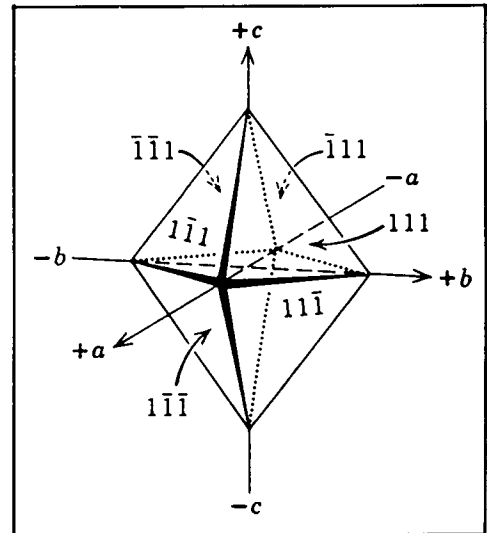


in D, E en G); als men niet beter zou weten door andere eigenschappen bepaalt men de kristallen D en G als orthorhombisch, en kristal E als monoklien!

Benoeming van kristalvormen

Een kristalvorm kan op drie verschillende manieren benoemd worden. De 48 verschillende typen van kristalvormen hebben ieder een eigen naam, soms eenvoudig, bv. pedion, kubus, soms niet eenvoudig, bv. tetraëdrische pentagondodekaëder. Een tweede manier van benoemen van kristalvormen is nodig omdat men in tekeningen niet alle namen voluit kan schrijven; dan worden kristalvormen met een letter aangeduid, zoals bv. de letters c, p en a in afb. 44 en in afb. 45. Deze letteraanduidingen van de kristalvormen zijn natuurlijk internationaal gestandaardiseerd.

De derde manier van naamgeving van kristalvormen gebeurt met Miller-indices. Een kristalvorm wordt dan genoemd naar de indices van het vlak in de vorm, dat zoveel mogelijk positieve zijden van de assen snijdt. In afb. 50 is een orthorhombische dipiramide getekend (= dubbele piramide met een ruit als grondvlak; symmetrie $2/m\ 2/m\ 2/m$); die vorm bevat acht vlakken. Van zes van de acht vlakken zijn de Miller-indices gegeven, duidelijkheidshalve zonder de bijbehorende ronde haakjes. De vorm wordt dan genoemd naar het vlak $\{111\}$, het enige vlak dat de positieve zijden van de drie kristallografische assen a, b en c snijdt. Dit vlak wordt door de symmetrielementen (niet getekend in afb. 50, maar zie afb. 17) "herhaald" in de 7 overige vlakken van de vorm. Om



Afb. 50. Orthorhombische dipiramide $\{111\}$ met de Miller-indices van zes van de acht vlakken.

verwarring met het afzonderlijke vlak $\{111\}$ te voorkomen, plaatst men de indices van een kristalvorm tussen accoladen: $\{111\}$. In afb. 43 zijn de drie nomenclatuursystemen verenigd: de kubus = de vorm $a = \{100\}$; de oktaëder = de vorm $o = \{111\}$.

Overzicht van de 48 kristalvormen

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

Inleiding

Er zijn 18 verschillende typen van open kristalvormen, en 30 verschillende typen van gesloten kristalvormen. In het kubische kristalstelsel komen alleen gesloten vormen voor, en wel de 15 karakteristieke typen die enkel in dat systeem kunnen voorkomen. In de triklien- en de monoklien-systemen komen alleen open vormen voor. In de hexagonale, tetragonale, trigonale en orthorhombische systemen komen zowel open als gesloten kristalvormen voor.

OPEN VORMEN

Pedion, pinakoïde, doma en sfenoïde

Deze vier eenvoudige open vormen zijn reeds opgesomd naar aanleiding van afb. 40, zie aldaar.

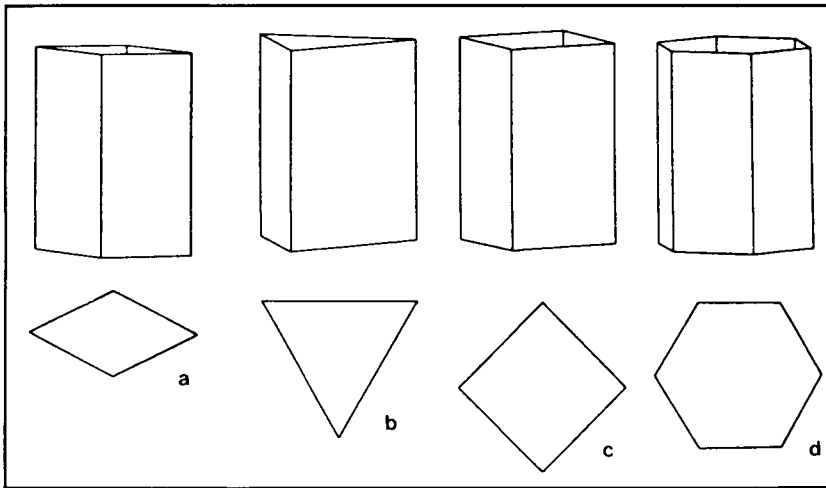
Prisma's

En prisma is een kristalvorm die per definitie bestaat uit drie of meer vlakken die elkaar volgens onderling even-

