

Mineralen in soorten en klassen

Een goede en wetenschappelijke indeling van de mineralen maakt al 150 jaar lang gebruik van de belangrijkste twee kenmerken van mineralen: **de samenstelling** en **de kristalbouw**. Deze twee kenmerken bepalen in hoge mate ook de overige eigenschappen van de mineralen. Daarom brengt deze classificatie een zinvolle ordening aan en is zij een voortreffelijk hulpmiddel bij de bestudering van mineralen en bij het verzamelen ervan.

Samenstelling

De natuur kent 90 verschillende bouwstenen (90 elementen) waaruit alles is samengesteld: gesteenten, mineralen, oceanen, de lucht, planten en dieren, natuurlijke en door de mens gemaakte dingen. Slechts zo'n 50 van die 90 elementen komen in aanmerkelijke hoeveelheid of hoedanigheid voor, de andere 40 slechts heel af en toe en dan zijn ze meestal nog van ondergeschikt belang. In de praktijk rekenen we dan ook met hooguit 50 elementen. De meeste van die 50 bouwstenen kennen we uit ervaring of anders wel van naam. Bijvoorbeeld de elementen zuurstof, koolstof, zwavel, fosfor, arsenicum, silicium, chloor, fluor en de metalen ijzer, lood, koper, nikkel, titanium, zilver, goud, zink, tin, chroom, aluminium, natrium, kalium, calcium, barium. Ieder mineraal is opgebouwd uit een of meer van die elementen en heeft een kenmerkende vaste (of binnen nauw bepaalde grenzen wisselende) samenstelling.

De samenstellende elementen worden afgekort tot symbolen: Ti staat voor titanium, Ni voor nikkel, S voor zwavel, K voor kalium, Si voor silicium, P voor fosfor, C voor koolstof, O voor zuurstof, Al voor aluminium. (Zie de tabel hiernaast). Bij een mineraal wordt de samenstelling ervan in symbolen weergegeven: grofweg worden de elementen waaruit dat mineraal bestaat als symbool achter elkaar geschreven. Zo komt men tot een soms eenvoudige, soms ingewikkeld uitziende, reeks achterelkaar geschreven symbolen: de "formule" voor elk mineraal. Hoe meer elementen in het mineraal, hoe langer de formule. Zo'n formule geeft dan in één oogopslag het aantal en de soorten van de elementen in het mineraal en is dus een handig hulpmiddel. Je kan zo zien "wat er in zit", beter gezegd: uit welke elementen dat mineraal is samengesteld.

Kristalbouw

In kristallen zitten die bouwstenen zeer regelmatig en dicht opeengepakt in één patroon, dat door het hele kristal heen hetzelfde is. Bij een bepaalde samenstelling is er (afhankelijk van de omgeving, vooral van temperatuur en druk) meestal maar één manier waarop de elementen zowel een compact als regelmatig patroon vormen. Dat komt omdat maar één van de mogelijke patronen voor DIE elementen in DIE omgeving de gunstigste, best samengepakte, posities oplevert. De vorming van dat patroon, ofwel de rangschikking van de bouwstenen tijdens de kristalgroei, bepaalt dan de kristalbouw en als het kristal vrij kan groeien ook de hoeken tussen zichtbare, uitwendige, kristalvlakken. De kristalbouw (kristalstructuur) wordt dus ten eerste bepaald door de aantallen en soorten van de bouwstenen (elementen) en ten tweede door de (fysisch/chemische) omgeving. Voor kristallen van mineralen kunnen we ook spreken over de geologische omgeving.

Omdat in kristallen de bouwstenen zo dicht opeengepakt zitten, bepalen voornamelijk de grootste bouwstenen het patroon. De kleinere bouwstenen vinden tussen de opeengepakte grootsten hun plaats wel. Zo komt het dat de classificatie van de mineralen berust op de samenstelling (gegeven door een rijtje symbolen: de formule) én op de grootte van de daarmee gegeven bouwstenen.

Met enige oefening herken je de grote (en kleine) bouwstenen in de formule en weet je meteen ook in welke klasse een mineraal is ingedeeld.

Wilfred Moorer

De 50 bekendste elementen en hun symbolen

Ag	zilver (argentum)
Al	aluminium
As	arseen
Au	goud (aurum)
B	boor (borium)
Ba	barium
Be	beryllium
Bi	bismut
Br	broom
C	koolstof (carbon=kool)
Ca	calcium
Cl	chloor
Co	kobalt (cobalt)
Cr	chroom
Cu	koper (cuprum)
F	fluor
Fe	ijzer (ferrum)
Ge	germanium
H	waterstof (hydrogenium)
Hg	kwik (hydrargyrum)
I	jodium
K	kalium
Li	lithium
Mg	magnesium
Mn	mangaan
Mo	molybdeen
N	stikstof (nitrogenium)
Na	natrium
Nb	niobium
Ni	nikkel
O	zuurstof (oxygenium)
P	fosfor (phosphor)
Pb	lood (plumbum)
Pt	platina
S	zwavel (sulfur)
Sb	antimoon (stibium)
Se	selenium
Si	silicium
Sn	tin (stannum)
Sr	strontium
Ta	tantalium
Te	tellurium
Th	thorium
Ti	titanium
U	uranium
V	vanadium
W	wolfram
Y	yttrium
Zn	zink
Zr	zirconium
(ZA)	zeldzame aardmetalen

Gebruikte afkortingen bij de fotobijschriften

BL	boven links	BM	boven midden	BR	boven rechts
ML	midden links	M	midden	MR	midden rechts
OL	onder links	OM	onder midden	OR	onder rechts

Klasse I. ELEMENTEN

Mineralen die uit maar een enkel element (één type bouwsteen dus) bestaan hebben normaal gesproken ook de naam van dat element. Het mineraal Koper bestaat uit het element koper, er zijn geen andere elementen bij betrokken. Men spreekt dan vaak van "gedegen" Koper, om verwarring te voorkomen met mineralen die zowel koper als ook nog andere elementen bevatten. Dat geldt ook voor zeven van de hier afgebeelde mineralen: Koper, Zilver, Goud, IJzer, Kwik, Bismut, Zwavel. De "formule" van deze mineralen is dus zeer eenvoudig en dezelfde als het elementsymbool. Het symbool Cu voor koper komt van *cypri-*, of *cuprum*, voor het eiland Cyprus waar in de oudheid gedegen koper werd gevonden. In het symbool voor zilver (Ag) herkennen we *argent* ofwel geld, zilvergeld. Hg voor het vloeibare kwik staat voor hydrargyrum, samengesteld uit *hydro* = water en *argyrum* = zilver, dus waterzilver of kwikzilver. Het symbool Au voor goud komt van *aurum* = (goud)geel. C is het symbool voor koolstof (carbo, carbon, carbonium). Koolstof kan o.a. in twee hele belangrijke en compleet verschillende vormen voorkomen: Diamant en Grafiet. Hetzelfde element koolstof is onder invloed van twee totaal verschillende omgevingen (geologische omstandigheden, druk, temperatuur) gekristalliseerd tot twee totaal verschillende mineralen. Steenkool, anthraciet, roet etcetera bestaan voor een belangrijk gedeelte uit amorf of superfijn grafiet. Ook als verzamelwaardig element-mineraal komen voor: Platina, Arseen, en Antimoon (niet afgebeeld). Andere metalen, legeringen en exotische verbindingen (allemaal zeldzaam) die tot klasse I behoren zijn te vinden in Gea (1987), vol. 20 nr. 2 en in de grote leerboeken en encyclopedieën.

De mineralen van de kleurenfoto's

Bismut Bi trigonaal hh 2 – 2,5
Bismut komt zelden in kristallen voor. Wel boomvormig, net- en veervormig of dendritisch (mosvormig). Gewoonlijk is het massief, als korrels of als blaadjes. De kleur is iets roodachtig zilverwit, vaak is het bont aangelopen en dof. Het komt voornamelijk in hydrothermale aders voor, samen met zilver-, kobalt-, nikkel-, uraan- en tinmineralen; ook in kwartsaders, pegmatieten en placers.
Foto BL: bismut, dendritisch, dof, als breukvlak van massief stuk erts; met skutterudiet: zilverachtig glanzend. Herkomst: Jáchimov, Slovenië; beeldhoogte 5 mm.

Diamant C kubisch hh 10
De kristallen van diamant zijn over het algemeen octaëders, soms kubussen, dodekaëders of tetraëders. De kristallen zijn vaak afgeplat en op de octaëdervlakken geëst met driehoekige figuren. Vaak zijn de ribben afgerond en de vlakken gebogen. Tweelingen komen voor. Er is een goede splinging volgens octaëdervlakken. De kleur is kleurloos, wit tot blauwwit, grijs, tinten van geel, bruin, oranje, roze, lavendelblauw, groen, zwart. Edelsteenkwaliteit is helder; opake (ondoorschijnende), korrelige, grijs tot zwarte diamant heet **boort**. Diamant komt voor in kimberlietpijpen of vulkanische necks en is op grote diepte onder hoge temperatuur en druk in de aardmantel gevormd. Ook komt diamant voor in rivier- en strandafzettingen.
Foto BM: diamantkristal met etsfiguren; Zuid-Afrika; afm. 6 mm.

Goud Au kubisch hh 2,5 – 3 D 19,3
Goudkristallen zijn ofwel octaëders, of dodekaëders of kubussen; vaak zijn ze afgeplat en uitgerekt. Meestal is goud echter dendritisch, boom- of netvormig, blad- en draadvormig. Ook wordt goud massief gevonden, als nuggets (klompjes), als platte korrels of schubjes. De kleur is goudgeel, ook zilverwit tot oranje-rood door onzuiverheden. Primair wordt het gevonden in hydrothermale aders in oude gebergteketen, vaak samen met pyriet en andere sulfiden, ook in vulkanische gesteenten in jonge goudaders (o.a. in Roemenië). Secundair komt het voor in goudhoudende conglomeraten en in placers, door concentratie van zware mineralen uit verweringspuin van goudhoudend gesteente.
Foto BR: goud, bladvormig en dendritisch; herkomst: Verespatak, Roemenië; hoogte: 15 mm.

Grafiet C hexagonaal hh 1 – 2
Grafiet komt maar zelden als kristallen voor, in dat geval zijn ze dun, tabulair, hexagonaal. Meestal vormt het mineraal bladachtige mas-

sa's, ook wel straalvormige of schubbige aggregaten. De kleur is ijzerzwart tot staalgrijs. Het voelt vetig aan en is gemakkelijk buigbaar. Grafiet lijkt veel op molybdeniet maar heeft een blauwige glans en een zwarte streep, tegenover de zilvergrijze kleur van molybdeniet en diens grijze streep. Grafiet ontstaat in metamorfe gesteenten, met name door de metamorfose van kool.
Foto ML: grafiet; Madagascar; afm. 25 mm.

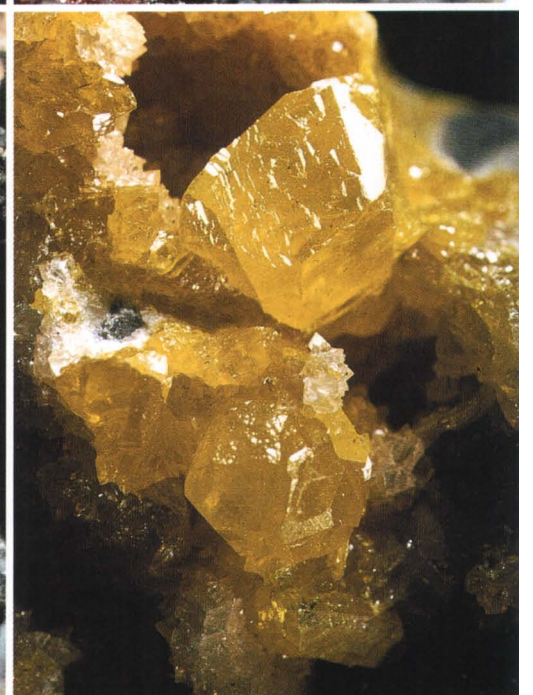
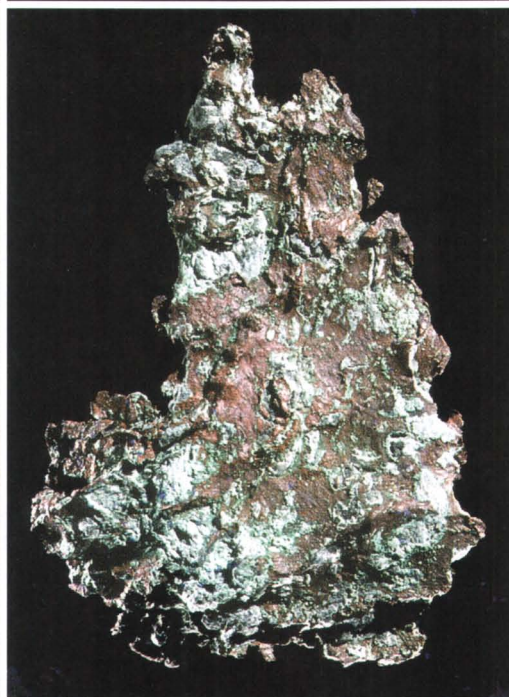
Koper Cu kubisch hh 2,5 – 3
De kristallen van koper zijn meestal gestrekt, afgeplat, verwrongen. Vaker komt koper dendritisch, draadvormig, mosachtig voor, of vormt het overkorstingen, platen of massieve klonten. De kleur is bleekroze tot roodbruin; het wordt snel dof; vaak is het door een malachiethuidje bedekt. De streep is bleekrood. Gedegen koper ontstaat voornamelijk door omzetting van koperhoudende ertsen op de grens van de oxidatie- en cementatiezone. Ook zit het wel in holten van bazalt en in sedimentaire afzettingen.
Foto M: gedegen koper; herkomst: kopermijn bij St. Véran, Franse Alpen; afm. 33 x 48 mm.

