. Het is volgens hem een verschil tussen de kern van het kristal en de (door secundaire vormen ontstane), „uitstekende delen”, dat alleen bij de eerstgenoemde *volledige* deeltjes optreden welke de „forme primitive” vertonen; bij de laatstgenoemde moet men zijn toevlucht nemen tot *halve* deeltjes (bij kalkspaat, dat een rhomboidale kern heeft, dus tot halve ruiten oftewel gelijkbenige driehoeken).

Si le noyau est composé par exemple de molécules rhomboidales, les lames dont la matière excédente est formée, n'ont souvent le long de leurs bords, que des demi-rhombes ou des triangles isocèles, qui sont les moitiés des rhombes qui occupent tout le reste de la surface de ces mêmes lames. C'est ce que j'ai observé entr' autres dans plusieurs variétés de spath calcaire<sup>12)</sup>.

Cet excès de matière n'est qu'un assemblage de lames en forme de rhombes, semblables à celles qui composent le spath d'Islande, mais incomplètes, soit dans leurs bords, soit dans leurs angles, de manière cependant que ces mêmes lames, telle que soit leur forme, peuvent toujours se sous-diviser en un certain nombre de petites lames, dont la plupart sont des rhombes entiers, et celles qui se trouvent situées vers les bords sont des demi-rhombes ou des triangles isocèles, dont le grand angle est constamment égal à celui du spath d'Islande<sup>13)</sup>.

Uit het laatste citaat blijkt nog eens, dat bij kristallen met secundaire vormen de splijting meestal lamel-

len oplevert, die niet dezelfde vorm hebben als de lamellen van de primitieve vorm. Echter: in aanleg hebben zij die vorm wél; zij zijn immers opgebouwd uit kleinere lamellen die de vorm der primitieve wél vertonen. Om evenwel deze opbouw mogelijk te maken zó dat rechtlijnige begrenzingen optreden, moet *Haüy* ook „stukjes” van deze deeltjes toelaten<sup>14)</sup>.

Als hij nu de ruitvormige plaatjes verdelen kan volgens een snede, die de boven- en benedenvlakken diagonaalsgewijze snijdt, waarom zien we hem dan nooit de lamellen zó verdelen, dat hun lichaam doorgesneden wordt volgens een vlak dat een bovenste ribbe met de tegenoverliggende onderste verbindt? Typerend voor de „tweedimensionale” beschouwingswijze, die *Haüy* toen nog huldigde, is dat hij dáar niet toe over gaat. Bij granaat *ziet* hij op de ruitvormige vlakken in grootte afnemende ruitvormige lamellen liggen; de daarvoor ontstane *trappen* vormen de secundaire vlakken, die dus geribd zijn („des lames rhomboidales décroissantes... et disposées comme par étages<sup>15)</sup>”).

Dat soms dezelfde *vormen* (nl. kubus en octaëder) aan verschillende stoffen toekomen, bewijst volgens *Haüy* nog niet dat ze dan ook dezelfde *structuur* hebben; een kubus van zeezout splijt in vierkante lamellen, maar een kubus van vloeispaat splijt lamellen af met de vorm van gelijkzijdige driehoeken, die onder een bepaalde hoek met de kubusvlakken staan<sup>16)</sup>. Zijn neiging tot een „tweedimensionale” opvatting komt weer boven, als hij zegt, dat de zoutkubus splijt „in andere kubusjes, of — als men dat liever wil — in lamellen met vierkante vorm<sup>16)</sup>”).

Uit het voorgaande blijkt, dat het begrip van een kristalmolecuul als een *kleinste* deeltje van een stof dat bepaalde hoeken en bepaalde *afmetingen* bezit, nog niet duidelijk gevormd is. Hij werkt evenals *La Hire*, *Bourquet* en *Romé de Lisle* met micro-lamellen, die het midden houden tussen macro-lamellen en echte moleculen. Alleen de *hoeken*, niet de relatieve afmetingen, spelen een rol in zijn betoog.

## § 3. De structuur van granaat (lamellen en moleculen).

Dat *Haüy* zijn publicaties met granaat en niet met kalkspaat begon, is merkwaardig. Men zou verwachten, dat een op splijting gebaseerde theorie het eerst aan een goed splijtbaar kristal gedemonstreerd werd en daaraan ontbrak juist alles bij de granaat.

Les cristaux de grenat... en se refusant à toute espèce de division, d'où il résulte des lames qui aient le poli naturel. Mais les stries et autres indices extérieures de structure, suppléent ici au défaut d'une division mécanique<sup>17)</sup>.

