

driemaandelijks tijdschrift van de Stichting Geologische
Aktiviteiten voor belangstellenden in de geologie en mineralogie.

Inhoud:

5 jaar GEA	29	Nederlandse mineralen-gidsen	44
Kristallografie	30	Mikroskopen voor geologen	46
Stenen coaten en fotograferen	34	Boekbesprekingen	47
De uitrusting	37	Kursusprogramma '75-'76	48
Goede raad	40		
Het weten waard	41	Bijlage:	
Geologisch paleontologisch museum te Münster	42	Kringmededelingen.	

KRISTALLOGRAFIE

BEKNOPTE INLEIDING IN DE KRISTALLOGRAFIE door drs. G. van Hierden

Vele verzamelaars worden gefascineerd door het verzamelen van fraai uitgekristalliseerde mineralen. Maar al te vaak helaas, blijft het genoeg dat men aan deze kristallen beleeft letterlijk en figuurlijk oppervlakkig. Letterlijk, omdat men niet verder komt dan het bewonderen van de fraaie vormen en kleuren; figuurlijk, omdat men zich op deze manier een intensivering van dat genoeg onthoudt. Ieder stenenverzamelaar die zich verdiept heeft in het ontstaan en de bouw van kristallen, weet dat z'n verzameling er als gevolg van die verdieping een dimensie verkrijgt.

Dit artikeltje, dat geen enkele wetenschappelijke pretentie bezit, wil de amateur-geoloog enige basiskennis bijbrengen, zodat deze z'n kristallen met andere ogen gaat zien en in staat is een beter gebruik te maken van de vele determinatieboeken. Het bezwaar van deze boeken is vaak dat ze impliciet veel te veel basiskennis veronderstellen. Wanneer de lezer er na lezing van dit artikeltje in slaagt op vruchtbare wijze gebruik te maken van wetenschappelijker lectuur, is het doel van dit artikeltje bereikt.

We zullen ons achtereenvolgens bezig houden met de vragen:

1. Hoe ontstaan kristallen?
2. Hoe zijn kristallen opgebouwd?
3. Hoe kunnen we ze indelen? (kristalstelsels).

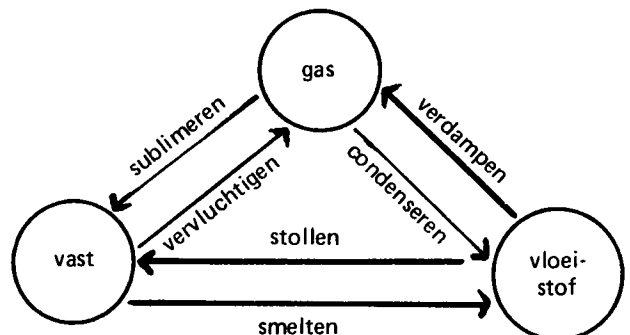
Hoe ontstaan kristallen?

Om dit wat beter te kunnen begrijpen een stukje natuurkunde vooraf. De natuurkunde leert ons dat eenzelfde stof kan voorkomen in drie aggregatietoestanden: vast, vloeibaar en gasvormig. Voor de stof H₂O zijn dat resp.: ijs, water en waterdamp. In de gasvormige en vloeibare

toestand moeten we een vrije beweging van de deeltjes aannemen, in de vaste toestand zijn de deeltjes aan een bepaalde plaats gebonden en trillen ze om een evenwichtspositie, ze zijn dus wel in beweging! (op de bouw en de naam van die deeltjes komen we terug in het volgende hoofdstukje).

Aan het voorbeeld van H₂O zien we, dat een stof van aggregatietoestand kan veranderen: ijs kan smelten, water kan verdampen. In welke der drie genoemde toestanden een stof voorkomt, hangt af van de temperatuur en de druk.

In het algemeen hoort bij een bepaalde temperatuur en druk één bepaalde toestand van de stof. Maar het is ook mogelijk, dat in bepaalde omstandigheden twee toestanden naast elkaar voorkomen, wat we al heel gemakkelijk kunnen waarnemen bij water en waterdamp. In het onderstaande schema zijn de overgangen tussen de verschillende toestanden aangegeven met de benaming van het proces dat die overgang bewerkstelligt.