Kwik Hg kubisch D = 13,5
Dit is het enige mineraal dat bij normale temperatuur vloeibaar is, maar bij – 38,9° C vormt het kristallen. De kleur is tinwit. Het komt voor als kleine druppeltjes op cinnaber (kwiksulfide, zie Sulfiden); het ontstaat door omzetting van cinnaber en kwikhoudende tennantiet. De legering van zilver en kwik wordt amalgaam genoemd. Het natuurlijk gevormde, zilverwitte amalgaam heet **landsbergiet** (Ag₅Hg₈).
Foto MR: kwikdruppel en rode cinnaber; Almadén, Spanje; afm. 4mm

IJzer Fe kubisch hh 4 – 5
Er komt zowel terrestrisch, op aarde gevormd, als meteoritisch gedegen ijzer voor. Het zeldzame terrestrisch ijzer bestaat meestal uit korreltjes maar kan ook massa's tot 25 ton vormen. Kristallen zijn niet bekend. Het bevat bijmengingen van iets kobalt, koper, mangaan, zwavel en koolstof. De kleur is staalgrijs tot ijzerzwart; het heeft een hoekige, getande breuk. Gedegen ijzer is sterk magnetisch. Het komt primair voor in stollingsgesteenten, vooral bazalten. Meteoritisch ijzer komt voor in meteorieten, met name de octaëdrieten. Aangeslepen vertonen deze de zg. Widmanstättense figuren (zie foto). Hierin zijn twee ijzervariëteiten te onderscheiden: **kamaciet** en **taeniet**, beide met nikkel. Kamaciet, α -Fe,Ni, bevat tot 20% nikkel; deze relatief Ni-arme variëteit vormt de dikke, donkere balken in de W-figuren. Taeniet, γ -Fe,Ni, heeft ongeveer 32% nikkel; deze geeft de zilver- tot grijswitte, fijnere balken om de kamaciet. (Als opvulling tussen de balken komt nog plessiet voor, een mengsel van kamaciet en taeniet.)
Foto OL: meteoritisch, gedegen ijzer van aangeslepen, zeer fijne octaëdriet, met Widmanstättense figuren. Herkomst: de beroemde meteoriet van Gibeon, Namibië; afm. 26 mm.

Zilver Ag kubisch hh 2,5 - 3
Gedegen zilver vormt soms idiomorfe kristallen, vooral kubussen, octaëders en dodekaëders, vaak in parallelle groepen. Ook komt zilver gestrekt, vervormd, netvormig of boomvormig voor ("zilver-boompjes"), of als dikke of dunne draden in krullen. Verder is het wel massief, soms in dikke platen, in klompen, als huidje of schubvormig. Zilver is uiteraard zilverwit, maar vaak dof aangelopen naar grijs of zwart. Het is gemakkelijk rekbaar en vervormbaar. Gedegen zilver wordt vooral onder hydrothermale omstandigheden gevormd.
Foto OM: zilver, iets dendritisch. Herkomst: Kongsberg, Noorwegen; afm. 10 mm.

Zwavel S orthorhombisch hh 1,5 – 2,5
Zwavel kristalliseert gewoonlijk bipiramidaal (twee piramides met de basis tegen elkaar), ook diktabulair of disfenoidaal (met vier schuine, driekantige vlakken). Ook komt zwavel vaak massief voor, als korsten, stalactitisch, poederachtig. De kleur is zwavelgeel tot geelbruin of geelwit, rood- of groenachtig. De streep is wit. Het mineraal ontstaat in afzettingen die verband houden met vulkanische processen of hete bronnen. Een andere genese is die in sedimentaire gesteenten door reductie van sulfaten door anaerobe bacteriën (zuurstofarm milieu), het is dan vooral vergezeld van gips en celestien (bv. Polen).
Foto OR: zwavelkristallen met gipsrozetten; Máchow, omgeving Tarnobrzeg, Zuid-Polen; afm. 12 x 16 mm.



Klasse II. SULFIDEN

Bij bezoek aan een mineralenmuseum of bij beschouwing van uw eigen verzameling vallen direct de mineralen met een metaalachtig uiterlijk in het oog. Bijna allemaal behoren ze tot de zogenaamde sulfiden. De meeste van deze metaalglanzende mineralen zijn behoorlijk zwaar, iets wat aan handstukken natuurlijk goed te voelen is. Heeft u een onbekend maar zwaar en metaalglanzend mineraal in handen, dan is de kans groot dat het tot de sulfiden behoort. De uitzonderingen op deze vuistregel zijn de mineralen van de gedegen elementen zelf, alsmede enkele goede bekenden uit de klasse der oxiden, zoals Hematiet, Pyrolusiet, Cassiteriet, Cupriet, Rutiel, en enkele zeldzamer soorten. Sulfiden zijn chemische verbindingen van metalen met zwavel. Het zwavel (*sulfur* of *sulphur*) heeft dus zijn naam gegeven aan de metaal-zwavel-verbindingen en ook aan de natuurlijk voorkomende metaal-zwavel-mineralen. Nu is het zo, dat in de sulfiden het metaalkarakter van het aan zwavel gebonden metaal gedeeltelijk behouden blijft. Dit resulteert in het ondoorzichtige metallische uiterlijk en een nog vrij grote geleidbaarheid voor elektrische stroom. Net als bij metalen is het bij sulfiden zo, dat, aan de lucht en aan vertering blootgesteld, een min of meer oppervlakkige oxidatie optreedt, waardoor op den duur sommige specimens hun fraai glanzende uiterlijk kunnen verliezen; ze worden doffer en donkerder. Soms vertonen de sulfiden ten gevolge van de vertering zgn. aanloopkleuren. Dit zijn oneigenlijke, soms bont gekleurde vlekken aan het oppervlak: denk aan Borniet, Chalcopyriet en Chalcosien. De eigenlijke kleur en glans beoordeelt men dan ook het best aan verse breukvlakken.

In de ertsmicroscopie worden glans (reflectie) en kleur aan de hand van slijppreparaten beoordeeld.

De meeste sulfiden vertonen naast hun metaalachtig uiterlijk nog kleur of kleurnuances. Behalve de zeer vele zilver- tot zwartgrijze tinten vinden we ook uitgesproken goudkleurige sulfiden (Pyriet; Chalcopyriet; Milleriet); bronskleurige (Pyrrhotiet; Germaniet); bruine (Sfaleriet; Wurtziet; verse Borniet); rode (Cinnaber; Proustiet); rozige (Nickelien; Breithauptiet); blauwe (Covellien; verse Chalcosien) en groenige (Berzelianiet). Een klein aantal bijzonder fel gekleurde sulfiden mist de typische metaalglans, ook op verse breukvlakken: het felgele Greenockiet en Auripigment; de lichtgele, groene of bruine variëteiten van Sfaleriet; de rode Realgar bijvoorbeeld.

De mineralen van de kleurenfoto's

Antimoniet Sb_2S_3 orthorhombisch hh 2
Dit mineraal wordt ook wel **stibniet** genoemd. Het kan voorkomen als zuilvormige kristallen met streping in de richting van de lengte-as, met spitse of stompe eindvlakken. In Japan zijn kristallen tot 1 m toe gevonden. Er komen radiaalstralige aggregaten van gewone kristallen voor, maar ook van naaldjes; verder zijn er bundels en bollen, zijn de aggregaten viltig, ofwel massief. De kleur is loodgrijs. Het mineraal komt voor in lagetemperatuur-hydrothermale aders. Antimoniet is het belangrijkste antimoonerts.

Foto BL: naaldvormige antimoniet; Kremnica, Slowakije; hoog 22 mm

Argentiet Ag_2S monoklien hh 2 – 2,5
Het zilversulfide Ag_2S heeft twee vormen: het kubische argentiet en het monokliene acanthiet. Bij normale temperatuur is acanthiet stabiel. Argentiet is stabiel boven de 179°C; boven deze temperatuur vormt het mineraal kubus- en octaëderkristallen. Bij lagere temperatuur zet argentiet om in acanthiet, maar behoudt wel de uiterlijke, kubische vormen. Eigenlijk zijn deze kristallen dan pseudomorfofen van acanthiet naar argentiet. De kleur is zwartgrijs; de dichtheid is hoog; 7,3. Het mineraal is zeer zacht en snijdbaar, het is daardoor gemakkelijk van galeniet te onderscheiden. Er zijn ook getande, vervormde of gedraaide en haarvormige kristallen bekend. Aggregaten kunnen massief, korstig of poederig zijn. In hydrothermale aders, zoals die met galeniet.

Foto BM: loodkleurige kristallen van "argentiet". Herkomst: omgeving van Massaloni, Sardinië; afm. 7 mm.

Arsenopyriet $FeAsS$ monoklien hh 5,5 – 6
Het pseudoorthonobische arsenopyriet is meestal kortprismatisch. Het vertoont opvallende streping op de vlakken. Het vormt vaak twee- of drielingen. Het is radiaalstralig, vezelig, niervormig, korrelig, dan wel

massief. De kleur is zilverwit tot tinwit, kan neigen naar zwart. Aangelopen lijkt het op pyriet, waarmee het soms georiënteerd vergroeid is. Slaan met een hamer geeft vonken en arseengeur.

Foto BR: zilverwitte kristalvergroeiing van arsenopyriet. Panasqueira bij Fundão, Portugal; afm. 8 x 13 mm.

Auripigment As_2S_3 monoklien hh 1,5 – 2
Dit geel arseensulfide heet in het Engels *orpiment*. In de schilderkunst staat orpiment voor koningsgeel, dit is een kleurstof met dezelfde samenstelling als auripigment.

De kristallen van het pseudo-orthorhombische auripigment zijn gewoonlijk bladvormig, zuilvormig. De aggregaten zijn radiaalstralig, niervormig, korrelig of poederig; zij splijten gemakkelijk tot dunne, felgele, glimmende blaadjes. De kleur is helder geel-oranje tot citroengeel of bruinig geel. De streep is bleekgeel. Het gaat gewoonlijk samen met realgar en antimooniet, in lage-temperatuur-hydrothermale aders of warme bronnen.

Foto ML: de twee fasen van auripigment naast elkaar: goudgeelkleurig en roodachtig. Herkomst: Kazachstan; afm.: 12 mm.

Borniet Cu_5FeS_4 kubisch hh 3
Dit koper-ijzersulfide komt meestal massief voor. Verse breukvlakken zijn bronsbruin, maar al gauw vertonen deze omzetting naar bonte aanloopkleuren, de zg. pauwestaartkleuren of olievlekkleuren. Het mineraal lijkt dan op het blauwachtige covellien. Het voorkomen loopt sterk uiteen: het is zowel pegmatitisch-pneumatolitisch of hydrothermaal als sedimentair.

Foto M: aangeslepen, vlak handstuk van kupferschiefer, met blauw-violette laag van (sedimentaire) borniet. Herkomst: Lubin, Sudeten, Polen; afm. 21 mm.

Boulangeriet $Pb_5Sb_4S_{11}$ monoklien hh 2,5 – 3
Dit lood-sulfozout is vaak naaldvormig, vezelig; fijnkorrelig tot massief. Mooie kristallen zijn zeldzaam. Er is streping in de lange richting. De vezels vormen soms ringen. De kleur is loodgrijs, met matte zijdeglans. Vaak zijn er gele oxidatievlekken.

Samen met andere lood-sulfozouten en antimoonmineralen komt het voor in lage-temp.-hydrothermale aders.

Foto MR: een ring van boulangeriet. Herkomst: Mine Paiva, Castanheira, Portugal; afm. 2,2 mm.

Bournoniet $PbCuSbS_3$ orthorhombisch hh 2,5 – 3
Ook dit is een sulfozout. Het is pseudotetragonaal, gewoonlijk kortprismatisch of dik-tabulair, ook wel schroefvormig om de vertikale as verbogen. Aggregaten zijn korrelig tot massief, de kristallen staan in aggregaten vaak subparallel. Typerend voor bournoniet zijn dikke, ronde platen, die een gegroefde rand hebben, waardoor ze op tandwielen lijken. Deze streping, die voorkomt op de prismavlakken, wordt veroorzaakt door lamellaire veelingen. De kleur is staal- tot loodgrijs of ijzerzwart; de streep is grijs. Belangrijk ertsmineeraal voor lood, koper en antimoon.

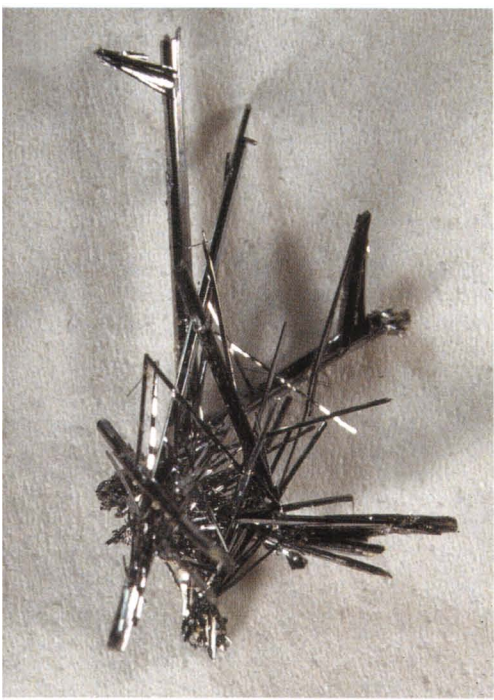
Foto OL: bournonietkristallen met gestreepte prismavlakken. Herkomst: Casapalca, Peru; afm. 8 mm.