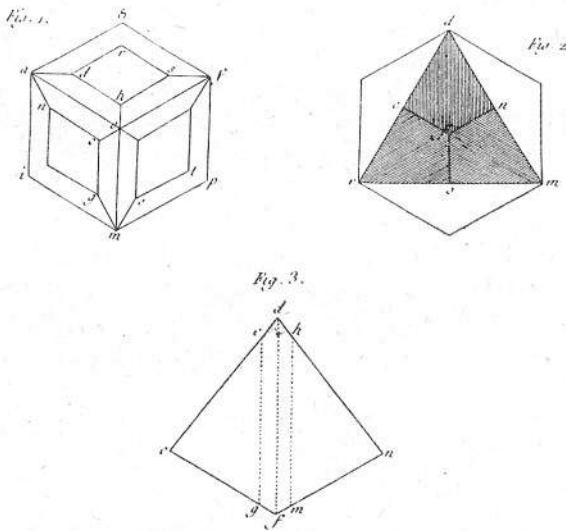
Dus alleen de uitwendige kenmerken helpen hem om de structuur te vinden; in dat opzicht is hij hier niet verder dan *Dortous de Mairan*. Maar, geheel anders dan *de Mairan*, houdt *Haüy* de lamellaire opbouw vast (zoals ook *Bergman* bij de granaat deed). Nu komt echter, evenals bij *Bergman*, nog een andere opvatting de lamellentheorie doorkruisen. De regelmatige rhombendodekaëder (le grenat à douze plans rhombes) beschouwt hij als de oorspronkelijke vorm van granaat (forme originaire de ce genre de cristaux). Dit lichaam nu kan weer opgevat worden als een vereniging van vier rhomboëders (quatre cristaux rhomboidaux), die gelijk en gelijkvormig zijn. Elk van hen heeft de éne stompe pyramide naar buiten gekeerd en de andere naar binnen, zodat de

toppen van deze laatsten in het midden van het kristal bij elkaar komen<sup>18)</sup>. (N.B. de stompe pyramiden zijn dus volgens de drietallige assen van het reguliere kristal gericht). Nu neemt hij aan, dat elk van deze vier rhomboëders uit kleine rhomboëdertjes van dezelfde vorm opgebouwd is.

Or, chacun des quatre cristaux rhomboïdaux dont il s'agit, peut être conçu comme étant composé d'un nombre cubique de très-petits cristaux semblables entr'eux et au crystal entier, d'où il résulte que le grenat, considéré sous ce point de vue, a dû commencer par la réunion de quatre petits cristaux rhomboïdaux, appliqués l'un à l'autre par trois de leurs faces, et se sera ensuite accru par une superposition de couches successives, composées de petits cristaux semblables aux premiers<sup>19)</sup>.

Het merkwaardige is hier, dat het principe het kristal op te bouwen met bouwstenen, die op de *grondvorm* (de rhombendodekaëder) gelijken, reeds bij deze eerste keer, dat het toegepast moet worden, in de loop van het betoog prijsgegeven wordt. De kern bestaat uit vier eenvoudige lichamen, die de vorm der kleinere bouwstenen aangeven. In de tweede plaats valt hier op, dat geen lamellen, maar in drie richtingen behoorlijk ontwikkelde deeltjes als bouwstenen aangenomen worden. Ten derde, dat deze bouwstenen *niet* allen gelijk gericht zijn (want de vier rhomboëders, die de rhombendodekaëder vormen, zijn niet gelijk gericht). De eerste toepassing van de theorie is dus niet zo eenvoudig als wel gewenst zou zijn.

De samenstelling van de rhombendodekaëder uit vier rhomboëders, troffen we (eveneens gecombineerd met de lamellaire theorie) ook aan bij *Bergman*<sup>20)</sup>, bij wien trouwens de neiging om de kristallen uit *verschillend gerichte* prisma's op te bouwen in 1780 zeer sterk geworden was<sup>21)</sup>.



Granaatvormen volgens Haüy (1782).

Natuurlijk moeten we deze beschouwingwijzen niet als absolute tegenstellingen zien. *Haüy* stelt zich het ontstaan van een granaatkristal zó voor, dat de rhombendodekaëdrische kern ontstaan is door aanlegging van vier kleine rhomboëders (waarvan de ruitvlakken de stompe hoek  $109^{\circ}28'$  hebben); daarna zijn dan lagen, die uit gelijke rhomboëdertjes bestaan, op de kern gelegd.

... le grenat, considéré sous ce point de vue, a dû commencer par la réunion de quatre petits cristaux rhomboïdaux, appliqués l'un à l'autre par trois de leurs faces, et se sera ensuite accru par

une superposition de couches successives, composées de petits cristaux semblables aux premiers...<sup>22)</sup>.

Van de rhombendodekaëdrische „forme originaire” leidt *Haüy* nog twee andere granaatvariëteiten af: een combinatie van rhombendodekaëder met ikositetraëder (fig. 1) en de ikositetraëder (fig. 2 en 3).

1. Een 36-vlak („12 ruiten en 24 uitgerekte zeshoeken, die tussen de ruiten liggen”, dus  $\{110\}$  en  $\{211\}$ ); zie fig. 1). Op elk rhombendodekaëdervlak leggen zich ruitvormige lamellen, welke grootte naar een „loi uniforme” afneemt. De zijvlakken der lamellen vormen naar de kant van de dodekaëderribben trapezia (*enco, comg, enz.*); als nu twee, aan eenzelfde dodekaëderribbe grenzende, trapezia in één vlak liggen, vormen zij de „exagones alongés” (*cohdan*).