wijdige ribben snijden. Het aantal gelijkwaardige vlakken in een prisma kan 3, 4, 6, 8 of 12 zijn. Op grond van de vorm van hun dwarsdoorsnede worden de prisma's ingedeeld in de volgende typen: a) orthorhombisch of monoklien prisma met ruitvormige doorsnede (afb. 51-a); b) trigonaal, tetragonaal en hexagonaal prisma (afb. 51-b, -c, -d): de dwarsdoorsnede is resp. een gelijkzijdige en gelijkhoekige driehoek, een vierkant en een gelijkzijdige en gelijkhoekige zeshoek; c) ditrigonaal, ditetragonaal en dihexagonaal prisma (afb. 52): het aantal vlakken is nu verdubbeld (di = twee of dubbel) tot resp. 6, 8 en 12, en de dwarsdoorsneden hebben **geen** gelijke hoeken tussen de vlakken als in afb. 51; er is nu een afwisseling van meer en minder stompe hoeken. Let er op dat er in de laatste gevallen **geen** 8- of 12-tallige symmetrie is, maar een **ditetragonale** en **dihexagonale** symmetrie.

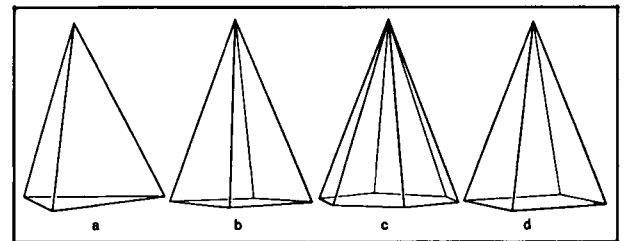
Piramiden

Een piramide is per definitie een kristalvorm die bestaat uit drie of meer vlakken die elkaar in een punt snijden. Van piramiden komen dezelfde typen voor als van de prisma's, zij het dat in het monoklien systeem geen piramiden voorkomen. Er zijn dus trigonale, tetragonale,



Afb. 51. Vier prisma's en hun dwarsdoorsneden. a: orthorhombisch (monoklien) prisma; b: trigonaal prisma; c: tetragonaal prisma; d: hexagonaal prisma.

hexagonale en orthorhombische piramiden (afb. 53), evenals ditrigonale, ditetragonale en dihexagonale piramiden (afb. 54); deze laatste drie zijn op hun punt afgebeeld om aan te geven dat piramiden zowel boven als onder aan een kristal kunnen voorkomen. De dwarsdoorsneden door de piramiden (= omtrek van hun grondvlak) zijn dezelfde als van de overeenkomstige prisma's; ook het aantal gelijkwaardige vlakken in de piramiden komt overeen met dat van die prisma's.



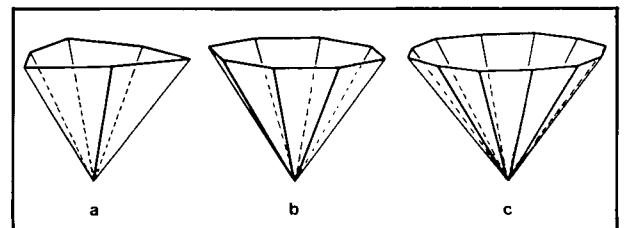
Afb. 53. De vier piramiden: a: trigonale piramide; b: tetragonale piramide (grondvlak is vierkant); c: hexagonale piramide; d: orthorhombische piramide (grondvlak is ruitvormig).

Samenvattend: er zijn 18 verschillende typen van open kristalvormen: de 4 eenvoudige, 7 prisma's en 7 piramiden. Om meteen een aantal misverstanden te vermijden moet er direct bijgezegd worden dat er van één type kristalvorm zeer veel uitvoeringen kunnen bestaan: zo zijn er bv. van eenzelfde type piramide uiteraard steil hellende en minder steil hellende vormen.

DE 15 NIET-KUBISCHE GESLOTEN VORMEN

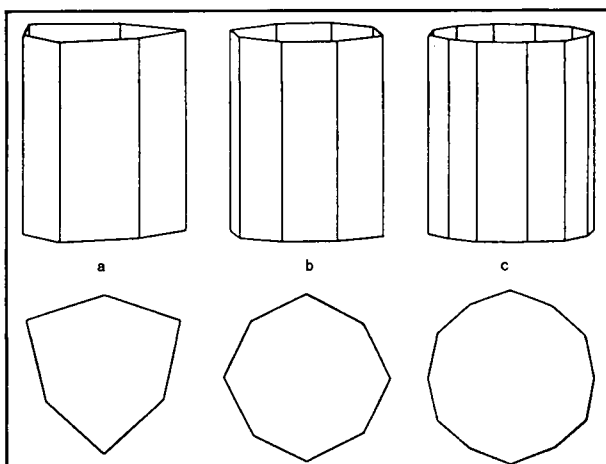
Dipiramiden

Als men tegen het basisvlak van de zeven piramiden een identieke piramide plaatst, ontstaan er zeven gesloten



Afb. 54. a: ditrigonale piramide; b: ditetragonale piramide; c: dihexagonale piramide.

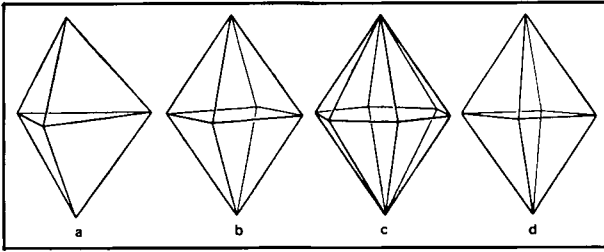
Afb. 52. De dubbele prisma's en hun dwarsdoorsneden: a: ditrigonaal prisma; b: ditetragonaal prisma; c: dihexagonaal prisma.