Chalcosien Cu_2S monoklien hh 2,5 – 3
Dit komt voor in kortprismatische of dikke enkelkristallen, die dan meestal doorkruisingsdrielingen vormen tot pseudo-hexagonale prisma's. Gewoonlijk is chalcosien echter massief, of zit het als een huid op andere ertsen. De kleur is zwartgrijs tot zwart; de streep is zwartgrijs. Het is een belangrijk kopererts.

Foto OM: chalcosien van een beroemde vindplaats: Pendeen, Cornwall (Simms Lode, Levant section, Geevor). Afm. 14 mm.

Cobaltien $CoAsS$ orthorhombisch hh 5,5
Het kobaltmineeraal cobaltien lijkt veel op pyriet, maar is zilverwit van kleur. Het kan evenals pyriet pentagonododekaëdervlakken (5-zijdige vlakken) vertonen en de kubusvlakken zijn vaak gestreept. Er komen kubus-, octaëder- of pyritoëdervormen voor, of combinaties hiervan (de streping van de kubusvlakken is een combinatie van kubus- en pentagonododekaëdervlakken). Meestal is het mineraal echter massief, bladerig of korrelig; in plaats van zilverwit is het vaak loodgrijs aangelopen of bedekt door een huidje lila-achtige erythrien.

Foto OR: cobaltienkristal met gestreepte kubusvlakken. Hakansboda, Zweden; afm. 12 mm.



As, Sb, Bi, Se, Te: de broers van zwavel

De elementen arseen, antimoon, bismut, seleen en telluur, aangegeven met de symbolen As, Sb, Bi, Se en Te, vormen veel interessante mineralen. Deze "grotere broers" van zwavel (de atomen en ionen ervan zijn inderdaad aanmerkelijk groter dan die van zwavel) lijken in hun voorkeuren voor bepaalde metalen sterk op hun kleinere broertje. De verbindingen en mineralen die zij met metalen vormen hebben veel eigenschappen met de sulfiden gemeen. Zo kennen we naast Galeniet ("loodglans", loodsulfide: PbS) het loodselenide PbSe (Clausthaliet) en het loodtelluride PbTe (Altaiet). Behalve het nikkel-sulfide Milleriet (NiS) is er het nikkelarsenide NiAs (Nickelien) en het nikkelantimonide NiSb (Breithauptiet).

Omdat deze arseniden, seleniden, enz. zo duidelijk verwant zijn aan en lijken op de sulfiden, worden ze ook gerekend tot de mineraalklasse der sulfiden. Een belangrijk aantal sulfiden bestaat trouwens uit verbindingen van een metaal met zwavel en een van zijn broers. Arsenopyriet (FeAsS) bijvoorbeeld. Maar ook het omgekeerde komt voor: twee metalen met maar één broertje van zwavel, zoals in Chalcopyriet: het koper-ijzersulfide CuFeS. Nog ingewikkelder sulfiden zijn er ook, u raadt het al: twee of meer metalen met meer dan een van de broertjes tegelijk in een mineraal.

Complexe sulfiden of sulfozouten

De naam sulfozouten werd en wordt gebruikt voor een belangrijke groep complexe sulfiden. Zij bevatten naast zwavel nog een of meer van de broertjes van zwavel. Vele bij verzamelaars geliefde lood-, koper- en zilversulfiden behoren tot deze complexe sulfiden. Voorbeelden zijn Jamesoniet, Boulangeriet, Proustiet en de meeste van de beroemde mineralen uit de groeve Lengenbach (Binntal, Zwitserland). Behalve hun doorgaans wat ingewikkelder formules bezitten de complexe sulfiden een ingewikkelde kristalstructuur. Dit laatste uit zich in een lage symmetrie: er zijn dan ook geen kubische mineralen onder de sulfozouten.

Polymorfie en isomorfie

Onder de sulfiden komt het verschijnsel van **polymorfie** (= veelvormigheid) vaak voor. Het gaat hier om mineralen met dezelfde samenstelling en formule, maar met een verschillende kristalbouw. Bekende polymorfe sulfiden zijn Sflaleriet - Wurtziet en Pyriet - Markasiet. Voorbeelden bij de Elementen zijn Grafiet - Diamant; bij de Oxiden: Rutiel - Anataas - Brookiet; bij de Carbonaten: Calciet - Aragoniet. Bij de Silicaten (veldspaten) zijn Sanidien - Orthoklaas - Mikroklien het bekendste voorbeeld. En dan is er natuurlijk nog Kwarts, met wel 10 polymorfe modificaties!

Tussen verwante sulfiden komt vaak **diadochie** voor: in de kristalstructuur ten koste van de hoofbestanddelen opgenomen, min of meer verwante elementen. Zo kan in Sflaleriet, ZnS, ten koste van het zink een bepaalde hoeveelheid ijzer aanwezig zijn. Men laat dat soms in de formule blijken door (Zn,Fe)S te schrijven. Vaak past het diadoche element niet perfect in de kristalstructuur, zodat slechts een bepaalde hoeveelheid ervan de plaats van het hoofdelement kan innemen. Maar even vaak komt het voor dat het diadoche element wel moeiteloos in de structuur past. Dan kan het voorkomen, dat tussen twee mineralen (de eindleden genaamd) een hele reeks tussenliggende varianten met dezelfde structuur (**mengkristallen**) bestaat. Men spreekt dan van een **isomorfe reeks** of **mengreeks** (Eng.: *solid solution*). Zo is er de Tetrahedriet-Tennantiet-reeks, waarbinnen de broertjes arseen en antimoon elkaars plaats kunnen innemen. Is er meer arseen dan antimoon dan heet het mineraal Tennantiet en anders Tetrahedriet. De scheiding van de namen ligt hier dus in het midden.

Ziet u in een mineraalformule een *komma*, dan is er sprake van diadochie. Vóór de komma wordt het hoofdelement geschreven, erachter het diadoche element. In sulfiden zien we vaak Fe,Zn of Zn,Fe; Au,Ag (goud, zilver); Pt,Pd (platina, palladium); Ni,Co (nikkel, kobalt); Ni,Fe, enzovoort. Alleen als een substantiële hoeveelheid van een element in het mineraal voorkomt wordt het in de formule meege-schreven. Maar **kleine** hoeveelheden (diadoch, als "verontreiniging" aanwezig) worden niet in de formule genoteerd.

De mineralen van de kleurenfoto's . . .

Markasiet FeS₂ orthorhombisch hh 6 – 6,5
Grote kristallen zijn zeldzaam. De kristallen zijn tabulair, soms prismatisch. Meestal vormen ze groepen met vele kristalletjes in rijen met elkaar vergroeid. Door parallel met elkaar vergroeide kristallen ontstaat een platte bijvorm. Speerpuntvormige aggregaten worden veroorzaakt door tweelingsvorming; herhaalde tweelingen geven zg. "hanekam"-markasiet. Markasiet komt ook massief voor, als radiaalstralige aggregaten of als concreties. Het mineraal is lichtgeel met een grijze of groenige tint, het vertoont aanloopkleuren en een bruinige verweringsrand. Het wordt bij lage temperatuur gevormd uit zure waterige oplossingen (hier ligt een verschil met het sprekend lijkende pyriet). Markasiet zet om naar limoniet en zwavelzuur, of wordt bedekt door een laagje ijzersulfaten: "ijzerbloei", want het is bij normale temperatuur niet stabiel. Markasiet is gemakkelijk met pyriet te verwarren als de kristalvorm niet duidelijk is.

Foto BL: schubvormige markasietkristalletjes op grote arsenopyrietkristallen (tot 4 cm); Panasqueira, Portugal; afm. 45 x 87 mm.

Pyrrhotien Fe_{1-x}S hexagonaal hh 4
Kristallen zijn als kleine, zeskantige plaatjes in rozetten vergroeid, maar meestal is het mineraal massief, of vormt het schalige of korrelige aggregaten. Een bijzonder kenmerk is zijn magnetische eigenschap, die verder alleen bij magnetiet zo duidelijk tot uiting komt. De kleur is bronsgeel tot bruinige, met bruine aanloopkleuren. De streep is grijszwart. De snelle vertering van pyrrhotien wordt door ijzergrek in de hand gewerkt: in het kristalrooster mankeert Fe op vele van de daarvoor bestemde plaatsen.

Foto BM: Pyrrhotienkristallen op siderietkristallen; Morro Velho, Brazilië; afm. 6 mm.

Pyriet FeS₂ kubisch hh 6 – 6,5
Meer dan 60 kristalvormen zijn van pyriet bekend. Meestal vormt het kubussen, octaëders, pentagondodekaëders (= pyritoëders, met vijfhoekige vlakken) en combinaties van deze vormen. Typerend is de streping op kubusvlakken; deze staat loodrecht op de aangrenzende vlakken en is de uiting van de combinatie van kubus- en pyritoëdervlakken, die als het ware om voorrang strijden. Doordringingstweelingen van pyritoëders vormen een "ijzeren kruis". De kleur is licht- tot goudgeel; aan het oppervlak zitten vaak aanloopkleuren, ook is er wel eens een laagje limoniet aanwezig of is er omzetting naar ijzersulfaten (ijzervitriolen). Soms vervangt limoniet de pyriet geheel en is er pseudomorfose van limoniet naar pyriet. Op zijn beurt vormt pyriet pseudomorfozen naar schelpen en andere fossielen. De streep is groenachtig zwart. De dichtheid is 5 – 5,2, vrij zwaar dus. Pyriet is een echte "doorloper" en komt in zeer veel milieus voor: in magmatische gesteenten, in metamorfe leien (Bundenbach-fossielen!) en contactmetamorfe ertsen; het is sedimentair (in anaeroob milieu, zonder zuurstof) en zo verder.

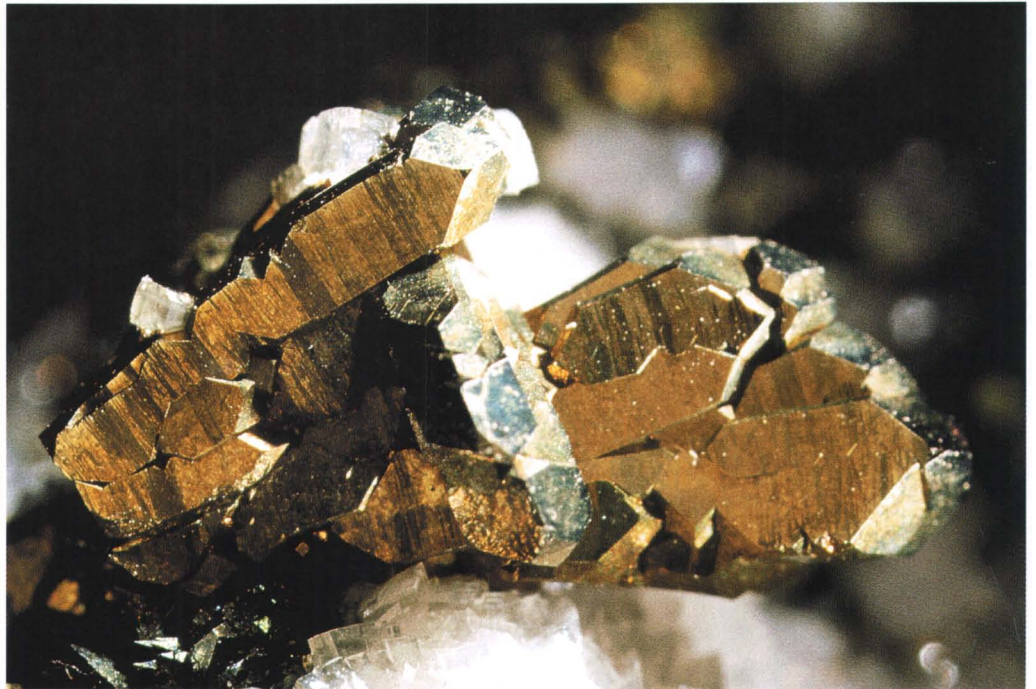
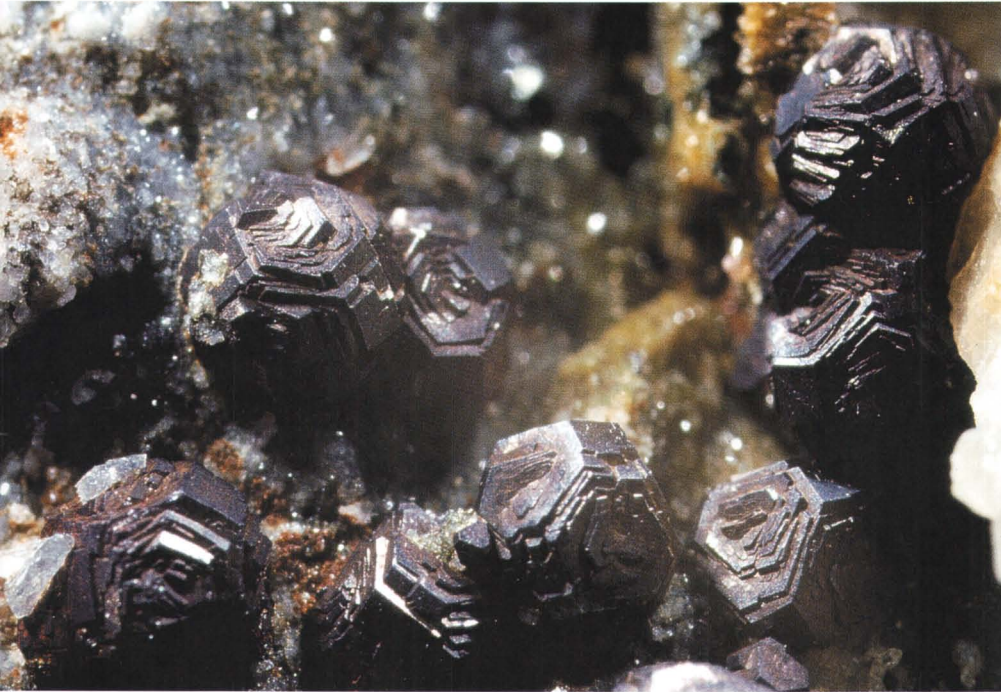
Foto BR: pyrietkubus op lange kristallen van arsenopyriet; Panasqueira, Portugal; afm. 4 x 6 mm.