2. Een 24-vlak („24 vierhoeken met twee aan twee gelijke zijden”; de ikositetraëder  $\{211\}$ ); zie fig. 3). Deze ontstaat als de zojuist beschreven groei zich voortzet tot de lamellen tot een punt gereduceerd zijn (de 24 zeshoeken worden vierhoeken *cjnd, crof, enz.*; zie fig. 2).

#### § 4. De vormen van kalkspaat.

Bij kalkspaat kon *Haüy* de structuur inderdaad door de splijting bepalen. Hij constateert, dat alle kalkspaatkristallen een rhomboëdale kern hebben, die gelijk is aan de vorm van het IJslandse spaat.

*Haüy* heeft het in zijn artikel over het kalkspaat niet laten ontbreken aan critiek op *Bergman's* verhandeling<sup>23)</sup> van 1773, vooral naar aanleiding van de spijkerkopkristallen met 12 vijfhoekige zijvlakken (*Haüy* fig. 3; *Bergman* 1773, fig. 3; *Bergman* 1780, fig. 4). *Bergman* leidde dat kristal af door de rhombendodekaëder van de granaat af te stompen; op de ontstane vijfhoekige boven- en ondervlakken („pyramidevlakken”, „plans fondamentaux”) worden dan vijfhoeken van dezelfde vorm gestapeld en aldus de secundaire vormen ontwikkeld.

*Haüy's* eerste bezwaar tegen deze afleiding is, dat *Bergman* voor granaat en kalkspaat absoluut dezelfde grondvorm onderstelt, want hij gaf als zijn doel aan de kristallen van verschillende stoffen, onder welke granaat, terug te brengen tot de rhomboëder van IJslandse spaat met de stompe vlakkenhoek van  $101^{\circ}30'$ . Echter is de stompe hoek van de vlakken van de granaat niet  $101^{\circ}30'$  maar  $109^{\circ}28'$ , wat dus een groot verschil in grondvorm mee brengt (ce qui établit d'abord une distinction très sensible entre les formes originaires des deux genres de cristaux)<sup>23)</sup>. *Haüy's* tweede bezwaar is, dat *Bergman* de „fundamentele” vlakken afstompt. *Haüy* beweert, dat hij dat bij zijn theorie nooit doet.

We zouden hierbij kunnen opmerken, dat *Haüy* als hij „halve ruiten” (gelijkbenige driehoeken) invoert, toch blijkbaar ook fundamentele eenheden afstompt! Bovendien is het verschil tussen zijn afleiding en de *Bergmanse* niet zo groot. *Haüy* gaat bij de afleiding van het spijkerkopkristal uit van het reeds volledige kristal en splijt er voortdurend vlakken met wisselende vormen van af totdat hij de rhomboëdrische kern over houdt en zo doende behoeft hij die kern niet te „verminken”, (hij „verminkt” de lamellen die op de kern liggen). *Bergman* echter wil bij de kern beginnen en het kristal door het opleggen van lamellen opbouwen. Dan moet hij wel beginnen met een afstomping op de kern toe te passen, waardoor de gewenste secundaire vorm in beginsel reeds verkregen is. *Haüy* pretendeert uitsluitend „fysisch” te werk te gaan; *Bergman* daarentegen past en de „fysische” methode van splijting toe en de „mathematische” methode van afstomping. Het is niet met zekerheid vast te stellen of *Bergman* geloofde, dat de primitieve vorm (in casu de granaatöder) inderdaad te splijten is op de wijze als de fig. (no. 4 uit 1780) aangeeft. Vermoedelijk niet, daar hij toch ook wel gemerkt zal hebben, dat granaat zich niet splijten laat. *Haüy* bedoelt met zijn critiek echter kennelijk, dat *Bergman* hier wél fysische splijting op het oog heeft, want in 1784 vult hij een passage, die bijna woordelijk gelijk is aan de juist weergegevene,

aan met de opmerking, dat *Bergman's* afstomping van de fundamentele vlakken tegen de waarneming is (D'ailleurs, selor. M. *Bergman*, les plans fondamentaux peuvent être tronqués: ce qui est contraire à l'observation)<sup>24</sup>). In 1782 heette het slechts: „ce qui n'a jamais lieu dans la théorie que je propose”<sup>25</sup>) en in 1801: „ce qui offroit une nouvelle exception au principe sur lequel étoit basée sa (scil. *Bergman's*) méthode”<sup>26</sup>).

Een derde bezwaar, is weer van meer betekenis. Bij *Bergman's* verklaring zou het „kalkspaat met 12 vijfhoekige vlakken”<sup>27</sup>) goed moeten splijten volgens de vlakken van zijn twee „pyramiden”. In werkelijkheid echter verloopt de splijting daar geheel anders.<sup>28</sup>).