Het zal niet moeilijk zijn om in te zien, dat we dus op twee manieren een vaste stof kunnen verkrijgen, nl. door sublimering en door stolling. De eerste methode is voor ons van minder belang, we zullen volstaan met een voorbeeld. In Duitsland kunnen we op de storthopen in de omgeving van Rheine soms een prachtige gele korst waarnemen. Deze korst is ontstaan door sublimering van de zwaveldampen die in de broeiende storthopen zijn vrijgekomen. De zwavelkorst, vaak fraai kristallijn, is zo poreus en breekbaar, dat je er niet in slaagt om een stukje heelhuids thuis te krijgen. De tweede methode is veel belangrijker, we zullen er hieronder op terugkomen. Maar eerst dienen we nog een derde ontstaanswijze van vaste stoffen te noemen, die we niet in het bovenvermelde schema aantreffen.

Bij de drogist kopen we wat aluin. We lossen twee lepels aluin op in een beker heet water en gieten, wanneer alle aluin is opgelost, de oplossing in een goed afsluitbare pot. We laten de oplossing afkoelen, waardoor de oplossing oververzadigd wordt, d.w.z. dat er meer opgelost aluin in zit dan normaal bij deze temperatuur. Wanneer we nu een paar korreltjes aluin aan de oplossing toevoegen, worden er onmiddellijk vele fraaie aluinkristalletjes gevormd. De oplossing die overblijft, heet verzadigd. We definiëren een kristal als een door regelmatige vlakken begrensd lichaam van een zuivere stof, in de natuur als mineraal voorkomend of kunstmatig gevormd uit een oplossing.

In de natuur zijn kristallijne mineralen ontstaan door stolling van gesmolten gesteente of door afzetting uit oplossingen. Laten we deze processen eens bekijken aan de hand van de vorming van graniet. Graniet is een gesteente, d.w.z. een mengsel van mineralen, dat algemeen voorkomt in de aardkorst. Onder een mineraal verstaan we een stof die op natuurlijke wijze ontstaan is uit één of meer elementen in een gelijkmatige samenstelling als bestanddeel van de vaste aardkorst. Tenslotte is een element een stof die niet verder ontleed kan worden in andere stoffen. Terug naar het graniet. We gaan uit van vloeibaar gesteente (magma) met een temperatuur van ongeveer 1200 °C. Wanneer een vloeibaar gesteente gaat afkoelen, worden er na elkaar verschillende mineralen gevormd. In dit geval het eerst veldspaat, dat uitkristalliseert in grote regelmatige kristallen. Als de vloeibare massa verder afkoelt, vormt zich vervolgens mica (glimmer) en tenslotte kwarts. Dit laatste mineraal moet genoegen nemen met de gaatjes die nog over zijn, zodat er geen regelmatige kwartskristallen ontstaan, maar klonters kwarts. De vloeibare gesteentemassa is nu een stollingsgesteente geworden. Als restant van het magma blijft er water van een vrij hoge temperatuur over. Dit water bezit een hoog oplossend vermogen en bevat dan ook nog vele mineralen. Deze hete oplossing zoekt zich een weg door het gesteente naar boven en bij de steeds sneller gaande daling van de temperatuur zullen de opgeloste mineralen de een na de ander uitkristalliseren (vergelijk het proces bij aluin). Gaat dit heel erg langzaam in zijn werk, dan zullen er fraaie grote kristallen worden gevormd, verloopt het proces snel, dan worden er veel, maar kleine kristallen gevormd.

We zien dat bij deze processen de temperatuur een zeer belangrijke rol speelt. Ze doet dat ook nog in een ander opzicht. Sommige stoffen kennen we in meer dan één vaste toestand. Een voorbeeld hiervan is zwavel. Bij afkoeling van gesmolten zwavel vormen zich monokliene kristallen, uit een oplossing van zwavel in zwavelkoolstof rombische kristallen (de begrippen rombisch en monoklien worden in het laatste hoofdstukje uitgelegd). Verhitten we de rombische kristallen boven 96°C, dan

worden ze monoklien, omgekeerd zet de monokliene zwavel zich beneden deze temperatuur om in rombische zwavel. Het verschijnsel dat een stof in meer dan één vaste toestand voorkomt noemen we allotropie. Een fraai voorbeeld vormt het element koolstof (grafiet en diamant).