Foto ML: pyrietrosjes (rozetten) in parallelgroei (iets ten opzichte van elkaar verdraaid); combinatie van kubus en octaëdervorm (1 : 1); samen met calciet, kwarts, verroeste ankeriet en chloriet; Binntal, Zwitserland; afm. ca. 15 mm.

Foto MR: pyrietoctaëders met oppervlaktestructuur; ribben ca 4 cm; Huanzála, Peru.

Foto OL: pentagondodekaëder van pyriet op hematiet; Rio Marina, Elba; afm. ca. 16 mm.

Foto OR: gestrekte pyrietkristallen met octaëder- en pentagondodekaëdervlakken; Minas de Reocín, Torrelavega, Cantabria, Spanje; afm. 17 mm.



De mineralen van de kleurenfoto's

Covellien CuS hexagonaal hh 1,5 – 2

De plaatvormige kristallen waarin covellien kan voorkomen zijn zeldzaam. Meestal komt het mineraal massief voor of fijnkorrelig, poederig en als korsten. Het is vaak een omzettingproduct van andere koperertsen en vormt daar dan huidjes op. De kleur is blauwzwart, in kleine kristallen blauw. Bevochtigd met water of met speeksel wordt de kleur kenmerkend paars.

Foto BL: plaatvormige covellien; herkomst: Polen; afm. 11 mm.

Galeniet PbS kubisch hh 2,5 – 3

Dit belangrijkste loodsulfide is vaak als grote kristallen uitgekristalliseerd in kubussen, octaëders, rhombendodekaëders en combinaties daarvan. Ook komen veel gekromde en gebogen vlakken voor en zijn de kristalvlakken parketvormig opgebouwd. Er is een goede splijting in de drie kubusrichtingen. De kleur is loodgrijs tot zilvergrijs; vaak zijn er blauwachtige, doffe aanloopkleuren. De dichtheid is hoog: 7. Waardevol is het zilver, dat tot 1 % in galeniet voorkomt als zeer kleine insluitsels van zilvermineralen. Dit belangrijkste looderts is door zijn wereldwijd voorkomen daarom ook het belangrijkste zilvererts! Het is vaak vergroeid met nog andere sulfiden, zoals sfaleriet (zinksulfide). Galeniet is vooral te vinden in hydrothermale aders bij intrusies; soms staat het in verband met intrusies in oude gebergten.

Foto BM: zilvergrijze kristallen van galeniet met octaëder- en kubusvlakken; Reocín, Torrelavega, Noord-Spanje; afm. 19 mm.

Lengenbachiet $Pb_6(Ag,Cu)_2As_4S_{13}$ monoklien

Dit sulfozout vormt zeer dunne plaatjes, deze zijn bladvormig en meestal gebogen. De platte zijden zijn gestreept in de lange richting. De kleur is grijszwart, met vaak een blauw oxidehuidje als aanloopkleur. Het mineraal is zeer zeldzaam en alleen van Lengenbach bekend, waar het in holten van kristallijne dolomiet voorkomt, samen met pyriet en vaak op jordaniet.

Foto BR: gebogen kristal van lengenbachiet op dolomiet; Lengenbach, Binntal, Zwitserland; afm. 4 mm.

Milleriet NiS trigonaal hh 3,5

Dit nikkelsulfide vormt bosjes naalden, die radiaalstralig gegroepeerd kunnen zijn; het is ook wel haarvormig. Zelden zijn er massieve of korrelige aggregaten. De kleur is messinggeel, ook wel groengrijs. De streep is groenzwart. Het is een secundair mineraal in LT-hydrothermale gangen of de cementatiezone van andere nikkelertsafzettingen. Het is vrij zeldzaam en daarom geen economisch erts.

Foto ML: naalden van milleriet op sideriet in een spleet; Klado, Bohemen, Tsjechië; afm. 14 mm.

Molybdeniet MoS₂ hexagonaal hh 1 - 1,5

Meestal heeft molybdeniet geen kristalbegrenzing, kristallen zijn dan ook zeldzaam. Waar ze voorkomen zijn het zeskantige plaatjes, die sterk gestreept zijn. Meestal worden fijnkorrelige aggregaten gevonden. Het molybdeensulfide is lichtloodgrijs tot zilvergrijs; de streep is groen (grafiet, dat er sterk op lijkt, heeft een zwarte streep). Het is zeer zacht: gemakkelijk met een nagel te krassen; het voelt vettig aan. Als molybdeenerts belangrijk.

Foto M: zeskantig molybdeenkristal; herkomst: Kemiö, ZW-Finland; afm. 24 x 28 mm.

Realgar AsS monoklien hh 1,5 – 2

Mooie kristallen van dit rode arsensulfide zijn zeldzaam en klein. Vaak zijn ze prismatisch en vertonen ze streping in de lange richting van de prismavlakken. Er komen contactweelingen voor. Meestal is realgar echter massief, fijnkorrelig of als aanslag of spikkels gevormd. De kleur is helder oranje tot donkerrood; de streep is oranje. Samen met auripigment en antimooniet in LT-hydrothermale aders, ook wel sublimatie in warme bronnen.

Foto MR: realgar met een zeldzaam sulfozout; herkomst: Lengenbach, Binntal, Zw.; afm. ca 4 mm.

Sfaleriet (Zn,Fe)S kubisch hh 3,5 – 4

Dit belangrijke zinkerts komt vaak voor in mooie kristallen en tweelingsvormen. De habitus is de tetraëder, ook zijn er rhombendodekaëders, met combinaties van kubusvlakken. Er zijn massa's en aggregaten van massieve knollen en platige, korrelige of radiaalstralige groepen. De octaëdrische splijting is markant. Een ander determinatiekenmerk is de rotte-eierenlucht (H₂S) bij het wrijven over een porseleinen plaat.

Zuivere sfaleriet, ZnS, is kleurloos, maar er zit altijd wel wat ijzer en/of mangaan en cadmium in het kristalrooster en dat maakt het geel, bruin of rood; bij sterkere bijmenging – en dat is meestal – is de kleur donkerbruin-zwart. Ook andere elementen kunnen aanwezig zijn, soms waardevolle: zilver of goud.

Foto OL: heldergele, doorzichtige sfaleriet, in een combinatie van kristalvormen. Bovenaan kleine pyrietkristallen. Herkomst: Lengenbach, Binntal, Zw.; afm. 3 mm.

Foto OM: schalenblende: microkristallijne en mogelijk amorf sulfiden van zink, lood en ijzer. De belangrijkste bestanddelen zijn sfaleriet en wurtziet, of een mengsel van beide. Wurtziet is evenals sfaleriet een zinksulfide, ZnS, maar is hexagonaal. De gele band is sfaleriet; bruine bandjes eveneens; blauwgrijze band en kristal: galeniet; pyrietkleur buiten de galeniet: markasiet. Herkomst: Olkusz, Polen; afm. 38 x 60 mm.

Tennantiet (Cu,Fe)₁₂As₄S₁₃ kubisch hh 3,5 – 4,5

Tennantiet is een vaalerts-mineraal, het heeft een belangrijke arsenicum-component. Een ander lid van de vaalerts-groep is tetraëdriet, dat in plaats van arsenicum antimoon in zijn formule heeft. Beide componenten zijn in vaalerts-kristallen aanwezig, zodat er geen vastomschreven eigenschappen gegeven kunnen worden. Vaalerts komt vaak voor in goed ontwikkelde kristallen in typerende tetraëdervorm (de naam tetraëdriet is daarvan zelfs afkomstig). Vaak zijn er doorkruisingstweelingen, met uitstekende "neuzen" op de tetraëdervlakken.

De splijting is slecht, in tegenstelling tot bij de andere sulfiden.

Tennantiet is grijs tot zilvergrijs. Tetraëdriet is meer staalgrijs (met olijkleurige streep).

Kleine, mooie tennantietkristallen in de suikerdolomiet van het Binntal zijn bekend als **binniet**.

Foto OR: twee tetraëders van tennantiet op rhodochrosiet. Herkomst: Santa Rita, Peru; afm. 6 mm.

Chalcopyriet CuFeS₂ tetragonaal hh 3,5 – 4

Meestal zijn de kristallen klein, maar wel goed ontwikkeld. De kristallen zijn vaker vertweelend dan enkelvoudig. Ze kunnen erg vervormd zijn; de vlakken zijn schijnbaar gebogen door het optreden van cyclische vijflingen. De habitus is tetraëdrisch. Meestal is chalcopyriet massief; het vormt ook niervormige aggregaten of dunne huidjes. De kleur is messinggeel met groenige tint, goudgeel (donkerder geel dan pyriet), aanloopkleuren. Het is een belangrijk kopererts.

Foto: zie prehniet (Silicaten), pag. 55 BL.

Cinnaber HgS trigonaal hh 2 – 2,5

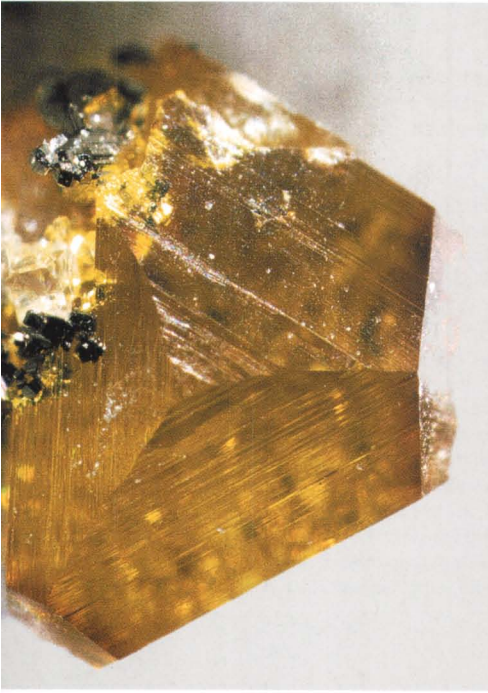
Kristallen zijn zeldzaam en meestal klein, dik-tabulair en vlakkenrijk. Het mineraal is doorgaans massief of aardachtig, of vormt korsten. De dichtheid is hoog: 8. De streep is rood. De kleur is rood, ook wel bruinrood en door verontreinigingen donkerder. Het is het belangrijkste kwikerts.

Foto: zie foto van kwik, pag. 5 MR.

Skutterudiet CoAs₃ kubisch hh 5,5 – 6

Vroeger werd dit mineraal smaltien genoemd. Het lijkt wat op galeniet: het heeft als deze ook de kubus-, octaëder- en rhombendodekaëdervorm en vormt ook korrelige aggregaten, maar de hardheid is veel hoger en de splijting minder goed. De kleur is tinwit met blauwgrijze tint; soms zijn er bonte aanloopkleuren. Het komt samen voor met andere kobaltmineralen en o.a. met bismut.

Foto: zie bismut (Elementen), pag. 5 BL.



Klasse III. HALOGENIDEN

De elementen fluor, chloor, broom en jodium worden samengevat onder de naam halogenen (van Grieks: zoutvormers). In hun elementaire vorm zijn ze uiterst reactief en vormen ze met alles wat ze tegen komen onmiddellijk verbindingen. In de natuur vinden we ze dan ook niet als vrij element maar altijd als verbindingen met een of meer metalen. In die vorm kunnen ze zo onschuldig zijn als keukenzout, zo mooi als Fluoriet of van levensbelang voor de mens in de vorm van spoorverbindingen.

Eenvoudige verbindingen van metalen met halogenen worden halogeniden genoemd. Daarnaast vormen fluor en chloor nog een (ondergeschikt) bestanddeel van o.a. vele silicaten en fosfaten. Iedere ton gesteente van de aardkorst bevat 650 gram fluor; 200 gram chloor; 2 gram broom en 0,2 gram jodium. Zeewater is rijk aan zouten en vooral aan het halogenide natriumchloride, maar is tegelijkertijd zeer arm aan fluor, vergeleken met gesteenten. Interessant is ook het gehalte aan halogenen in de biosfeer. Jodium is een essentieel sporelement, dat zorgt voor een goede werking van de schildklier. Fluor is vooral van belang voor de tanden en botten. Chloor is in de vorm van zout een belangrijk mineraal bestanddeel van bloed en weefselvocht.

De klasse der halogeniden bestaat uit een honderdtal mineralen. Op grond van de chemische samenstellingen van de halogeniden worden deze onderverdeeld in drie groepen.

1. Eenvoudige halogeniden, met o.a. keukenzout (haliet) en het paradedpaardje van de halogeniden: fluoriet.

2. Meermetalige halogeniden (fluoriden en chloriden), zoals carnalliet en kryoliet.

3. Oxihalogeniden (oxichloriden). Hierover iets meer.

Onder oxiderende omstandigheden en in een zeer chloride-rijk milieu worden bij de verwerking van lood, koper en kwikertsen soms oxichloriden van deze metalen gevormd.

Koper. Het groenige oppervlak van antiek brons is te danken aan een laagje koper-hydroxichloride: $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$. Deze verbinding kennen we als het mineraal Atacamiet. Dit is zonder twijfel het best bekende en meest veelvuldig voorkomende oxihalogenide. In vaak mooie malachiet-kleurige kristalletjes komt het wereldwijd voor onder de genoemde omstandigheden en in droge gebieden. Dezelfde samenstelling hebben de mineralen Paratacamiet en Botallackiet. In de Botallack-mijn, Cornwall, dringt het zeewater binnen in de onderzeese mijngangen en vormde aldus het door verzamelaars begeerde mineraal. Ook Connelliet, Buttgenbachiet en Arzruniet zijn koper-oxichloriden die gevormd zijn uit verwerende koperertsen van ertsaders, slakken, mijnsteenstorthopen e.d.