*Haüy* bespreekt nu hoe verschillende kalkspaatvormen door afsplijting van lamellen in de richting van de vlakken van de kernrhomboëder van vorm veranderen en tenslotte de kern zelf tevoorschijn komt. De spijkerkoprhomboëder („spath calcaire lenticulaire, à six plans rhombes, dont le grand angle est beaucoup plus ouvert que celui du spath d'islande”; dus {0112} heeft volgens hem ruitvlakken met de stompe hoek 114°20', terwijl die bij de kernrhomboëder (Ijsl. spaat) 101°32' is. Hij vertoont zijn structuur door de streping (stries ou sillons), die volgens de korte diagonalen der ruitvlakken verloopt. De streping ontstaat doordat de zijvlakken van de splijtingslamellen die het kristal opbouwen, met hun „grote” vlakken hoeken vormen van dezelfde grootte als die van de kernrhomboëder<sup>29</sup>).

Vervolgens bespreekt hij combinaties van {0112} met {1010} (zie artikel over *Bergman* fig. 3, no. 2), welke eigenschappen grondig vergeleken worden met de consequenties van *Bergman's* opvattingen en tenslotte de combinatie van {1010} met {0001} (zie art. *Bergman*, fig. 3, no. 1). De splijting geschiedt hier door om de andere een ribbe van de zeshoeken af te stempelen; afwisselend gelukt dit bij een ribbe van de boven- en van de onderkant. Tenslotte komt ook hier de primitieve vorm te voorschijn. Ook hier gaat *Haüy* na hoe de lamellen bij voortgaande afsplijting van vorm veranderen, totdat men aan de kern toe is en ook hier wordt aangetoond, dat zij in hele en halve ruiten met een stompe hoek van 101°32' te ontleden zijn.

Het merkwaardige is, dat *Haüy* bij kalkspaat de primaire vorm afleidt door de secundaire af te breken (dus het experiment volgt) en bij granaat, waar geen experiment mogelijk is, de secundaire vormen uit de primaire afleidt door opbouw.

## § 5. *Haüy* en *Bergman*.

Men kan nu de vraag stellen: is *Haüy* geïnspireerd door *Bergman* en andere auteurs en, zo ja, hoe ver gaat deze afhankelijkheid?

In de verhandeling over kalkspaat heeft *Haüy*, zoals we zojuist uiteenzetten, gegronde critiek op *Bergman* uitgeoefend. Het valt niet te ontkennen, dat *Haüy* daar op een paar belangrijke punten boven *Bergman* uitsteekt. Ten eerste omdat hij consequente toepassing van het splijtingsbeginsel in uitzicht stelt en daar, waar splijting practisch niet te verwerklijken is, door „analogie” toch de „theoretische” splijtrichtingen tracht te vinden. Ten tweede omdat hij niet, zoals *Bergman* deed, poogt om stoffen van verschillende aard tot dezelfde grondvorm terug te brengen. Ten derde omdat hij, ook bij secundaire vormen van dezelfde stof, juist verband legt doordat hij beter op de hoeken let.

Aan de andere kant evenwel is er ook sterke overeenkomst met *Bergman*. 1. Hij gebruikt, evenals *Bergman*, vooral lamellen en geen moleculen. 2. Als gevolg daarvan worden er, evenals bij *Bergman*, geen vaste wetten opgesteld, volgens welke de lamellen die op elkaar liggen ten opzichte van elkaar „inspringen”. Hij laat ze zoveel inspringen, dat de af te leiden, van te voren reeds bekende, vorm eruit komt, wat *Bergman* ook deed. Er is dus geen sprake van een werkelijke deductie; er wordt naar het tevoren bekende resultaat toe gewerkt. Wel beweert *Haüy*, dat hij de berekeningen van deze secundaire vormen in de volledige verhandelingen, waarvan deze publicaties slechts de

uittreksels zijn, heeft gegeven, maar deze „berekeningen” moeten toch wel weer van het bekende resultaat uitgaan en niet op hypothesen over de desrescentie berusten. Het is immers niet aannemelijk, dat hij hypothesen van fundamentele betekenis in dit uittreksel zou hebben weggelaten. Dit wordt o.i. bevestigd door zijn opmerking, dat hij met de „sinusmethode” de vlakke hoeken der ruiten van de granaatkristallen berekend heeft op 109°28', „en supposant le grenat dodécaèdre régulier”<sup>30</sup>). Dit is dus een zuiver wiskundige berekening, die geen veronderstellingen gebruikt welke in het artikel onvermeld gebleven zijn. Dit verklaart ook, dat hij geen critiek uitgebracht heeft op *Bergman's* afleiding van de varkenstand-skalenoëders, die — zoals we reeds opmerkten — kwalitatief bevredigend was, maar kwantitatief ons geheel in de steek laat daar ze nog een oneindig aantal verschillende skalenoëders toelaat. Dat merkt *Haüy* niet op: doordat hij zelf eigenlijk eveneens niet anders doet dan een „kwalitatieve” afleiding geven, is hij vol lof over *Bergman's* afleiding van deze secundaire vorm.