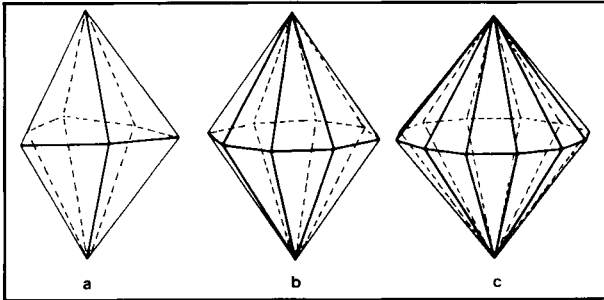
dubbele piramiden die men dipiramiden noemt (in het Duits Bipyramide, di en Bi = twee of dubbel). Deze vormen hebben uiteraard dezelfde dwarsdoorsneden als de overeenkomstige enkelvoudige piramiden; door de verdubbeling bevatten zij natuurlijk wel tweemaal zoveel gelijkwaardige vlakken als de enkelvoudige piramiden: 6, 8, 12, 16 of 24. Afb. 55 toont de trigonale, tetragonale, hexagonale en orthorhombische dipiramiden, en afb. 56 de ditrigonale, ditetragonale en dihexagonale dipiramiden.

Trapezoëders en skalenoëders

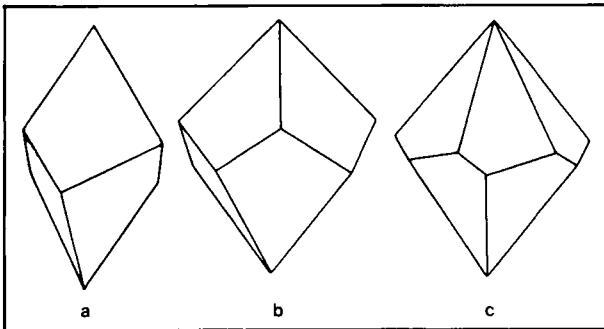
Bij de dipiramiden lopen de ribben tussen de boven- en ondervlakken horizontaal in één vlak (zie de afb. 55 en 56) omdat boven- en onderpiramide exact met hun basis tegen elkaar zijn geplaatst. Men kan echter de piramiden ook tegen elkaar plaatsen nadat één van beide over een bepaalde hoek om de verticale as (= richting door de twee punten heen) gedraaid is: er ontstaan dan eveneens



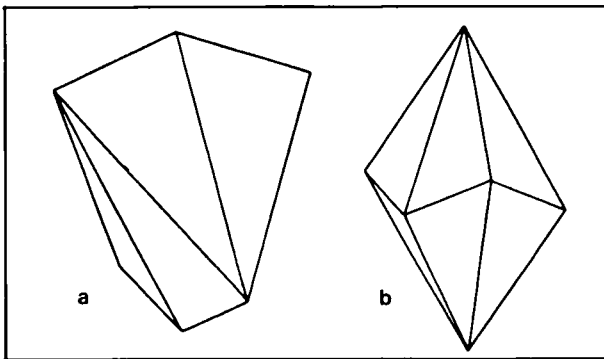
Afb. 55. a: trigonale dipiramide; b: tetragonale dipiramide (doorsnede is vierkant); c: hexagonale dipiramide; d: orthorhombische dipiramide (doorsnede is ruitvormig).



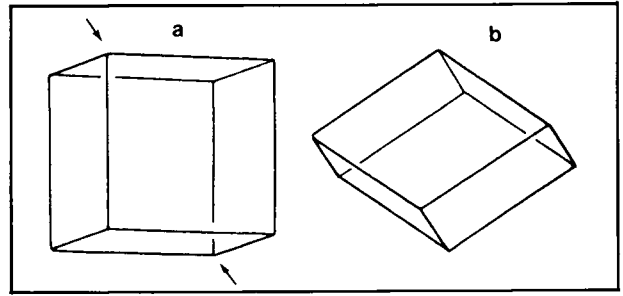
Afb. 56. a: ditrigonale dipiramide; b: ditetragonale dipiramide; c: dihexagonale dipiramide.



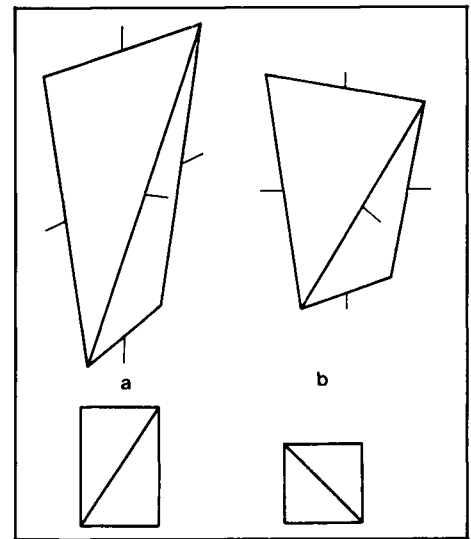
Afb. 57. a: trigonale trapezoëder; b: tetragonale trapezoëder; c: hexagonale trapezoëder.