Ook de door de antieke Grieken bij Laurion in zee gedumpte erts-oven-slakken bevatten in de loop der tijden gevormde koper-oxichloriden. Tenslotte worden in bazaltgeodes en bij vulkanische activiteit heel zelden enkele van dit type mineralen aangetroffen.

Lood. De genoemde slakken van Laurion zijn beroemd vanwege de loodoxichloriden die er vaak in zeer fraaie kristallen worden aangetroffen. Vooral de micromounter kijkt verzaligd op als de mineralen Laurioniet, Paralaurioniet, Fiedleriet, Heliophylliet, Penfieldiet, Ekdemiet en Boleiet ter sprake komen. Ook in andersoortige slakken vindt men soms enkele van deze mineralen terug.

Een kleine groeve in de Mendip Hills, Engeland, is beroemd vanwege de mineralen Mendipiet, Blixiet en Chloroxiphiet. Långban en Harstigen in Zweden waren al bekend vanwege de talloze zeldzame mangaan- en loodmineralen. Ook daar blijken lood-oxichloriden als Blixiet, Periet, Nadoriet en Hematophaniet voor te komen.

De mineralen van de kleurenfoto's

Atacamiet $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$ orthorhombisch hh 3 – 3,5
Meestal prismatische kristallen met verticale streping; ook wel tabulair. Tweelingen komen voor. Aggregaten zijn grofkristallijn, vezelig, radiaalstralig of massief. Wordt ook als los zand gevonden. De kleur is grasgroen tot zwartgroen. Atacamiet wordt gevormd als secundair mineraal in de oxidatiezone van koperafzettingen, samen met o.a. botallackiet; het komt vooral in woestijngebieden voor. Zelf wordt het omgezet in malachiet en chrysocol.

Foto BL: donkergroene atacamiet met blauwgroene chrysocol (een silicaat, zie pag. 49, BL) en witte bolletjes van het koperchloride nantokiet: CuCl . Herkomst: Chuquicamata, Chili; afm. 9 mm.

Botallackiet $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$ monoklien

Botallackiet heeft dezelfde chemische samenstelling als atacamiet. Het vormt prismatische, zuilvormige kristallen en komt ook als korstjes of poederachtig voor. De kleur is bleekgroen of bleekblauwgroen. Het is als secundair mineraal gevonden in de Botallack Mine, St. Just, Cornwall, samen met atacamiet. Het is ook een slakkenmineraal en als zodanig bekend van verscheidene vindplaatsen.

Foto BR: blauwe, latvormige botallackiet in rozetten, als slakkenmineraal. Juliushütte, W van Goslar, Harz, BRD; afm. 8,5 mm.

Carnalliet $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ orthorhombisch hh 1 – 2

De zelden voorkomende kristallen hebben een hexagonale habitus. Carnalliet komt meestal voor in spleten van haliet (steenzout) en anhydriet, of als grofkorrelige aggregaten in lagen.

Het mineraal is kleurloos, wit, gelig en vooral roodachtig door veel hematieschubben, die er ook de karakteristieke metaalachtige glans aan geven. Carnalliet trekt water aan en vervloeit gemakkelijk.

Carnalliet komt vaak samen voor met **sylvien** (KCl). Dit mineraal is kubisch en heeft als mineraalvorm meestal de kubus of de octaëder, die vaak samen vergroeid zijn tot kubo-octaëder. De hh is 2. Sylvien is kleurloos, maar kan door verontreiniging roodachtig tot geelachtig zijn. Het lijkt op haliet, maar smaakt scherper en viezer zout. Behalve secundair op carnalliet ontstaat het primair door verdamping van zeewater. Het is minder algemeen dan haliet, maar is toch in gigantische voorraden in kalimijnen aanwezig en wordt daar gewonnen voor de landbouw als kaliummeststof.

Foto ML: oranjebruine carnalliet met kubus van kleurloze sylvien. Stassfurt, BRD; afm. 12 mm.

Connelliet $\text{Cu}_{19}\text{Cl}_4\text{SO}_4(\text{OH})_{32} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ hexagonaal hh 3

Dit mineraal komt voor als blauwe naalden, gestreept in de vertikale richting, gegroepeerd in radiaalstralige aggregaten, als viltachtige bolletjes of als dunne korsten. Ook vormt het wel tere, hexagonale kristallen. De kleur is azuurblauw tot blauwgroen; de streepkleur is bleek groenblauw.

Het mineraal is gevonden in Cornwall, o.a. in de Botallack Mine, maar komt als slakkenmineraal ook elders voor.

Foto M: connelliet als blauwe naalden in radiaalstralige bosjes; Maria della Fucinaia, Toscane, Italië; afm. 2,5 mm.

Kryoliet Na_3AlF_6 monoklien hh 2,5 – 3

Soms vormt dit mineraal kubusvormige kristallen; meestal is het korrelig en grofplatig. Ook aggregaten met parkettering aan het oppervlak door iets uitstekende kristallen komen voor. Stevige, plompe aggregaten groeien vaak om andere mineralen heen, zoals kwarts, sideriet, pyriet. De kleur is grijs, grijswit tot sneeuw wit, ook bruinig. De enige groeve van kryoliet, op Groenland, is nu stilgelegd.

Foto MR: kryoliet. Herkomst Ivigtut, Groenland; afm. 7 mm.

Halië NaCl kubisch hh 2,5

Dit is steenzout, of keukenzout; het is het allermeeest kubusvormig, maar is wel vaak wat afgerond en vervormd door vloeien; het is ook vaak massief of korrelig. De kubusvormige splijting is zeer goed. De kleur is kleurloos, wit, gelig, roodachtig, en blauwig/paarsig als het met radioactieve straling is bestraald. Halië lost goed op in water; het smaakt uiteraard zout – wat hier een determinatiekenmerk is.

Het komt samen voor met sylvien, gips en anhydriet als verdampingsproduct van zeewater.

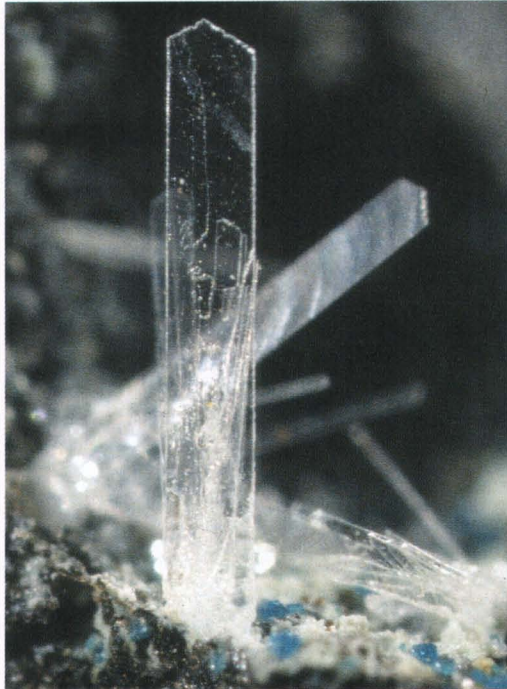
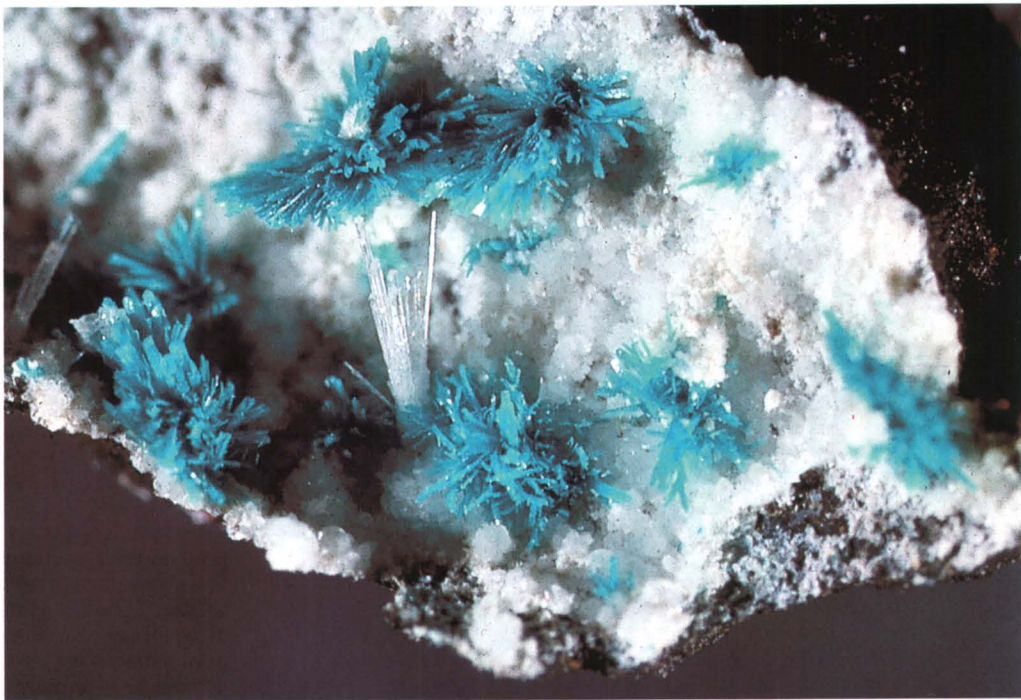
Haliëtafzettingen zijn er in de loop van de aardgeschiedenis zeer vele gevormd; zij worden vanuit diepere sedimentlagen vaak opgedrukt als zouthorsten of diapieren.

Foto OL: witte halië met iets afgeronde hoekpunten. Herkomst: Kristalgrot van zoutmijn Wieliczka, Polen; afm. 23 mm.

Laurioniet $\text{PbCl}(\text{OH})$ orthorhombisch

De kleurloze tot witte latjes, die soms gestreept zijn, zijn doorschijnend. Het mineraal wordt uit zeer zoute oplossingen gevormd. Dit kan op natuurlijke wijze gebeurd zijn en dan is het product ongetwijfeld een mineraal. Ook kan het ontstaan zijn uit door mensenhand in zee gedumpte materiaal (en daar onder inwerking van het zeewater gevormd). Zulke zg. slakkenmineralen worden tegenwoordig niet meer als mineraal erkend, mits er een natuurlijk voorkomen van bestaat. Dit is bij laurioniet inderdaad het geval.

Foto OR: doorzichtige latjes van laurioniet in een holte, als slakkenmineraal. Herkomst: Juliushütte, omg. Goslar, Harz, BRD; afm. 3,5 mm.



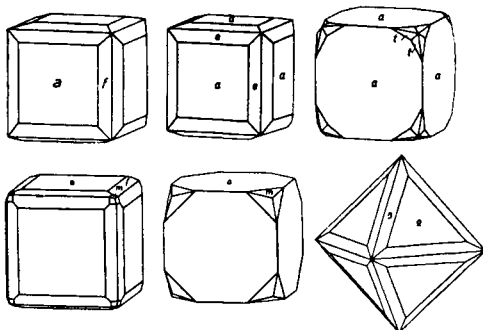
De kleur bij fluoriet

Als je stukjes groene, gele, blauwe, violette of roze fluoriet zou smelten of zou oplossen, dan krijg je een kleurloze oplossing of smelt. De kleur is verdwenen. Dat klopt ook, want de diverse kleuren van fluoriet zijn gekoppeld aan eigenschappen van de kristallen van fluoriet. De kleuren zijn niet afkomstig van pigmenten of bijmengsels, of aan de aanwezigheid van kleurende sporelementen zoals van de bekende kleurdragers chroom, ijzer, kobalt, nikkel, mangaan, vanadium, titanium of koper, die zo veel mineralen en edelstenen hun kleur geven. Nee, bij fluoriet gaat het om onregelmatigheden, foutjes zou je kunnen zeggen, in de kristalbouw. Als bij dat soort foutjes onderdeeljes van de kristallen (namelijk de elektronen die de bouwstenen van het kristal bijeen houden) zijn betrokken die een wisselwerking met licht kunnen aangaan, dan komt er kleur aan te pas. Door die wisselwerking, een soort meetrillen met één kleur van het witte licht, wordt zo'n kleur geabsorbeerd, waardoor het overblijvende licht gekleurd is. De plaats waar zo'n onregelmatigheid zit heet dan een kleurcentrum. Het type kleurcentrum bepaalt de kleur en het aantal centra de intensiteit van de kleur.

Er zijn bepaalde kleurcentra die ontstaan als gevolg van de aanwezigheid van fluor, ofwel een lege plaats in de kristalstructuur van fluoriet waar eigenlijk een fluor-ion zou moeten zitten. In plaats daarvan trilt er op die lege plaats dan een elektron rond. Vaker nog worden lege plaatsen als het ware voorbereid door de inbouw van yttrium op een calciumplaats. Dat leidt letterlijk tot spanningen in het kristal. Als er dan tijdens of na de kristalvorming (radioactieve) straling aan te pas komt, geeft dat aanleiding tot verlies van een fluor en opvulling van het gat met twee elektronen. Weer een ander type kleurcentrum ontstaat als tijdens de kristalvorming een yttrium de plaats van calcium inneemt en tegelijkertijd een extra fluor-ion wordt ingebouwd. Of een yttriumoxide-ion de plaats inneemt van een calcium en twee fluor, waardoor weer een vrij elektron achterblijft. Inbouw van natrium of nog enkele andere metalen kan een rol spelen, en voor yttrium kunnen ook zeldzame aardmetalen het calcium vervangen. Energie-rijke straling zorgt dan verder voor kleurcentra. Tenslotte kan die straling ervoor hebben gezorgd dat vrije elektronen calciumionen ontladen die dan kleur absorberen, waardoor we violette tinten zien. Dit proces kan zo lang hebben geduurd of zo intensief zijn geweest, dat langdurig of sterk bestraalde fluorieten donkerviolet tot zwart zijn. (De radioactiviteit blijft niet achter, zodat angst voor straling hier ongegrond is).