L'explication de la structure du crystal, connu sous le nom de dent de cochon, donnée par le même Auteur, est beaucoup plus heureuse, et entièrement conforme à l'observation<sup>31</sup>).

In zijn „Essai” van 1784 wordt eveneens eerst *Bergman's* afleiding van hyacinth, granaat, schörlsoorten en de pyrietoëder uit de Ijsslandse spaat afgevoerd<sup>32</sup>) en dan de afleiding van de „spath calcaire à douze faces, qui sont des triangles scalènes” (de varkenstandkristallen dus) aanvankelijk geprezen.

Cette explication est très-bien vue, entièrement conforme à la Nature, et M. *Bergmann*, l'a vérifiée lui-même par les fractures faites dans le crystal<sup>33</sup>).

Deze lof wordt echter later, bij uitvoeriger bespreking van het kalkspaat, weer beperkt door critiek. Na op het juiste element in *Bergman's* afleiding gewezen te hebben, legt hij dan de vinger op de wonde plek: *Bergman* leidt niet af waarom nu juist deze helling van de skalenoëder vlakken optreden kan; alle hellingen zijn bij hem mogelijk.

Selon M. *Bergmann*, les axes des pyramides seront d'autant plus longs, que le décroissement des lames se fera plus lentement, et vice versa. Cependant tous les cristaux de cette variété, que j'ai observés, avoient les mêmes angles plans...<sup>34</sup>).

Waardoor kan *Haüy* nu, in 1784, een critiek uitbrengen, die hij in 1781—1782 nog niet te berde bracht? Omdat hij in die tussentijd een belangrijke principiële stap vooruit gedaan heeft: hij heeft het kristalmolecuul ingevoerd, hij heeft decrescentiewetten opgesteld volgens welke de volgende lamel of één of twee of meer moleculen rijen terugwijkt ten opzichte van de onderliggende, zodat geen continue verandering meer mogelijk is. En daarom kan hij aldus verder gaan:

Ce fait tient à la loi des décroissements que subissent les lames du crystal... soustractions... par une double rangée de molécules constituantes, pour que les angles calculés d'après cette loi de décroissement, fussent égaux à ceux du crystal<sup>34</sup>).

Dat deze critiek pas in 1784 los komt en niet in 1781/82 maakt het vrijwel zeker, dat ze toen nog niet mogelijk was en geeft dus een sterke aanwijzing, dat *Haüy's* theorie toen nog dicht bij die van *Bergman* stond.

Er is *Haüy*, zoals we nog zien zullen, veel aan gelegen om te bewijzen, dat hij van den beginne een

totaal andere koers dan *Bergman* insloeg. Hij gaat daarom in 1784 stilzwijgend de indruk wekken, dat hij ook in 1781 de decrementwetten reeds kende (wat echter door het ontbreken in 1781/82 van de op die wetten gegronde critiek, weersproken wordt). Het kan dan ook niet helemaal ernstig gemeend zijn, als hij zegt, dat als *Bergman* bij de afleiding van de spijkerkopkristallen (spath à douze plans pentagones) zich niet aan volledig hypothetische opvattingen overgegeven had, hij volledig succes geooost zou hebben<sup>35</sup>). *Bergman* zou dat succes evenmin behaald hebben als *Haüy* het in 1781/82, zonder decrementwetten dus, kon oogsten.

*Haüy* heeft veel later, in zijn *Traité de mineralogie* (1801), *Bergman's* werk als een „eenvoudige, terloopse schets” gekenmerkt. Na uiteengezet te hebben, dat *Bergman* de verschillende secundaire vormen van eenzelfde substantie ontwikkelde door superpositie van lamellen op eenzelfde primitieve vorm of kern en deze „idée-mère” verifieerde door splijting van varkenstandkristallen, vervolgt hij:

Mais il s'arrête à ces premiers aperçus, et ne s'occupe ni de déterminer les lois de la structure, ni d'y appliquer le calcul. C'étoit une simple esquisse, tracée comme en passant, du plus beau point de vue de la minéralogie...<sup>36</sup>).

Ongetwijfeld was het slechts een vluchtige aanloop; *Bergman* zelf zag er niet méér in. Maar *Haüy* zegt hier ook, dat zijn werk daar bovenuit steekt door de structuurwetten. Deze ontbreken bij hem nog in 1781/82 en wat er dan overblijft is niet meer dan de (met grotere bekwaamheid toegepaste) „idée-mère”, die hier toch maar aan *Bergman* toegeschreven wordt. Als dus *Ch. Mauguin*, aansluitend bij dit citaat uit *Haüy*, erop wijst, dat inderdaad *Bergman* verreweg de mindere van *Haüy* is<sup>37</sup>), dan geldt dit niet in die mate ten opzichte van *Haüy's* eerste publicaties, maar eerst sedert die van 1784.