Afb. 58. a: tetragonale skalenoeëder; b: ditrigonale skalenoeëder.



Afb. 59. De rhomboëder (b) en zijn relatie met de kubus (a): een rhomboëder kan men laten ontstaan door een kubus via een diagonaal samen te drukken. Overeenkomsten tussen de twee vormen: hun zes vlakken hebben dezelfde afmetingen en hun ribben zijn even lang; verschil tussen de twee vormen: bij de kubus zijn alle hoeken 90° , bij een rhomboëder niet.



Afb. 60. a: orthorhombische disfenoïde en bovenaanzicht; b: tetragonale disfenoïde en bovenaanzicht.

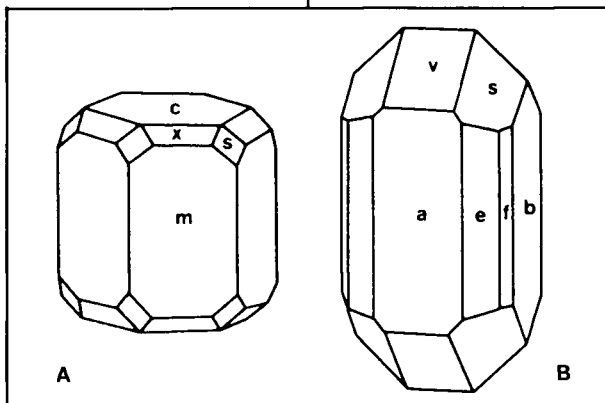
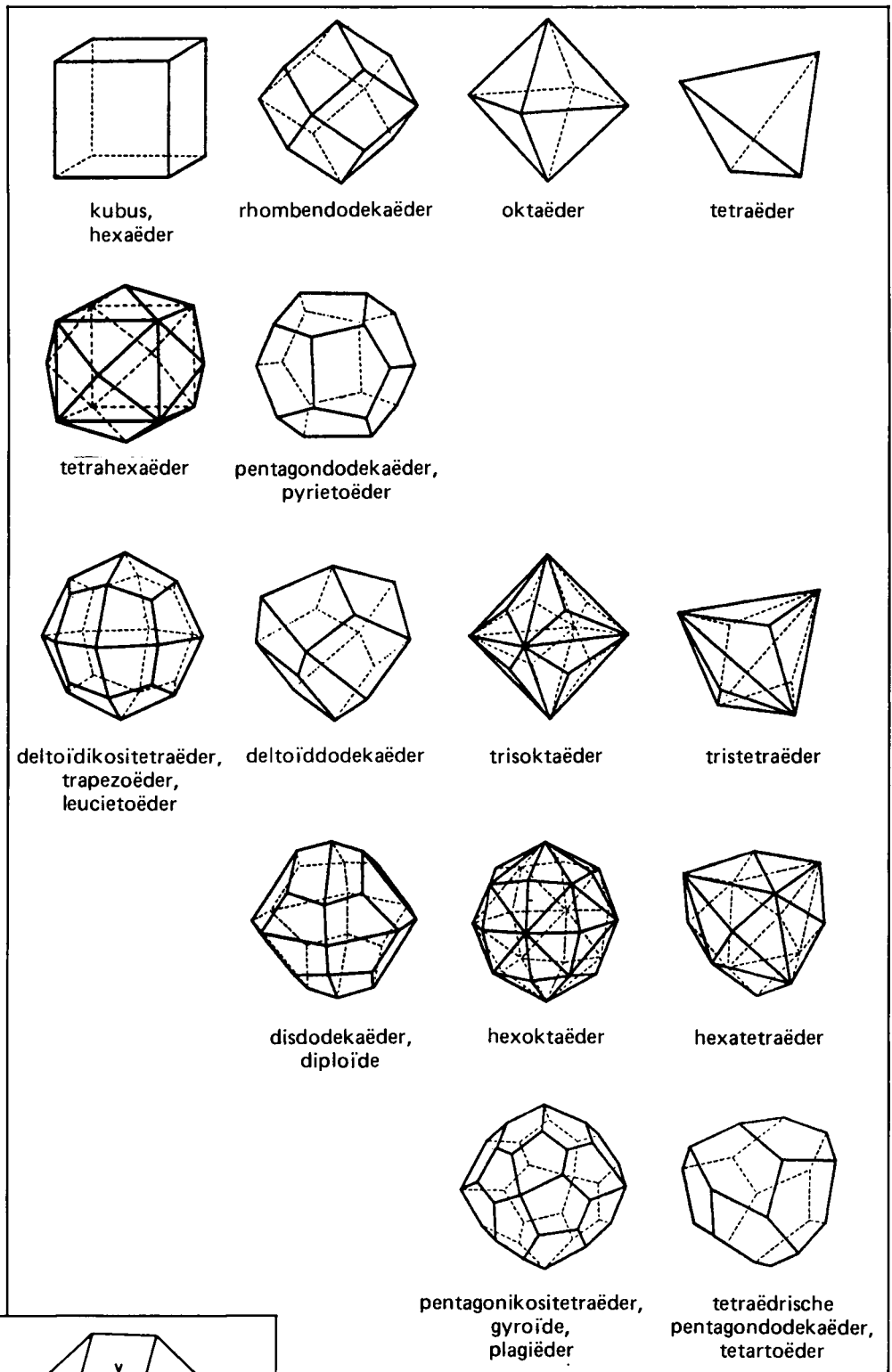
"tweepuntige" vormen, waarvan de ribben tussen boven- en ondervlakken echter niet meer horizontaal lopen, maar op en neer gaan in een soort "zig-zag-naad".