Omdat kristalgroei meestal heel langzaam gaat, kunnen tijdens het groeiproces de omstandigheden veranderen. Ook de omstandigheden die kleurcentra vormen of voorbereiden. Daardoor komt het vaak voor dat de kleur in banden aanwezig is (evenwijdig aan een kristalvlak of georiënteerd volgens een kristallografische richting), of dat er twee of meer kleuren in hetzelfde kristal te zien zijn. Bij heldere kristallen kun je naar binnen kijken en in het inwendige van het kristal zie je dan de kleuren, die in een veel jonger stadium van het kristal zijn aangelegd.

De bouwstenen van fluoriet, zowel als de vreemde elementen die bij de kleurcentra zitten, hebben zelf geen kleur. De kleur ontstaat dus pas in de heel speciale omgeving van het kristal, waar in het kleurcentrum een of meer vrije elektronen kunnen meetrillen met het licht, zo het licht kunnen beïnvloeden en daarmee zichtbare kleur vormen. Eenvoudig is het niet, maar onze fluorieten doen het toch maar mooi!



kubische
kristallen
van
fluoriet

Het mineraal van de kleurenfoto's

Fluoriet CaF_2 kubisch hh 4

Dit zeer algemene mineraal is zelden helder en kleurloos, maar wel wit, bruin, geel, diverse tinten groen, blauw, groenblauw, paars tot zwart, roze. Ook zijn er wel meerdere tinten in één kristal en komen fantomen voor: banden van verschillende kleur of kleurintensiteit, die overeenkomen met andere omstandigheden in vroegere groeifasen. Over het algemeen verliezen de kleuren hun intensiteit door blootstelling aan het UV-licht van de zon. Het fluoresceren in UV-licht van mineralen is naar fluoriet genoemd, hoewel deze eigenschap bij fluoriet lang niet altijd optreedt.

Fluoriet komt voor als eenvoudige kubussen, als octaëders en rhombendodekaëders, en als combinaties hiervan. Samen met vlakken van nog andere kristalvormen, zoals van de tetrahexaëder, kunnen ingewikkelde kristallen ontstaan met vele vlakken. Ook treedt vaak parkettering op, alsmede parallelgroei. Hierbij groeien kleine kubussen (sub)evenwijdig aan elkaar uit tot een groot kristal.

Fluoriet heeft een zeer goede splijting in de richting van de octaëdervlakken. Daardoor splijten er bij het stoten gauw schuine vlakken van de hoekpunten af. Ook kunnen zo door splijting splijtoctaëders gevormd worden. Deze hebben dan wel gladde, glimmende kanten en geen ruwe en matte zijden, zoals de natuurlijk gevormde octaëders vertonen.

Behalve als kristallen komt fluoriet ook compact voor, granulaïr, of vezelig met een bandering in verschillende tinten (bv. de beroemde Blue John), of in chaledoonachtig fijne lagen.

Fluoriet is een doorloper; het komt wereldwijd in allerlei milieus voor, vooral in hydrothermale aders (samen met kwarts, bariet, calciet en dolomiet). In spleten en holtes van sediment, vooral van kalksteen, komt het vaak samen voor met celestien, gips, dolomiet en calciet. Een vuistregel voor het ontstaan is volgens Sinkankas: bleke, octaëdrische kristallen bij hoge temperatuur, en donkergekleurde, kubusvormige kristallen bij een lage.

Fluoriet werd en wordt gebruikt als vloeimiddel bij het smelten van ertsen. Daarom heette het ook wel vloeispaat, naar het Latijnse *fluere* voor vloeien.

Foto BL: kleurloze fluoriet met parallelgroei, met pyriet en gele staleriet. Caravia, Asturia, Spanje; afm. 16 mm.

Foto BR: gele kubussen van fluoriet, met pyriet en calciet; Villabona, Noord-Spanje; afm. 17 mm.

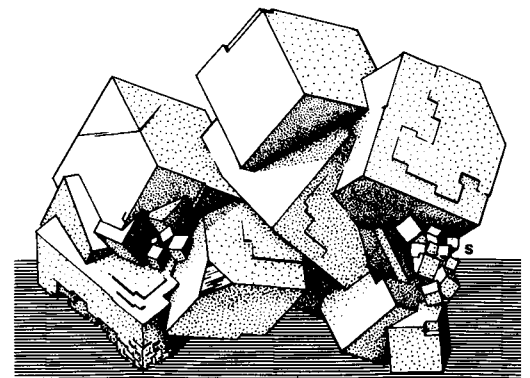
Foto ML: paarse, rechthoekige kristallen van fluoriet, doorschijnend, met zonering; Berbes, Noord-Spanje; afm. 15 mm.

Foto MR: groene octaëders van fluoriet, met matte en ruwe vlakken; Papiol, Oost-Spanje; afm. 16 mm.

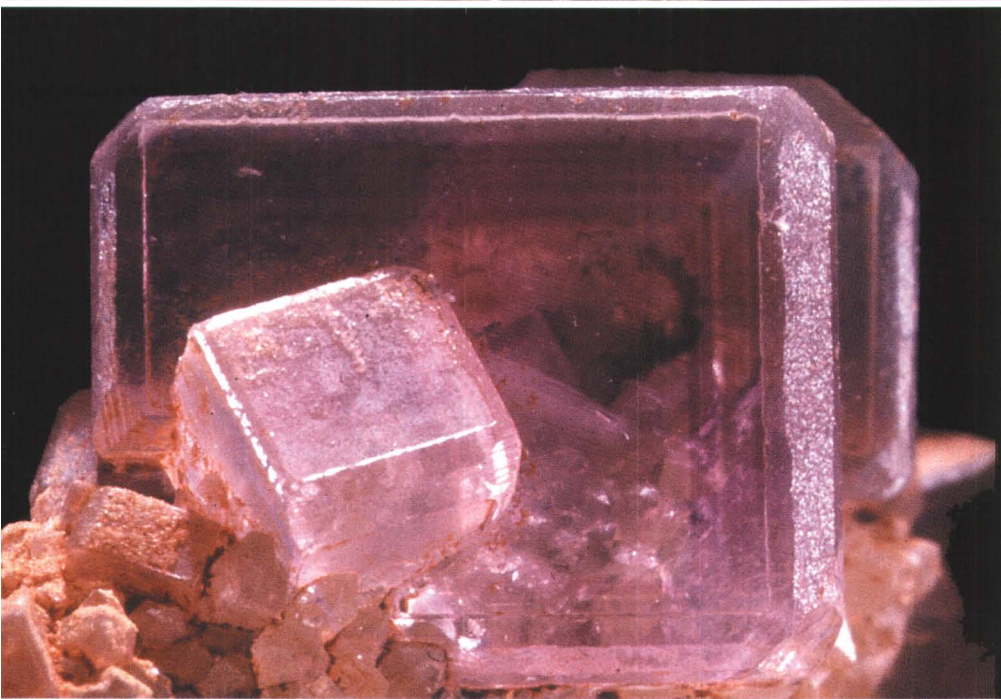
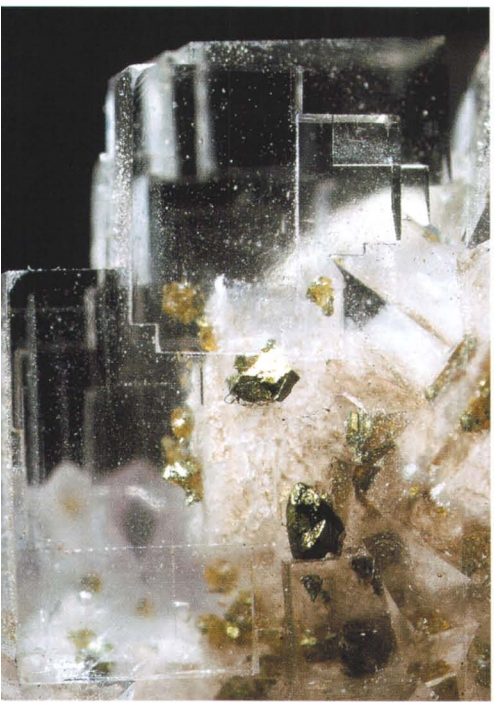
Foto OL: combinatie van paarse fluoriet als kubus en rhombendodekaëder; La Collada, Asturië, Spanje; afm. 16 mm.

Foto OM: fluorietkristallen met creme-lila kubus- en dodekaëdervlakken, met mozaiekstructuur (parkettering); La Collada, Asturië, Spanje; afm. 20 x 30 mm.

Foto OR: lichtviolette fluoriet, vertweelgd, met sterke parallelgroei; Muzquiz, Coahuila, Mexico; afm. 22 x 33 mm.



fluoriet-
kristallen



Klasse IV. OXIDEN EN HYDROXIDEN

In de tot dusverre behandelde mineraalgroepen kwam het element zuurstof niet of slechts bij uitzondering voor. In alle volgende groepen speelt het juist een overheersende rol en vinden we zuurstof (oxyge-num, symbool O) als belangrijkste bouwstof in de kristallen van de mineralen terug.

Verbindt zuurstof zich met een ander element dan wordt een zoge-naamd oxide gevormd of, als water op de een of andere manier meedoet, een hydroxide. De meeste oxiden en hydroxiden zijn betrekkelijk eenvoudig samengestelde verbindingen van een of meer metalen met zuurstof. We vinden er vele mooie mineralen onder zoals Hematiet, Anataas, Cassiteriet en Pyrolusiet. Ook de edelstenen Robijn, Saffier, Spinel en Chrysoberyl behoren tot de oxiden. Vele economisch belangrijke metaalertsen zijn mineralen in de vorm van oxiden: ijzer als Hematiet, Magnetiet of limoniet; mangaan als Pyrolusiet, Manganiet, Psilomelaan, Hausmanniet; chroom als Chromiet; tin als Cassiteriet; koper als Cupriet; uranium als Uraniniet; titanium als Rutiel of Ilmeniet.

Meer dan 500 mineralen behoren tot de groep der Oxiden en Hydroxiden. Dit is zo'n 12% van alle mineraalsoorten.

Slechts enkele van de metaaloxiden hebben nog een metallische glans en geleiden in meer of mindere mate elektrische stroom. De meeste metaaloxiden hebben die eigenschappen verloren tengevolg van hun binding met zuurstof. Maar net als bij de elementen en de sulfiden is de dichtheid (soortelijk gewicht) van de oxiden doorgaans veel hoger dan van de andere mineraalgroepen.

De zeer sterke binding van de meeste elementen met zuurstof leidt tot stabiele en hechte kristalroosters, waardoor vele oxidemineralen een grote hardheid hebben en zeer slecht oplosbaar zijn. Dit type mineralen vinden we dan ook vaak als stabiele overblijfsels in sedimentaire afzettingen en placers. Daarentegen zijn de hydroxiden weer erg zacht en doorgaans veel minder bestand tegen mechanische verwerking. De meeste elementen, met uitzondering van zilver, goud, de platina-metalen, de halogenen en nog weinige andere, kunnen als oxiden en/of hydroxiden voorkomen. We vinden ze vooral in de sterk oxiderende milieus aan het aardoppervlak, in de oxidatiezones van ertsaders en als gevolg van de metamorfose van sedimentgesteenten. Enkele belangrijke oxidemineralen (bijvoorbeeld Korund, spinellen, en de meeste Ti-Nb-Ta-oxiden) ontstaan echter primair in magmatische en/of pegmatitische gesteenten. De hydroxiden treft men vooral aan in sedimentgesteenten en in verweringslocaties.

Tot de hydroxiden behoren economisch zeer belangrijke ijzer-, aluminium- en mangaanertsen. Mineralogisch gezien bestaat elk van deze ertsen uit een mengsel van (zeer kleine) kristalletjes, en ook amorfe fasen, van verschillende mineralen. Zo bestaat "limoniet" vaak voor een groot percentage uit het mineraal Goethiet maar kan bovendien nog Lepidokroket, Akaganeiet, Feroxyhyt en de amorfe fasen siderogel of stilpnosideriet bevatten. Chemisch allemaal $\text{FeO}(\text{OH})$.

"Bauxiet" is in feite een zeer fijnkorrelig mengsel van de mineralen Gibbsiet, Diaspoor, Boehmiet en het amorfe alunogel. Soms worden nog aangetroffen Bayeriet, Nordstrandien en nog wel meer aluminiumhydroxiden; chemisch allemaal $\text{AlO}(\text{OH})$ of $\text{Al}(\text{OH})_3$.

"Bruinsteen", grofweg MnO_2 , is de verzamelnaam voor mengsels van mangaanoxiden en -hydroxiden. Ook de befaamde diepzee-mangaanknollen horen hier thuis. Net als bij limoniet en bauxiet ontstaat het bruinsteenmengsel meestal uit onzuivere, uitgevlokte colloïden (gelei-achtige massa's) die ontwateren en verhardten. "Wad" en "Psilomelaan" zijn termen voor zachte, resp. hardere bruinsteen.

Uranium, een hoofdstuk apart

Chemisch en mineralogisch is uranium vooral interessant vanwege zijn grote en kleurige rijkdom aan verweringsprodukten en associaties met andere mineralen.