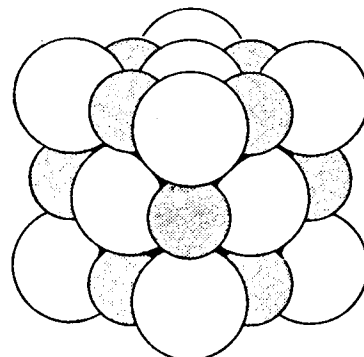
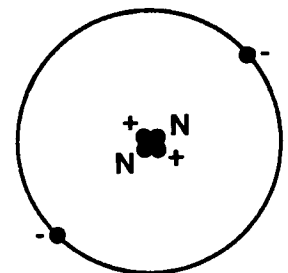
Hoe zijn kristallen opgebouwd?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden dit keer een beetje scheikunde vooraf. We hebben hierboven een element gedefinieerd als een stof die niet verder ontleed kan worden in andere stoffen. Het kleinste deeltje van zo'n element dat we nog als dat element kunnen herkennen, noemen we een atoom. (Grieks atomos - niet deelbaar). Nu bevat de term atoom eigenlijk een paradox, ook dit kleinste deeltje kunnen we nog weer verdelen in nog kleinere deeltjes, maar de eigenschappen van het element gaan dan wel verloren. Atomen zijn opgebouwd uit elektropositieve deeltjes (protonen), elektronegatieve deeltjes (elektronen) en neutrale deeltjes (neutronen). De protonen en neutronen bevinden zich in de kern van het atoom, de elektronen cirkelen in banen (schillen) om deze kern heen. We kunnen ons dat oppervlakkig voorstellen door de kern te beschouwen als een planeet (bv. de aarde) en de elektronen als de manen, die om de planeet heencirkelen.

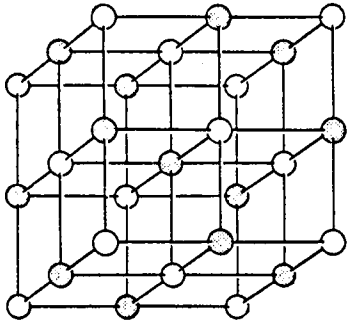
Ter illustratie nevenstaande tekening van een heliumatoom. De protonen en elektronen, gelijk in aantal zijn even sterk geladen, zodat het atoom elektrisch neutraal is.

Nu is een atoom in staat één of meer elektronen op te nemen of af te staan.

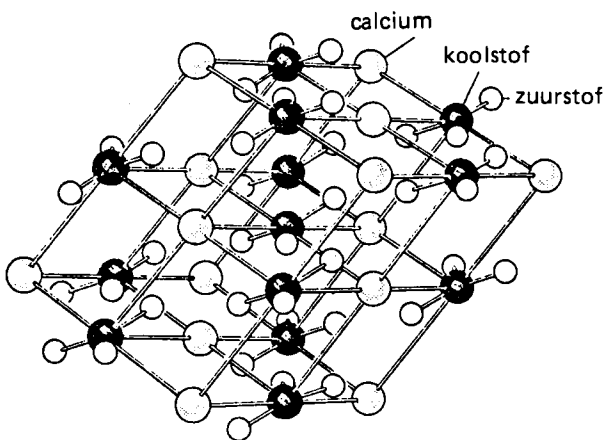
Wanneer een atoom een elektron afgeeft spreken we van een positief ion, wanneer het een elektron opneemt van een negatief ion. We definiëren een ion als een positief of negatief geladen atoom. We weten dat positief en negatief geladen deeltjes elkaar aantrekken. Wanneer dat het geval is, krijgen we combinaties van ionen, die we in de scheikunde verbindingen noemen, in de geologie mineralen. Als voorbeeld van zo'n ionverbinding nemen we zout. De scheikundige naam van zout is natriumchloride. Deze naam verraadt al dat het een verbinding is van natrium- en chloorionen. Bij een verbinding spreken we niet over een atoom natriumchloride, maar over een molecule. We wijzen er slechts terloops op, dat de ionbinding niet de enig mogelijke bindingswijze is. Bij de moleculen van de gasvormige elementen en bij verbindingen van twee niet-metalen treedt atoombinding op, maar dat zullen we hier niet nader uitwerken. De zoutkristallen zijn opgebouwd uit een gelijk aan-



tal ionen van natrium en chloor, die op een regelmatige manier zijn gerangschikt. Stellen we de ionen voor als knikkers, grote voor de chloorionen en kleine voor de natriumionen, dan kunnen we dat op onderstaande wijze in beeld brengen. We kunnen het ook meer schematisch doen en dan valt het kubusmodel onmiddellijk op.