De **trapezoëders** kan men laten ontstaan door de onderlinge draaiing van de boven- en ondervlakken van de trigonale, tetragonale en hexagonale dipiramiden: als resultaat krijgt men daardoor de trigonale, tetragonale en hexagonale trapezoëders (afb. 57), zo genoemd omdat alle vlakken van deze vormen een trapezium zijn.

Er zijn twee typen van de **skalenoeëder**. De tetragonale skalenoeëder (afb. 58-a) ontstaat door de boven- en ondervlakken van een orthorhombische dipiramide 90° t.o.v. elkaar te laten draaien, en de ditrigonale skalenoeëder (afb. 58-b) ontstaat door de boven- en ondervlakken van een ditrigonale dipiramide t.o.v. elkaar te draaien. De naam skalenoeëder is afgeleid van de Griekse woorden voor ongelijkzijdige driehoek: alle vlakken hebben immers deze vorm.

Let er op dat in de "zig-zag-naad" van de skalenoeëders de "zig" even lang is als de "zag", in tegenstelling tot de trapezoëders waarin "zig" en "zag" niet even lang zijn.

Afb. 62. De 15 kubische kristalvormen.



Afb. 61.

A: hexagonaal kristal van apatiet; vormen: pinakoïde $c = \{0001\}$, hexagonaal prisma $m = \{10\bar{1}0\}$, hexagonale dipiramide $x = \{10\bar{1}1\}$, hexagonale dipiramide $s = \{11\bar{2}1\}$.

B: monoklien kristal van caledoniet; vormen: pinakoïde $a = \{100\}$, pinakoïde $b = \{010\}$, monoklien prisma $e = \{120\}$, monoklien prisma $f = \{140\}$, pinakoïde $v = \{101\}$, monoklien prisma $s = \{131\}$ en twee onbenoemde vormen.

Rhomboëder

Deze belangrijke kristalvorm (= splijtvorm van o.a. calciet!) bestaat uit zes identieke ruitvormige vlakken (afb. 59-b) waarin alle ribben even lang zijn. Men kan deze vorm het best vergelijken met een kubus die samengedrukt is nadat hij op een van zijn punten neergezet is. De naam van de vorm is afgeleid van rhombe (= ruit).

Disfenoïden

Tenslotte komt er in het orthorhombische en in het tetragonale systeem een gesloten vorm voor die men disfenoïde noemt (di = dubbel, en sfen = wig). Deze vormen ontstaan door het samenvoegen van twee sfenoïden. In de orthorhombische disfenoïde (afb. 60-a) staan de ribben van de afzonderlijke sfenoïden niet loodrecht op elkaar (zie bovenaanzicht); deze disfenoïde heeft dus geen symmetrievlakken, wel drie 2-tallige assen die de middelpunten van tegenovergestelde ribben verbinden.

In de tetragonale disfenoïde (afb. 60-b) staan de beide sfenoïden wel loodrecht op elkaar; de vorm heeft dan ook twee symmetrievlakken. Maar waar is de 4-tallige as? Wel, die is er niet, want de verticale as is een 4-tallige inversie-as, die er in de praktijk uitziet als een 2-tallige as.

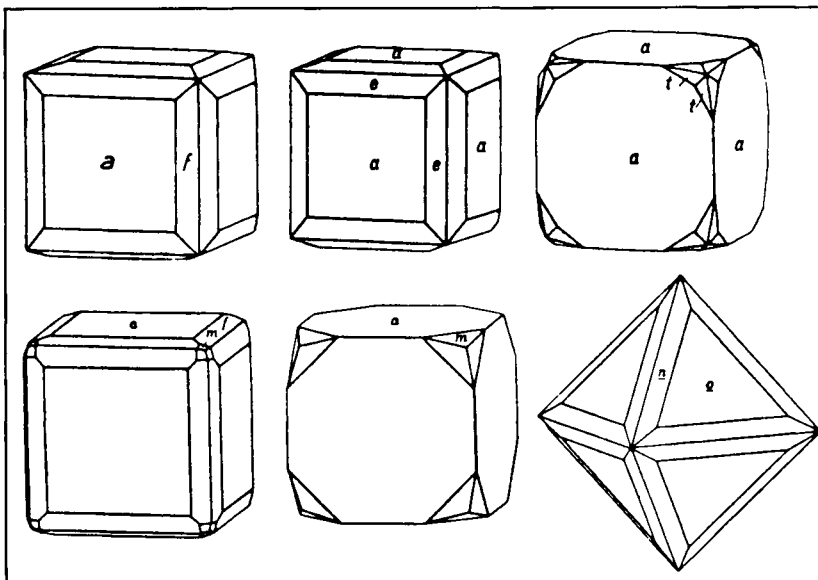
Samenvattend: er zijn 15 verschillende typen van niet-kubische gesloten kristalvormen: 7 dipiramiden, 3 trapezoëders, 2 skalenoëders, 2 disfenoïden en de rhomboëder. Op de disfenoïden na zijn deze gesloten vormen "tweepuntsvormen"; afhankelijk van de helling van de vlakken t.o.v. de verticale as kunnen deze vormen stomp of spits zijn.