Uranium komt ook voor als bestanddeel van vele primaire Ti-Nb-Ta-oxiden, die ook nog de metalen van de zeldzame aarden bevatten. Bij verwerking van deze mineralen en vooral van Uraniniet zelf gedraagt het uraan zich totaal anders dan de vergezellende metalen en geeft aanleiding tot de vele felgele, -groene en -oranje secundaire mineralen. Deze bevatten dan de zgn. uranylgroep: $(\text{UO}_2)^{2+}$.

Vanwege het radioactief verval van uranium (en het ermee verwante thorium) bevatten de primaire en vele van de secundaire uraniummineralen nog radiogeen lood, helium en radium, die gebruikt kunnen worden voor dateringsdoeleinden.

De mineralen van de kleurenfoto's

Anataas TiO_2 tetragonaal hh 5,5 – 6
Dit titaanoxide is een van de drie mineralen met dezelfde chemische samenstelling, de andere zijn brookiet en rutiel. Anataas komt voor als kleine, dipiramidale kristallen (twee piramides met het basisvlak tegen elkaar). Meestal zijn ze spits, maar soms vlakpiramidaal. De kleur is doorgaans donker: blauwzwart; kleine exemplaren zijn doorschijnend en dan lichtblauw, donkerrood, honinggeel, bruin, zelden kleurloos.

Ze worden o.a. gevonden in Alpiene rekspleten, samen met bergkristal en adulaar. De kristallen zitten verspreid, er komen geen aggregaten voor. De kristallen zijn vaak horizontaal gestreept (dit komt door de afwisseling van twee verschillende dipiramidale kristalvormen).

Foto BL: gestreepte anataaskristallen, klein kristal vooraan lichtblauw; Binntal, Zwitserland; hoogte 3,6 mm. Zie ook afb. rutiel als sageniet, pag. 23, ML.

Brookiet TiO_2 orthorhombisch hh 5,5 – 6
De habitus is tabulair; de kristallen zijn sterk afgeplat en zeer dun, er is een verticale streping, aan de randen zitten sterk glimmende vlakjes. De kleur is geelbruin-roodbruin, donkerbruin tot bijna zwart. Brookiet komt o.a. in Alpiene rekspleten voor, kristallen hebben daar vaak zwarte strepen van ingesloten ondoorzichtig materiaal. Ook komt brookiet voor in hydrothermale aders en als accessorisch mineraal in diverse gesteenten.

Dit titaanoxide heeft dezelfde chemische samenstelling als rutiel en anataas; het komt vaak samen met anataas voor, al of niet met elkaar vergroeid.

Foto BM: brookietkristallen met albiet en kwarts uit Alpiene rekspleet; herkomst: Tête Noir, VS, Trient, Zwitserl.; afm. grootste kristal 8 mm.

Betafiet, $(\text{Ca}, \text{Na}, \text{U})_2(\text{Ti}, \text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6(\text{OH})$, kubisch, hh 3 - 5,5
Dit komt voor als octaëdrische kristallen, die vaak goed gevormd zijn. De kleur is zwartbruin, geligbruin, geel, met harsglans of dof door verwerking. De chemische samenstelling is zeer ingewikkeld; het mineraal is nauw verwant aan pyrochloor. Het komt voor in pegmatieten, samen met de vele andere zeldzame-aardenmineralen die daarin kunnen voorkomen, zoals euxeniet.

Foto BR: octaëdrisch kristal van betafiet, met kubusvlakjes aan de octaëderpunten. Herkomst: Madagascar; hoogte kristal 16 mm.

Cassiteriet SnO_2 tetragonaal hh 6-7
Dit tinoxide vormt meestal gedrongen, kortprismatische kristallen, bijna altijd vertweelgd (o.a. knietweelingen); soms is cassiteriet naaldvormig of vezelig. De niervormige, glaskopachtige aggregaatvorm wordt **houtin** genoemd. De kleur is donkerbruin, ook wel geel, grijs of roodachtig.

Primair komt dit belangrijke tinerts in de granietomgeving voor (pneumatolisch, in omgezette graniet in greisen), samen met o.a. wolframiet. Secundair komt cassiteriet, door zijn bestendigheid en hoge hardheid, ook in het sediment voor: in zand als afgeronde korrels, maar ook in tinrijke afzettingen (stroomtin), die economisch van het grootste belang zijn.

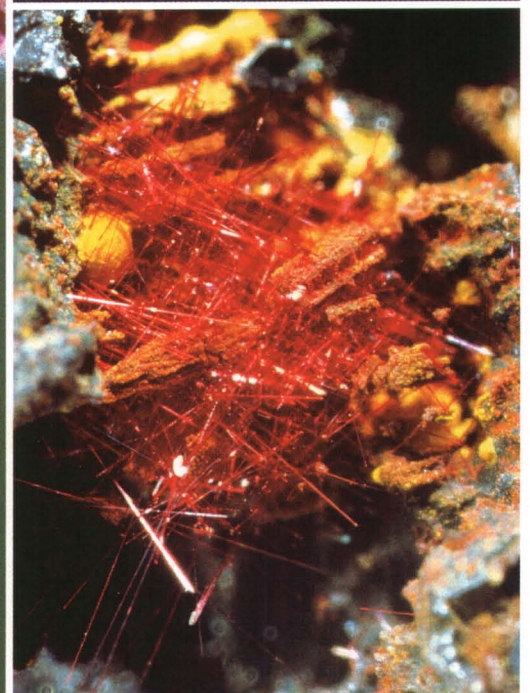
Foto MR: donkerbruine cassiteriet met zeer grote kristallen van zeshoekige, plaatvormige sideriet. Herkomst: Panasqueira, Portugal; afm. 30 x 46 mm.

Cupriet Cu_2O kubisch hh 3,5 – 4
De meestvoorkomende kristalvormen zijn de kubus, de rhombendodekaëder, de octaëder, en combinaties van deze drie. Ook is dit koperoxide wel naald- of haarvormig. In deze naaldvormige habitus wordt het mineraal **chalcotrichiet** genoemd. Er zijn ook korrelige aggregaten; verder komt cupriet massief voor en is dan vaak vergroeid met andere ertsmineralen.

De kristallen zijn vaak bedekt door een laagje malachiet; ze zijn ook wel geheel in malachiet omgezet, dan zijn het pseudomorfofen van malachiet naar cupriet. Behalve met malachiet komt cupriet ook samen voor met gedegen koper en met azuriet. Het is een oxidatieproduct van rijke koperertsen.

Foto OL: cupriet-rhombendodekaëders (12-vlakken); herkomst Tsumeb, Namibië; afm. 3 mm.

Foto OR: chalcotrichiet; naaldvormige cupriet; Tywardreath, Cornwall, GB.; afm. 5 mm.



De mineralen van de kleurenfoto's

Euxeniet (polykraas) (Y,Er,Ca,Ce,La,U,Th)(Nb,Ta,Ti)₂O₆
orthorhombisch hh 5,5 – 6,5

Euxeniet en polykraas zijn de leden van een mengreeks met yttrium, zeldzame aarden, niobium, tantaal en titaan. Polykraas is het titaanrijke eindlid van de reeks. Euxeniet is zwart, met soms bruinige tot groenige zweem; glans iets vettig, metaalachtig, breuk schelpvormig. De kristallen zijn kort-prismatisch, soms plat. Gewoonlijk komt het voor als (sub)parallelle of stralige aggregaten; ook massief, compact. Tweelingen zijn algemeen.

In graniet-pegmatieten, met andere ZA- en pegmatiet-mineralen.

Foto BL: euxeniet op plagioklaas; Tuftane, bij Frikstad, Iveland, Zuid-Noorwegen. Afm. 7 x 11 mm.

Gibbsiet Al(OH)₃ monoklien hh 2,5 – 3,5

Dit aluminium-hydroxide vormt tabulaire, hexagonaalachtige, vertweeingde kristallen, maar gewoonlijk is het in aggregaatvorm: massief, als chaledoonachtige huid en wratvormige overkorstingen, stalactitisch; als concreties, soms met onduidelijke fijnradiaalstralige structuur. De kleur is grijsachtig, groenig, blauwig, roodachtig wit. Het is een van de bestanddelen van het sedimentgesteente bauxiet, de leverancier van aluminiumerts. Het ontstaat onder bijzondere klimaatomstandigheden als een verweringsproduct van aluminiumrijke mineralen; wordt gevormd als residu in holten van kalkgesteenten; is ook hydrothermaal (lage temperatuur).

Foto BM: lichtblauwe, radiaalstralige bolletjes van gibbsiet; Lavrion, Griekenland; afm. 9 mm.

Goethiet Fe^{III}O(OH) orthorhombisch hh 5 – 5,5

Er zijn twee kristallijne ijzerhydroxiden: goethiet en lepidocrociet; hiervan is goethiet verreweg het belangrijkste. Als goethiet kristallen vormt zijn dit platte naalden. Meestal heeft het een aggregaatvorm: radiaalstralig, vezelig, haarvormig, massief, compact, korrelig. Het is zwartbruin tot lichtgeel, de streep is bruin tot bruingeel. Andere namen voor dit zeer algemene ijzermineraal zijn: limoniet, bruine glaskop, bruinijzererts. Het ontstaat in de verweringszone en aan het landoppervlak, met water en humuszuren, uit vele andere ijzermineralen. Er zijn dan ook vele pseudomorfofen van limoniet naar deze mineralen. Goethiet is een belangrijk ijzererts.

Foto BR: goethietbolletjes op bazalt; Rosières (Velay), NO van Le Puy, Fr. Afm. 12 x 18 mm.

Hematiet Fe₂O₃ trigonaal hh 5,5 – 6,5

Dit ijzeroxide heeft een grote vormenrijkdom. De kristalvorm houdt nauw verband met de ontstaanstemperatuur. Bij hoge T zijn de kristallen dipiramidaal, bij lagere T zijn het dunne plaatjes en uiteindelijk worden er vezelige, radiaalstralige massa's met bobbelig oppervlak gevormd: rode glaskop. De plaatvormige hematiet heet ook wel speculariet. Aggregaatvormen zijn massief, korrelig, schubvormig, aardachtig. De kleur is blauwachtig, staalgrijs-zwart, vaak met aanloopkleuren. De streep is rood tot roodbruin (bij magnetiet zwart en bij limoniet bruingeel). Meestal is het nauwelijks magnetisch. Hematiet komt wijdverspreid voor en ontstaat op velerlei manieren, primair zowel als secundair. Magnetiet verweert oppervlakkig tot hematiet; zelf verweert het tot limoniet. Het is een belangrijk ijzererts.

Foto ML: ijzerroos: rozetvormig gegroepeerde aggregaten van hematietplaatjes. Kriegalptal, Binn, Zwitserland; hoogte 8 mm.

Ilmeniet FeTiO₃ trigonaal hh 5 – 6

De kristallen lijken sterk op die van hematiet, ze zijn rhomboëdrisch of tabulair. Er komen doordringingstweelingen en polysynthetische (lamellaire) tweelingen voor. Het mineraal is ook wel massief of in de vorm van korrelige aggregaten aanwezig, of als rolsteentjes in het zand. De kleur is zwart met een paarsbruine gloed. Het wordt magmatisch gevormd en komt samen voor met magnetiet. In de Alpen komt het als vrijstaande kristallen voor. Het is belangrijk als titaanerts, o.a. voor de verfindustrie (titaanwit), voor de ruimtevaart (titaanstaal) en voor de geneeskunde (kunstgewrichten).

Foto M: idiomorfe kristallen op dolomiet, Egginerjoch, Saas Fee, Zw.; afm. voorste kristal 2 mm.

Magnetiet Fe₃O₄ kubisch hh 5,5 – 6

Dit ijzeroxide vormt over het algemeen octaëders, ook wel eens rhombendodekaëders; er komen op microscopische schaal vervormde skeletten voor. Tweelingen volgens de "spinelwet", ook lamellaire druktweelingen. Heel vaak is magnetiet massief of korrelig. Zo wordt het op zeer veel plaatsen gevonden, soms in geweldige hoeveelheden. Magnetiet is het belangrijkste ijzererts. De kleur is ijzerzwart, de streep is eveneens zwart. Magnetiet is sterk magnetisch, een belangrijk gegeven voor zijn herkenning. Het mineraal wordt magmatisch gevormd bij hoge temperatuur en vaak al in de magmakamer geconcentreerd. Ook is het wel secundair bij metamorfose van andere ijzermineralen, of sedimentair als losse korrels in magnetietzand. Het verweert langzaam naar limoniet, minder vaak naar hematiet.

Foto MR: magnetietoctaëders op albiet; herkomst Hinter-Kohlergraben, Binnental, Zw.; afm. 18 mm.

Korund Al₂O₃ trigonaal hh 9

Korund heeft prismatische of piramidale kristallen, deze kunnen ook vlak-tabulair zijn. De typische tonvorm komt voor bij kristallen met basisvlakken; bij de spoelvorm is de eindbegrenzing puntig. De streping die op de kristalvlakken voorkomt is ontstaan door veelingen. Ook komt het mineraal massief voor, als platige en korrelige aggregaten. De kristalvorm en de grote hardheid zijn voor korund het meest kenmerkend. Het is een geliefde edelsteen. Kleurloze korund wordt leucosaffier genoemd. De kleur wordt door sporenelementen veroorzaakt. Aan de diverse kleuren worden aparte namen gegeven: **robijn** is de donkerrode vorm, ontstaan door chroom; **saffier** is donkerblauwe korund, ijzer en titaan geven er de kleur aan. Ook zijn er oranjegele, paarse en groene korunden; vaak zijn ze zonair of gevlekt. Georiënteerde ontmenging door rutiënaalden veroorzaakt **asterisme**: stervorming. Hierdoor ontstaan de sterrobijn en de stersaffier, met een zesstralige ster. Korund is vooral metamorf gevormd; mineraalkorrels worden gevonden in placers, waarin ze door hun hardheid en bestendigheid geconcentreerd tussen zand en grind voorkomen.