Onze conclusie is dus: In 1781 geeft *Haüy* wel principiële kritiek op *Bergman* (namelijk de onjuistheid van de afleiding van de vormen van hyacinth en granaat uit IJslandse spaat; de onjuistheid van bepaalde afleidingen van zekere secundaire kalkspaatvormen uit de IJslandse spaat), maar deze raakt niet de afleiding van de skalenöeders der varkenstandkristallen en raakt dus niet de continuïteit der mogelijke hellingshoeken van de skalenöeders. *Historisch* bewijst *Haüy's* toenmalige critiek dus niet, dat hij niet in hoge mate afhankelijk was van *Bergman*, toen hij zijn onderzoek begon.

3. Ook de keuze van de onderwerpen der eerste publicaties: kalkspaat en granaat, wijst op afhankelijkheid van *Bergman*. Deze mineralen toch hebben niets met elkaar uit te staan. Alleen de ongelukkige verbinding, die *Bergman* ertussen gelegd had, kon voor een latere onderzoeker (i.c. *Haüy*) de aanleiding zijn juist met deze twee voor het eerst voor het voetlicht te treden.

4. De tweeërlei opvatting van de granaat (als bestaande uit lamellen of als bestaande uit rhomboeders) is een zeer treffende overeenkomst met *Bergman's* beide concepties.

*Haüy* tracht echter zeer tendentius de mogelijkheid van historische beïnvloeding door *Bergman* te verkleinen. Pas in zijn tweede artikel (kalkspaat) vermeldt hij *Bergman's* verhandeling en geeft dan een latere datum op voor de publicatie daarvan!

La structure du crystal à douze plans pentagones, telle que je viens de l'expliquer, est très-différente de celle que lui a supposé M. Bergmann, dans un Mémoire qui se trouve parmi ceux de l'Académie d'Upsal, 1779<sup>38</sup>).

We zouden hier nog aan een drukfout kunnen denken, als niet in 1784 datzelfde jaartal herhaald werd. Hij erkent echter, dat hij de verhandeling las in de tijd waarin hij *begon* kristalkunde te bestuderen.

Dans le temps où je commençois à l'étude de la structure des cristaux, j'ai eu occasion de lire un Mémoire de M. Bergmann sur la Crystallisation, qui se trouve parmi ceux de l'Académie d'Upsal, pour l'année 1779<sup>39</sup>).

In 1784 was de tweede druk van *Romé's* „*Crystallographie*” (1783) reeds verschenen en *Haüy* had dat werk gelezen. Ook daarin kon hij het juiste jaartal van *Bergman's* beide publicaties gezien hebben. In 1784 vermeldt *Haüy* voor het eerst het uitgebreidere artikel van *Bergman* over hetzelfde onderwerp uit 1780, waarbij hij terecht opmerkt, dat de daarin nieuw geopende gezichtspunten niets te maken hebben met de manier waarop hij, (*Haüy*), de kristallisatie opvat<sup>40</sup>).

In 1801 laat *Haüy* nog veel stilliger uitkomen, dat hij onafhankelijk is van *Bergman*; hij beweert nu ook, dat hij vanaf het begin vorm en afmetingen der „molécules intégrantes” en de decrementwetten zocht te bepalen.

Dans les recherches que j'avois entreprises de mon côté, vers le même temps, sur la structure des cristaux, je m'étois proposé de combiner la forme et les dimensions des molécules intégrantes avec des lois d'arrangement simples et régulières, et de soumettre ces lois au calcul<sup>41</sup>).

Dit laatste kunnen we moeilijk geloven; er is in 1781/82 geen spoor te vinden van het gebruik van decrementwetten en van de molecuulafmetingen. Het gaat daar immers steeds over zeer kleine en dunne lamelletjes, over „lames intégrantes” en niet over „molécules intégrantes”.

In een noot voegt hij ook nog het onwaarschijnlijke verhaal toe, dat de Académie *Bergman's* verhandeling pas ontving, toen hij de zijne reeds ingeleverd had.

L'Académie des sciences avoit déjà connoissance de mes premiers essais, relativement à cet objet, lorsqu'elle reçut le mémoire de *Bergmann*, qui, me fut communiqué, comme étant propre à m'intéresser, par le rapport qu'il avoit avec mon travail. *Bergmann* a inséré ce mémoire avec de nouveaux développemens dans le second volume de ses Opuscules<sup>42</sup>).

Het is uitermate onwaarschijnlijk, dat de Franse Académie *Bergman's* verhandeling zeven jaar te laat ontving. In verband met de herhaalde post-datering door *Haüy* van *Bergman's* artikel (1779 i.p.v. 1773) moet de mededeling, dat de Académie *Haüy's* verhandeling ontving vóór die van *Bergman* ons wantrouwen wel opwekken, temeer daar *Haüy* naarmate de aanvang van zijn onderzoekingen verder in het verleden komt te liggen, nauwkeuriger details over hun genesis weet te verstrekken! En dan nog: welk een toeval, dat ook *Haüy* juist granaat en kalkspaat onderzocht had (en niet bijv. het meer voor de hand liggende kwarts) en daarbij ook dezelfde „idée-mère” vond als *Bergman*. En wat een zelfbeheersing, dat hij naliet om zijn grootste vondst (de decrementwetten) triomfantelijk er bij te publiceren!