Vormen in combinatie

Veel van de hierboven beschreven vormen ziet men praktisch nooit afzonderlijk in kristallen; meestal ziet men ze als kleine vlakjes in combinatie met (een aantal) andere vormen. In afb. 61 staan ter illustratie een paar voorbeelden van dergelijke combinaties; vergelijk deze eens met de afzonderlijke volledige vormen.

Afb. 63. Kubische kristallen van fluoriet.

Kristalvormen: kubus $a = \{100\}$, oktaëder $o = \{111\}$, tetrahexaëder $e = \{012\}$, hexooktaëder $t = \{124\}$, trapezoëder $m = \{113\}$, trisooktaëder $n = \{112\}$.



DE 15 KUBISCHE GESLOTEN VORMEN

In het assenkruis van het kubische kristalsysteem staan de drie assen loodrecht op elkaar, en zijn de eenheden van die assen even lang; deze bijzondere kenmerken vindt men vertaald in een hoge symmetrie: de vijf kubische klassen hebben alle minstens vier 3-tallige assen als symmetrielementen.

Door die hoge symmetrie zijn de kristalvormen die in het kubische systeem voorkomen ook karakteristiek voor dit systeem: zij komen niet in de andere systemen voor.

Er zijn 15 kristalvormen in het kubische systeem, alle gesloten (afb. 62).

De kubische kristalvormen hebben nogal ingewikkelde namen; hier volgt een kleine (Grieks-Nederlandse) woordenlijst die wellicht enige verheldering kan brengen:

dis of dyakis	tweemaal
tris of triakis	driemaal
tetra(kis)	viermaal
hexa(kis)	zesmaal
tetra	vier
okta	acht
dodeka	twaalf
ikositetra	vierentwintig
rhombe	ruit
pentagon	vijfhoek
deltoid	delta-vormige omtrek
trapezium	vierhoek met niet-evenwijdige zijden (volgens Amerikaanse definitie)
hedron, ëder	vlak.

Ook in het kubische systeem geldt, dat men van sommige vormen slechts zelden meer te zien krijgt dan een paar kleine vlakjes in combinatie met (een aantal) andere kristalvormen. In afb. 63 wordt dat weergegeven aan de hand van een paar fluoriet-kristallen.

ALGEMENE EN BIJZONDERE KRISTALVORMEN

In ieder van de 32 kristalklassen komt slechts één algemene vorm voor: dat is de kristalvorm die afgeleid is van een vlak (hkl) of $(hk\bar{l})$, een vlak met een volkomen willekeu-

rige ligging t.o.v. de kristallografische assen, en van de aanwezige symmetrie-elementen. Omdat de symmetrie in ieder van de 32 kristalklassen verschillend is, zal de algemene kristalvorm (hkl) of ($hk\bar{l}$) ook verschillend zijn in ieder van die 32 klassen. De naam van de algemene vorm wordt ook wel gebruikt voor het benoemen van de 32 kristalklassen (zie tabel 1). Een bijzondere kristalvorm is een kristalvorm die afgeleid is van een vlak dat een niet-willekeurige ligging (= bijzondere ligging) heeft t.o.v. de kristallografische assen en van

de aanwezige symmetrie-elementen: bv. gelijk aantal eenheden van twee assen afsnijden (= hhl), evenwijdig lopen aan een bepaalde as (= $hk0$), enz. In ieder van de 32 klassen (behalve in de symmetrieloze triklinische klasse 1) komen één of meestal meer bijzondere kristalvormen voor. En nu weer iets uiterst vervelends: sommige kristalvormen die in een bepaalde klasse de algemene vorm zijn, komen in andere klassen als bijzondere vorm voor; dit is een van de grote hinderpalen bij de bepaling van de juiste kristalklasse.

Tenslotte: wilt u nog meer weten?

De echte kenner heeft ondertussen gemerkt dat er in dit nummer een paar onderwerpen helemaal niet aan de orde geweest zijn. In dit kader zou het te ver leiden om die onderwerpen volledig te behandelen. Hier volgt een opsomming.

1. Van de kristalvormen zijn alleen maar de 48 verschillende typen behandeld. Maar van sommige vormen bestaan er links- en rechtsvormen (de zogenoemde enantiomorfe vormen), andere vormen komen zowel positief als negatief voor, weer andere vormen als boven- en ondervorm, en tenslotte zijn er sommige vormen die voorkomen in de 1e orde, 2e orde, 3e orde en zelfs 4e orde.

Deze onderverdelingen zijn niet behandeld omdat zij de hele morfologie in het kader van dit nummer nodeloos ingewikkeld zouden maken, en dat was niet de bedoeling. Evenmin is op het begrip hemiëdrie ingegaan.

2. Er is geen uitgebreide vermelding gemaakt van alle mogelijke of dikwijls voorkomende combinaties van kristalvormen, zelfs niet van de meest gewone mineralen. Tussen 1913 en 1923 heeft Goldschmidt daarover een 9-delige (jawel!) atlas van kristalvormen gepubliceerd; zelfs ook maar de geringste keuze geeft dan een vertekend beeld. De meeste mineralogieboeken geven echter de kristalvormen en hun combinaties van de meest voorkomende mineralen.