De lijnen, die de knikkertjes met elkaar verbinden, geven de krachten aan waarmee de ionen elkaar aantrekken. Alle kristallen van keukenzout bezitten dit karakteristieke patroon. We zeggen dat zout een kubisch kristalrooster bezit. Nu is deze rangschikking van de deeltjes niet de enig mogelijke. Bravais toonde aan, dat we de regelmatige rangschikking van de deeltjes in een kristallijn mineraal kunnen beschrijven met een drie-dimensionaal kristalrooster, een zgn. ruimtetralie. In totaal zijn er veertien verschillende ruimtetralies, die we in het laatste hoofdstukje nader bekijken. Als voorbeeld van een wat ingewikkelder kristalrooster geven we dat van calciet. De chemische formule van calciet is CaCO_3 , d.w.z. het is opgebouwd uit calcium-, koolstof- en zuurstofionen in de verhouding 1 : 1 : 3. We kunnen ons het kristalrooster van calciet voorstellen als een zijdelings omgedrukte kubus. De hoeken zijn dus geen 90° meer.



Tot slot: niet in ieder mineraal is de ordening van de deeltjes zo wiskundig bepaald. We spreken dan van een amorf mineraal. Een voorbeeld hiervan is opnieuw koolstof in houtskool, steenkool en norit.

Hoe kunnen we ze indelen?

We hebben aan de voorbeelden van zout en calciet kunnen zien, dat de kristalvlakken verschillende hoeken met elkaar kunnen maken. Deze hoeken worden bepaald door de lengte van en de onderlinge hoeken tussen de kristalassen. Dit zijn denkbeeldige lijnen die door het 'middelpunt' van het kristal getrokken kunnen worden.

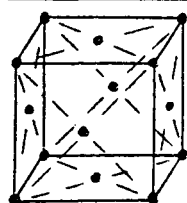
De meeste auteurs onderscheiden zes stelsels en nemen dan het hexagonale en trigonale stelsel samen. We zullen dat ook doen, maar geven een aparte tekening van een trigonaal calcietkristal, omdat men daarin de assen niet zo gemakkelijk terugvindt en omdat het bovendien gekenmerkt wordt door z'n aparte romboëdrische vorm. Een romboëder kunnen we, zoals al eerder vermeld, als een afgeleide vorm van de kubus beschouwen. Hieronder geven we van ieder assenstelsel de tekening, de omschrijving, de naam en een voorbeeld.

tekening	beschrijving	naam	voorbeeld
	3 even lange onderling loodrechte assen	<u>kubisch</u> of <u>regulair</u>	 pyriet fluoriet
	3 onderling loodrechte assen; de verticale as is langer dan de twee even lange horizontale assen	<u>tetragonaal</u>	 zirkoon
	1 verticale as, 3 even lange horizontale assen	<u>hexagonaal</u>	 kwarts
	3 onderling loodrechte assen, die alle verschillen in lengte	<u>trigonaal</u> of <u>romboëdrisch</u>	 calciet
	3 onderling loodrechte assen, die alle verschillen in lengte	<u>rombisch</u>	 bariet
	1 verticale as, 1 horizontale as loodrecht daarop, 1 as onder een scheve hoek daarop; alle assen verschillen in lengte	<u>monoklien</u>	 gips
	3 assen, alle verschillend in lengte, die onderling geen rechte hoeken vormen	<u>triklien</u>	 axiniet

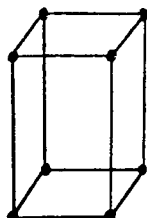
De namen voor de kristalstelsels zijn ontleend aan de klassieke talen. Om het onthouden iets te vergemakkelijken geven we de vertaling van enkele termen:

mono - een	goonia - hoek
tri - drie	klinoo - hellen
tetra - vier	rombisch - ruitvormig
hexa - zes	

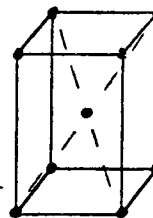
Door combinatie krijgen we bijv. triklien, d.w.z. de kristalvorm waarin drie hellende assen voorkomen. De lezer ga de andere namen zelf na. Bij de indeling van de kristallen kunnen we ook uitgaan van de materiële verdeling van het kristal, d.w.z. van de plaats die de deeltjes binnen het kristal innemen. Wanneer we deze plaatsingsmogelijkheden combineren met bovenstaande indeling van de kristalassen, levert dat de veertien ruimtetralies van Bravais op, die we hieronder schematisch weergeven en van een toelichting voorzien.