Hoezeer *Haüy* zijn verslag van de wording van zijn theorie laat beïnvloeden door de wens vooral voor geheel origineel door te gaan blijkt uit een klein detail.

In 1782 komt na de behandeling van enige andere kalkspaatvormen en na de critiek op *Bergman* nog „de toepassing van mijn theorie op een der ingewikkeldste gevallen”, namelijk dat van „spath calcaire en prisme à six plans, terminé par deux faces exagones”<sup>43)</sup> (dus het prisma le soort, begrensd door het basische pinakoïde).

In 1783 heeft *Romé de Lisle* gezinspeeld op „vernieuwers in de kristallografie”, die „in navolging van *Bergman* de structuur van kristallen, die gemakkelijk splijtbaar zijn, trachten te vinden”<sup>44)</sup> en hij heeft dan onomwonden gezegd, dat *Haüy* tot de theorie van de „kern” gekomen is door *Bergman's* verhandelingen van 1773 en 1780<sup>45)</sup>.

Het is wèl merkwaardig, dat *Haüy* (die *Romé's* werk nauwkeurig gelezen heeft, al citeert hij het vrijwel nooit) daarna in 1784 prompt de volgorde van behandeling verandert en dit hexagonale prisma niet langer, als *Bergman* ook reeds vóór hem gedaan had, achteraan plaatst, maar vóóraan zet. Zonder *Romé* te vermelden heeft hij aldus toch gereageerd op diens critiek door de volgorde te veranderen en aldus zijn onafhankelijkheid van *Bergman* te demonstrenen. Zijn antwoord aan *Romé* ligt opgesloten in een sobere opmerking:

Une observation que je fis sur le spath calcaire en prisme à six pans, terminé par deux faces exagones, me suggéra l'idée fondamentale de toute la théorie<sup>46)</sup>.

Als we nu bedenken, dat *Bergman* door de door *Gahn* opgemerkte splijting van de skalenöeder tot zijn theorie kwam, valt wel een merkwaardig licht op het feit, dat *Haüy* pas in 1784, nadat men hem zijn afhankelijkheid van *Bergman* onder het oog gebracht heeft, de splijting van het hexagonale prisma als zijn uitgangspunt voorstelt (dus juist dat lichaam waar *Bergman* nogal moeite mee had), terwijl hij voordien die vorm, evenals *Bergman*, achteraan plaatste. Dit laatste schijnt hij zich echter niet gerealiseerd te hebben; want hij meent, dat *Bergman* alléén de varkenstandkristallen en de spijkerkopkristallen met 12 vijfhoekige vlakken afgeleid heeft<sup>47)</sup>.

In 1801 zijn de bijzonderheden aangaande het ontstaan van zijn theorie op grond van de splijting van het hexagonale kalkspaatprisma veel rijker en wordt deze splijting „de sleutel van de theorie” genoemd.

L'observation que je viens d'exposer est celle qui a servi à développer nos idées sur la structure des cristaux, et a été comme la clef de la théorie. Elle s'est présentée à l'occasion d'un cristal que le citoyen Defrance avoit eu la complaisance de me donner au moment où il venoit de se détacher d'un groupe que cet amateur éclairé me montrait, et qui faisoit partie de sa collection minéralogique. Le prisme avoit une seule fracture à l'endroit d'une des arêtes situées de la base par laquelle il avoit adhéré au reste du groupe. Au lieu de le placer dans ma collection alors naissante, je me mis à essayer de le diviser dans d'autres sens; et je parvins, après quelques tâtonnemens, à extraire son noyau rhomboïdal, ce qui excita en moi un mouvement de surprise mêlé à l'espérance de ne point en rester à ce premier pas<sup>48)</sup>.

Dit verhaal kan wel juist zijn zonder dat er inderdaad de betekenis aan toegekend moet worden, die *Haüy* er later, als hem plagiaat verweten is, aan gaat verbinden. Om de genese van een uitvinding of ontdekking vast te stellen is het verhaal, dat de ontdekker zelf geeft niet steeds de meest betrouwbare bron. Een typisch voorbeeld van reconstructie achteraf is *Dalton's* verhaal (of liever: zijn drie verhalen!) over het ontstaan van zijn atoomtheorie<sup>49)</sup>. *Haüy*, een denker van groter formaat dan *Dalton* en eerder op één lijn te plaatsen met *Lavoisier*, had met *Lavoisier* gemeen, dat hij — als schepper van een nieuwe, revolutionnaire, theorie — nu ook alle verplichting aan het verleden liefst ontkende. Hij was eigenwijs en kon niet velen, dat er ook maar iets aan zijn theorie af gedaan werd. Deze trek behoeft nog niet tot opzettelijke oneerlijkheid te leiden, maar er wordt wel door verklaard, dat zijn blik, als het zijn eigen historie betref, verduisterd werd<sup>50)</sup>.