3. Vanwege hetgeen er gezegd is bij de determinatie van de kristalklasse, en ook over het door elkaar heen voorkomen van algemene en bijzondere kristalvormen, is er afgezien van een schema waarin weergegeven wordt welke vormen in welke kristalklassen kunnen voorkomen. Een dergelijk overzicht wordt overigens in slechts weinig mineralogieboeken gegeven. Uitzonderingen vormen o.a. de losbladige "Tafel" bij H.J. Rösler: Lehrbuch der Mineralogie, en de hierna te noemen Bloss.

Als u meer wilt weten over deze onderwerpen, of in het algemeen over de kristalmorfologie, dan kunt u het best terecht bij deze boeken:

F.D. Bloss (1971): *Crystallography and Crystal Chemistry*, an introduction. Holt, Rinehart & Winston, Inc., New York.

Met name de eerste 5 hoofdstukken (139 pp.) geven een allesomvattend beeld van de kristalmorfologie, dat in kwaliteit zijn weerga nog niet gevonden heeft.

F.C. Phillips (1977): *An introduction to crystallography*, 4th reprinted edition. Longman Group, London.

Niet zo overzichtelijk, maar bevat zeer veel kristaltekeningen; een stuk goedkoper dan Bloss.

Eerder in *Gea* verschenen...

Hier volgt een lijst van artikelen met betrekking tot kristallografische onderwerpen die de laatste 10 jaar in *Gea* behandeld zijn; wellicht heeft u er wat aan!

E.A.J. Burke: *Morfologie*; vol. 17 (1984), nr. 3, pp. 98-101. De voornaamste kenmerken van kristallen voor het determineren van mineralen.

P. Tambuyser: *Kwarts kristallen*; vol. 17 (1984), nr. 1, pp. 48-52. Groei en morfologie van Alpiene kwarts kristallen. W.J. Lustenhauer: *Granaat*; vol. 16 (1983), nr. 4, pp. 126-131. Kristalvormen van granaat.

E.A.J. Burke: *Wulfeniet kristallen*; vol. 16 (1983), nr. 2, pp. 54-56. Centrosymmetrie en piezo-elektriciteit.

E.A.J. Burke: *Tweeling kristallen*; vol. 15 (1982), nr. 4, pp. 116-121. Alles over tweeling kristallen.

E.A.J. Burke: *Gestreepte kristalvlakken*; vol. 15 (1982), nr. 2, pp. 54-56. Oorzaken van streping op kristalvlakken.

W.J. Lustenhauer: *Hematiet*; vol. 14 (1981), nr. 2, pp. 56-58. Kristalvormen van hematiet.

E.A.J. Burke: *Fluoriet*; vol. 11 (1978), nr. 1, pp. 2-6. Kristalvormen van fluoriet.

E.A.J. Burke: *De Miller-indices van kristalvlakken*; vol. 10 (1977), nr. 2; in dezelfde uitgave enkele bouwplaten voor kristalmodellen.

P. Hartman: *Kristalgroei*; vol. 9 (1976), nr. 3, pp. 61-67. Invloed van groeifactoren op de kristalvorm.

Herkomst van de gebruikte afbeeldingen

Bariand, P., Cesbron, F. & Geffroy, J. (1977/1978): *Les minéraux: leurs gisements, leurs associations*. Minéraux et Fossiles, Meung-sur-Loire, 489 pp. in 3 delen: afb. 61. Battey, M.H. (1972): *Mineralogy for students*. Longman, London, 323 pp.: afb. 17.

Bloss, F.D. (1971): *Crystallography and crystal chemistry, an introduction*. Holt, Rinehart & Winston, New York etc., 545 pp.: afb. 1, 3, 16, 28, 35, 40, 41.

Buerger, M.J. (1971): *Introduction to crystal geometry*. McGraw-Hill, New York, etc., 204 pp.: afb. 27 (ged.), 54, 56.

Gramaccioli, C.M. (1978): *Die Mineralien der Alpen*. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart, 503 pp. in 2 delen: afb. 13.

Hurlbut, C.S., Jr. & Klein, C. (1977): *Manual of mineralogy* (after J.D. Dana), 19th edition. John Wiley & Sons, New York etc., 532 pp.: afb. 12, 50.

Nickel, E. (1975): *Grundwissen in Mineralogie; Teil 1: Grundkursus*, 2. Auflage. Ott Verlag, Thun, 207 pp.: afb. 2, 31, 39, 60, 62.

Nickel, E. (1973): *Grundwissen in Mineralogie; Teil 2: Aufbaukursus Kristallographie*. Ott Verlag, Thun 301 pp.: afb. 9, 23.

Parker, R.L. & Bambauer, H.U. (1975): *Mineralienkunde*, 5. Auflage. Ott Verlag, Thun, 368 pp.: afb. 14, 30, 44, 45, 51, 52, 53, 55, 57, 58, 59.

Phillips, F.C. (1977): *An introduction to crystallography*, 4th reprinted edition. Longman, London. 351 pp.: afb. 4,

21, 22, 27 (ged.).

Phillips, W.J. & Phillips, N. (1980): An introduction to mineralogy for geologists. John Wiley & Sons, Chichester etc., 352 pp.: afb. 18, 19, 20, 24.

Ramdohr, P. & Strunz, H. (1978): Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie, 16. Auflage. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 876 pp.: afb. 6.

Rösler, H.J. (1979): Lehrbuch der Mineralogie. Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 832 pp.: afb. 47, 48.

Rykart, R. (1977): Bergkristall, 2. Auflage. Ott Verlag, Thun, 248 pp.: afb. 25, 49.