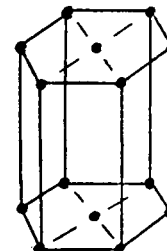
kubisch met deeltjes in het midden van alle zijvlakken



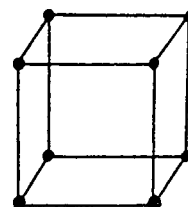
eenvoudig tetragonaal



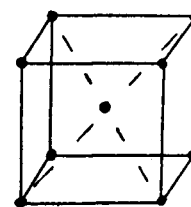
tetragonaal met een deeltje in het centrum van het kristal



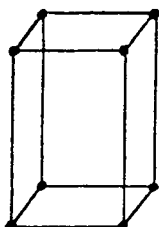
hexagonaal



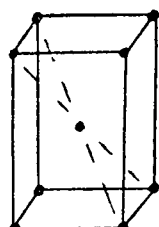
eenvoudig kubisch



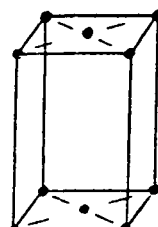
kubisch met een deeltje in het centrum van het kristal



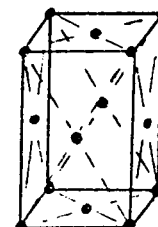
eenvoudig rombisch



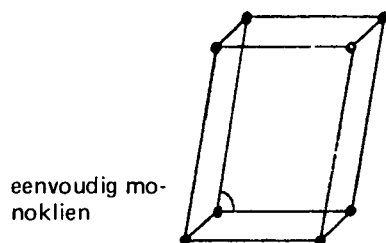
rombisch met een deeltje in het centrum



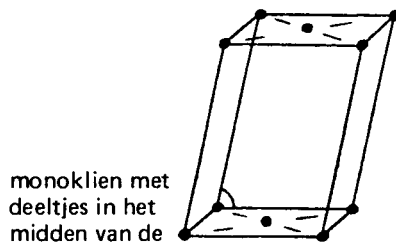
rombisch met deeltjes in het midden van de basisvlakken



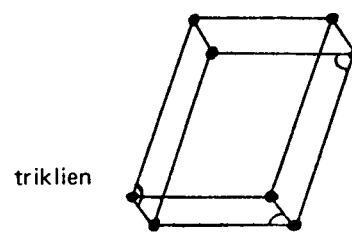
rombisch met deeltjes in het midden van alle zijvlakken



eenvoudig monoklien



monoklien met deeltjes in het midden van de basisvlakken



triklien

OPMERKING: de gemerkte hoeken zijn kleiner dan 90° .

Het derde criterium, de symmetrie van de verschillende kristalvormen, blijft hier buiten beschouwing. We volstaan met de opmerking, dat een kubisch kristal gekenmerkt wordt door maximale symmetrie (dertien symmetrie-assen, negen symmetrievlakken en één symmetriecentrum) en dat een triklien kristal juist gekenmerkt wordt door minimale symmetrie (één spiegelvlak) of zelfs door totale afwezigheid van symmetrie-elementen.

Tenslotte willen we nog wijzen op de zgn. tweelingen, regelmatige vergroeiingen van twee kristallen, die ten opzichte van elkaar in een bepaalde symmetrische verhouding staan. Beroemde voorbeelden zijn het staurolietkruis, de Karlsbadtweeling van orthoklaas en de gipszwaluwaart.

Bij een enkele lezer zal nu misschien de vraag opkomen: Kan ik nu op deze manier ook alle mineralen herkennen? Het antwoord luidt helaas ontkennend. Vanzelfsprekend hebben we houvast aan de hier besproken kristalvormen, maar er zijn veel meer mineralen dan kristalvormen, bovendien komen sommige mineralen in meer dan één kristalvorm voor en treden er vaak vergroeiingen op. Een aantal andere herkenningmethoden kan dan goede diensten bewijzen. Als zodanig noemen we: determinatie op kleur, kleur in de vlam, glans, doorschijnendheid, hardheid, massa (relatieve dichtheid), splijtbaarheid, etsen en polarisatie van licht. Het zal duidelijk zijn dat deze eigenschappen nauw samenhangen met de bouw van het kristal. Hoe interessant ook, een bespreking hiervan zou uitgroeien tot een apart artikel en is binnen het gestelde kader van dit artikel niet relevant.