We concluderen: *Haüy's* eerste publicaties vermelden niet alleen het werk van *La Hire* en *Bergman*, maar zij zijn ook innerlijk nauw daaraan verwant, al steken ze er boven uit door een juister verband tussen verschillende vormen te leggen. Dit laatste dankt hij hoogstwaarschijnlijk mede aan de invloed van *Romé de Lisle*, die een uitvoerige studie van het verband tussen primitieve en afgeleide vormen van kristallen van dezelfde substantie gemaakt had, al was dat dan op geheel andere grondslag dan *Haüy*. Dat *Haüy* in deze eerste verhandelingen *Romé* in het geheel niet en in zijn latere verhandelingen die voor *Romé's* dood (1790) verschenen ternauwernood vermeldt, strekt hem niet tot eer.

1) Extrait d'un mémoire sur la structure des Crystaux de Grenat, présenté à l'Académie Royale des Sciences, et approuvé par cette Compagnie le 21 Février 1781; par M. l'abbé *Haüy*, Professeur de l'Université au Collège du Cardinal le Moine; Observations sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts par M. l'abbé *Rozier* et par J. A. *Mongez* le jeune. Tome XIX, Paris 1782, p. 366 (afl. Mei). Extrait d'un Mémoire sur la structure des Spaths calcaires; approuvé par l'Académie Royale des Sciences, le 22 Décembre 1781; par M. l'Abbé *Haüy*, Professeur de l'Université au Collège du Cardinal le Moine; Observations etc. T. XX, Juillet 1782, p. 33.

2) Observ. XIX, p. 367.

3) XIX, 367.

4) XIX, 367.

5) XIX, 367—368.

6) XIX, 367.

7) XIX, 370.

8) XIX, 368.

9) XX, 33.

10) XIX, 368.

11) Het woord „molecuul” heeft in de chemische litteratuur vóór *Dalton* niet altijd de scherpe betekenis, die het ná *Dalton* lange tijd bezeten heeft. Men bedoelt er gewoonlijk „een klein stofdeeltje” mee. Zelfs de term „atoom” wordt

in vage zin gebruikt; *Lavoisier* spreekt van een „atome de phosphore” als hij een zeer klein stukje bedoelt.

12) XIX, 368.

13) XX, 33; vgl. XX, 35, 38.

14) *Hooykaas, R.*, Kristalsplijting en kristalstructuur van gips, Chem. Weekblad 47, 190 (1951).

15) XIX, 370.

16) XIX, 368.

17) XIX, 368.

18) XIX, 368.

19) XIX, 369.

20) *Hooykaas, R.*, Kristalsplijting en kristalstructuur van kalkspaat I (Torbern Bergman); Chem. Weekblad 47, (1951); *Bergman*, Opusc. II, p. 6 F (1780).

21) *Hooykaas, R.*, Kristalstreping en kristalstructuur, Chem. Weekblad 47, 5, 6 (1951).

22) XIX, 369.

23) XX, 37.

24) *Haüy, R. J.*, Essai d'une théorie sur la structure des cristaux, Paris 1784, p. 91.

25) XX, 37.

26) *Haüy, R. J.*, Traité de minéralogie I, 20; Paris 1801.

27) Zie artikel over *Bergman*, fig. 3, no. 2.

28) XX, 37.

29) XX, 35.

30) XIX, 369.

- 31) XX, 37.  
32) Haüy, R. J., Essai p. 40.  
33) Haüy, R. J., Essai p. 43.  
34) Haüy, R. J., Essai p. 101.  
35) Haüy, R. J., Essai p. 41.  
36) Haüy, R. J., Traité de minéralogie T. I, p. 18.  
37) Bull. soc. franç. minéral. 67, 259—261 (1944).  
38) XX, 37.  
39) Haüy, R. J., Essai p. 39.  
40) Haüy, R. J., Essai p. 41.  
41) Haüy, R. J., Traité de min. I, 18.  
42) Haüy, R. J., Traité de min. I, 18.

- 43) XX, 37.  
44) De Romé de l'Isle, Cristallographie, Paris 1783, T. I, p. XXVII—XXVIII.  
45) Romé, op. cit. I, 502.  
46) Haüy, R. J., Essai p. 10.  
47) XX, 37.  
48) Haüy, R. J., Traité de minéralogie (1801), T. I, p. 23—24. Traité de cristallographie, Paris 1822, T. I, p. 32.  
49) Hooykaas, R., De wordingsgeschiedenis van Dalton's theorie, Chem. Weekblad 44, 326—328 (1948).  
50) Doordat de oorspronkelijke verhandelingen van Haüy ontbreken is een volstrekt zekere reconstructie van zijn gedachtengang niet mogelijk.