Sinkankas, J. (1964): Mineralogy for amateurs. Van Nostrand Reinhold, New York, etc., 585 pp.: afb. 7, 29, 42, 43.

Sinkankas, J. (1981): Emerald and other beryls. Chilton

Book Company, Radnor, Pennsylvania, 665 pp.: afb. 26.

Webster, R. (1976): Gems: their sources, descriptions and identification. Butterworths, London, etc., 938 pp. 3rd edition: afb. 5.

Whittaker, E.J.W. (1981): Crystallography, an introduction for earth science (and other solid state) students. Pergamon Press, Oxford, etc., 254 pp.: afb. 15-B.

Zoltai, T. & Stout, J.H. (1984): Mineralogy, concepts and principles. Burgess Publishing Company, Minneapolis, 505 pp.: afb. 8, 15-A.

— Wij danken uitgevers en andere belanghebbenden hartelijk voor hun toestemming tot overneming van afbeeldingen uit hun publicaties.

Red.

Zelfbouw van goniometers

door W.F.K. Mann

Een goniometer is een apparaat om kristalhoeken te meten. Tot ongeveer 1940, toen de röntgendiffractie-methode algemeen in zwang kwam, was de goniometer een hulpmiddel voor de mineraloog om de assenverhouding van een kristal te berekenen aan de hand van de ligging van de vlakken. Men maakt hierbij gebruik van de wet van constantheid van tweevlakshoeken. Volgens deze wet blijft de hoek tussen twee overeenkomstige vlakken gelijk, ondanks verschillen in grootte of vorm van de vlakken (afb. 1).

Hoewel goniometers op instituten dus inmiddels door andere technieken achterhaald zijn, kunnen amateurs, door intensief bezig te zijn met metingen van hoeken en het tekenen van de kristallen, ervaring en inzicht opdoen. Hoe het hoekmeten in zijn werk gaat, kunt u uitgebreid lezen in een goed mineralogieboek, bijvoorbeeld Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie, H. von Philipsborn: Tafeln zum Bestimmen der Minerale nach äusseren Kennzeichen, J. Sinkankas, Mineralogy of Dana's Manual of Mineralogy. De bedoeling van dit artikel is, enige aanwijzingen voor het zelf bouwen van goniometers te geven.

Er zijn twee types: de reflectie-goniometer en de contact-goniometer.

De reflectie-goniometer

Wij vonden de beschrijving voor het zelf bouwen in Elseviers Natuurwetenschappelijk pocket "Het Wondere Kristal" van Alan Holden en Phyllis Singer, dat uit het Engels vertaald werd door A.A. Manten, geol.drs. De uitgave dateert uit 1961. Wij laten hier de beschrijving volgen. Holden en Singer aan het woord:

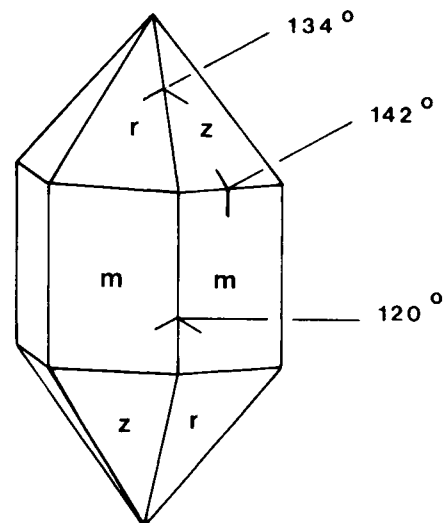
"Een reflectie-goniometer, die gemakkelijk kan worden gemaakt, meet de hoeken tussen de kristalvlakken met vrij grote nauwkeurigheid — tot op een halve graad als de vlakken duidelijk en helder zijn.

Bovendien kan hij veel worden gebruikt, daar het instrument nog resultaten geeft bij kristallen die te klein zijn voor de contact-goniometer.

Voorzie een houten latje aan het ene eind van een voet, zodat het rechtop kan staan, zie afb. 2. Neem een cirkel-

vormig stuk dun karton en bevestig dit, met een tengel-spijkertje door zijn middelpunt, in verticale stand tegen het latje. Plak daarna een rond stuk papier, voorzien van een poolcoördinatennet of gradenverdeling, op een soortgelijk cirkelvormig stuk karton. Druk een punaise (met een druppel lijm aan de onderkant) van achteren af door het karton, zó, dat de punt door het centrum van het poolcoördinatennet steekt.

Plak de twee stukken karton nu concentrisch tegen elkaar; het geheel kan nu aan het latje draaien rond het spijkertje, waarbij de punaise met het papier (de schijf) meedraait. Plak een klein stukje papier of karton tegen de rechtopstaande lat en zet daar een verticale lijn op, waartegen de hoek op het coördinatenpapier kan worden afgelezen. Wilt u het instrument gaan gebruiken, bevestig dan een beetje plasticine (kneedplastic; u kunt ook "buddies" of soortgelijke kleefmiddelen gebruiken) rond de punt van de punaise in uw goniometer. Druk het kristal, **precies in het midden en loodrecht**, een eindje in de plasticine, zodat



Afb. 1. Constante tweevlakshoeken bij kwarts: tussen prismavlakken m 120° ; tussen rhomboëdervlakken r en z 134° ; tussen prismavlak en rhomboëdervlak r of z 142° .