Foto OL: twee korundkristallen, met hun typische vormen. Afm. 38 mm.

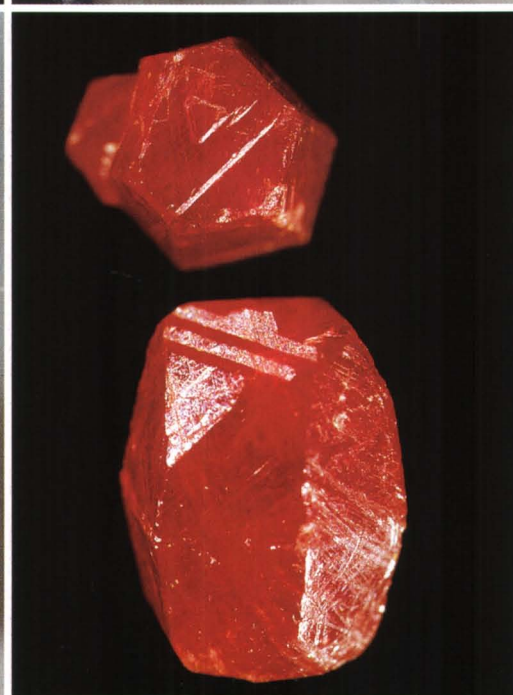
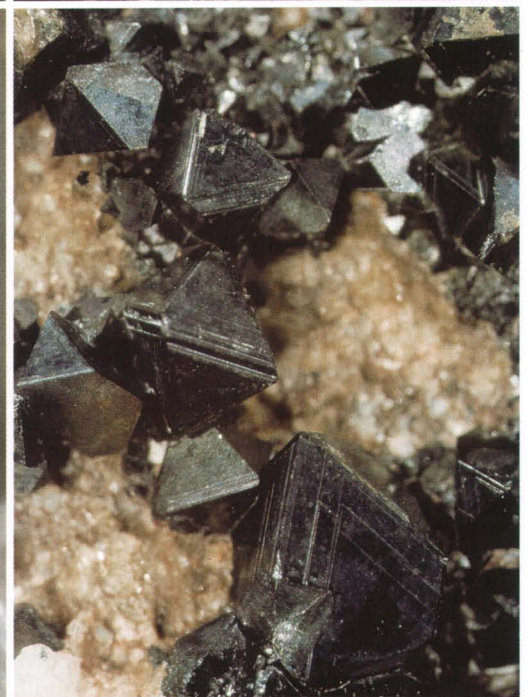
Foto OM: rode korund (robijn) uit placer; India; beeldhoogte 8 mm. Zie ook zoisiet en robijn (pag. 61, OR).

Pyrolusiet MnO₂ tetragonaal hh < 6,5 (verbrokkelt)

Idiomorfe kristallen van dit mangaanoxide zijn zeldzaam; meestal betreft het pseudomorfofen naar mangaaniet of radiaalstralige massa's. Soms is pyrolusiet compact, soms aardachtig; het geeft zwart af. De kleur is zilvergrijs tot zwart, de streep zwart.

Vaak is het mineraal secundair (oxidatie van mangaanmineralen); er liggen enorme hoeveelheden van als mangaanknollen op de zeebodem; het zit vaak tussen laagvlakken of op diaklazen van sedimenten als zwarte **dendrieten**: opvallende mos- of takvormige structuren, vaak vergezeld van bruine dendrieten van ijzerhydroxide. MnO₂ heeft geen vaste samenstelling, het is een mengsel van diverse mangaanoxiden, o.a. **psilomelaan**. Dit is harder dan andere Mn-mineralen en heeft een druiventrosvorm. Het is secundair, bij lage temperatuur neergeslagen, en zit samen met pyrolusiet en limoniet in sedimenten of kwartsaders.

Foto OR: niervormige, concentrisch opgebouwde aggregaten; herkomst: Stanislawow, Polen; afm. 26 mm.



De mineralen bij de afbeeldingen

Kwartsgroep $\text{SiO}_2 - \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Na veldspaat is kwarts het meest voorkomende mineraal in de aardkorst. Het komt voor in allerlei soorten gesteenten van magmatische, sedimentaire en metamorfe oorsprong, ook in aders. Het kan bij hoge en bij lage temperatuur ontstaan. Kwarts is hard en nagevoeg onoplosbaar, daarom is het ook het grootste bestanddeel van veel zanden (een groot deel van de Nederlandse stranden bestaat voor 99% uit kwarts). Vele mineralen worden door kwarts gepseudomorfiseerd, ook veel fossielen worden in kwarts omgezet (gesilicificeerd).

In zuivere vorm is kwarts kleurloos. Door sporenelementen in het kristalrooster of door straling kunnen allerlei kleuren ontstaan: wit, grijs, geel, rood, blauw, groen, paars, bruin en zwart. De kwartsgroep is een serie mineralen. Er worden onderscheiden:

α -kwarts of laag-kwarts, bij lage T gevormd: < 573 °C, trigonaal; SiO_2 ; hh 7;
 β -kwarts of hoog-kwarts, bij hoge T gevormd: > 573 °C, hexagonaal; SiO_2 ; hh 7;
tridymiet, bij > 870 °C gevormd; monoklien; SiO_2 ; hh 6,5 – 7;
crystaliet, bij > 1470 °C gevormd.
Cristobaliet, **coesiet** en **stishoviet** (twee hoge-drukmineralen) worden hier alleen genoemd.
opaal, amorf/cryptokristallijn, bij lage temperatuur gevormd; $\text{SiO}_2 + n\text{H}_2\text{O}$; hh 5,5 – 6,5.
Bij de laag-kwarts komt de fijn- of cryptokristallijne variëteit **chalcedoon** voor, die in vele vormen optreedt.

Grofkristallijne kwarts

Hoog-kwarts

De bij hoge T gevormde, hexagonale hoog-kwarts of β -kwarts is magmatisch gevormd; de kristallen zijn hexagonaal en vertonen een dubbelpiramide met al of niet een zeer kort prisma. Ze komen vooral voor in zure lava's: rhyolieten, en zanden daaruit ontstaan. De kwartsen in anatectische granieten zijn veelal van oorsprong hoog-kwartsen. In alle gevallen is hoog-kwarts omgezet in het stabiele laag-kwarts, met behoud van de vorm.

Laag-kwarts

De trigonale α -kwarts kristalliseert uit in kort- tot langprismatische kristallen, gestrekt naar de verticale as; meestal zijn de prismavlakken gestreept (zie foto ankeriet op kwarts, pag. 25, BL). Schuine topvlakken, de zg. rhomboëdervlakken, vormen de eindbegrenzing. Verder zijn er o.a. schuine vlakjes tussen het prisma en de top. Er komen vaak tweelingen voor: volgens de Dauphiné-wet, de Braziliaanse wet, de Japanse wet, e.a. Kristallen zijn vaak gedraaid, gebogen, als skeletvorm en zijn zowel geïsoleerd als in holten gegroeid. Aggregaatvormen zijn massieve kwarts, de vele cryptokristallijne variëteiten, concreties en vele andere.

Bij laag-kwarts is er een grote verscheidenheid van grofkristallijne variëteiten:

- bergkristal: kleurloos, helder.
- rookkwarts: bruinzwart door natuurlijke RA-bestraling, en morion: zwart.
- amethyst: ijzerhoudende kwarts, via natuurlijke RA-bestraling paars gekleurd.
- citrien: van nature lichtgeel door driewaardig ijzer. Imitaties zijn gebrande amethyst of rookkwarts. Citrien wordt graag voor topaas uitgegeven.
- rozekwarts: roze door ingesloten rutiënaaldjes.
- ijzerkiesel: rood, bruin, geel door ijzeroxide.
- melkkwarts: troebel en wit door vloeibare en gasvormige insluit sels.
- blauwe kwarts: gekleurd door naaldjes van rutiel of hoornblendes.
- aventurinkwarts: ingesloten glimmers, o.a. fuchsiet, en hematiet.
- valkenoog en tijgeroog: pseudomorfofen van kwarts naar vezelige krokydoliët; lichtbreking veroorzaakt het katoogeffect.

- praas: groen door aktinoliënaaldjes. Prasoliet is een imitatie door verhitte gele en paarse kwarts uit een Braziliaanse mijn.

Cryptokristallijne laag-kwarts

Ook in de cryptokristallijne kwarts worden vele variëteiten onderscheiden:

- chalcedoon: doorschijnend, compact, op het oog homogeen, maar microscopisch kleine vezeltjes. De c-as ligt in de breedte, niet in de lengte van de vezels! Glaskoppachtig oppervlak. O.a. als stalactieten en pseudomorfofen.
- agaat: geband, vooral grijs en wit, ook zwart, bruin, geel, rood; vaak kunstmatig gekleurd! Bedekt de binnenwand van holten in vulkanische gesteenten.
- onyx: meestal kunstmatig zwart gekleurde agaat met brede banden.
- mosagaat: kleurloos, met mosachtige structuren van groene hoornblendes;
- sard: bruin door limoniet.
- carneool: rood door ijzeroxide.
- chrysopraas: groen door nikkelsilicaat (zie foto OL)
- jaspis: ondoorzichtige chalcedoon, intens gekleurd door ijzer en mangaan of door andere, ook organische stoffen. Meestal gekleurde banden of vlekken in rode, bruine, gele, grijsblauwe tinten.
- vuursteen is met opaal doordrenkte jaspis. Deze vormt knollige of plaatvormige concreties, vooral in krijtformaties.
- heliotroop is donkergroene jaspis met rode vlekken.

Tridymiet

Dit wordt bij hoge temperatuur gevormd met een hexagonale kristalstructuur, maar bij 130 °C wordt het omgezet naar een orthorhombische structuur. Het komt voor als 1 – 4 mm grote, zeskantige plaatjes, vaak waaievormig verdrielingd.

Opaal $\text{SiO}_2 + n\text{H}_2\text{O}$ amorf/cryptokristallijn hh 5,5 – 6,5
Opaal in de vorm van **hyalien** (glasopaal) is een veel voorkomend mineraal. Meer bekend is het mineraal als **edelopaal**, dit is heel zeldzaam.

Opaal is massief, compact of poreus; het is een microkristallijn aggregaat van cristobalietbolletjes met veel water ertussen. Het komt voor als adertjes, holtevulling, in concreties, als pseudomorfofen naar andere mineralen. De kleur is kleurloos, wit, blauwwit, maar bij edelopaal ook geel of rood, roodbruin, bruin, oranje, groen, blauw, grijs tot zwart. De felle kleuren vormen een prachtig kleurenspeel. Opaal is een lage-temperatuurmineraal; het is gewoonlijk beperkt tot oppervlakte-afzettingen. Hyaliet komt voor in holruimten en als korsten in en op vulkanische gesteenten als kleurloze druiventrossen.

Foto BL: laag-kwarts in Tessiner habitus (met kleine rhomboëdervlakken). Herkomst: Eggerhofen, ZO van Albrunpas, Zw., bij lt. grens; afm. 34 mm.

Foto BR: detail van lithofyse met laag-kwarts en agaat (o.a. in horizontaal afgezette Paraguay-vorm) in holte. De rand bestaat uit veldspaat- en kwartsvergroeiing; gepolijste plaat. Rhyolietisch gesteente; herkomst: Esterel, Zuid-Frankrijk; afm. ca. 4 cm.

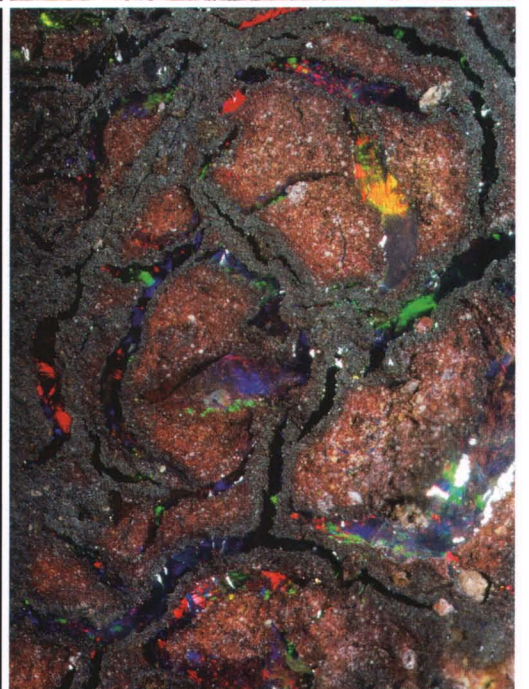
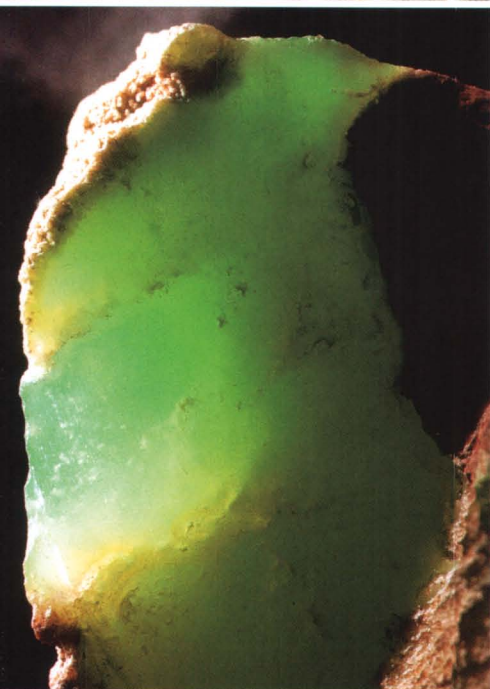
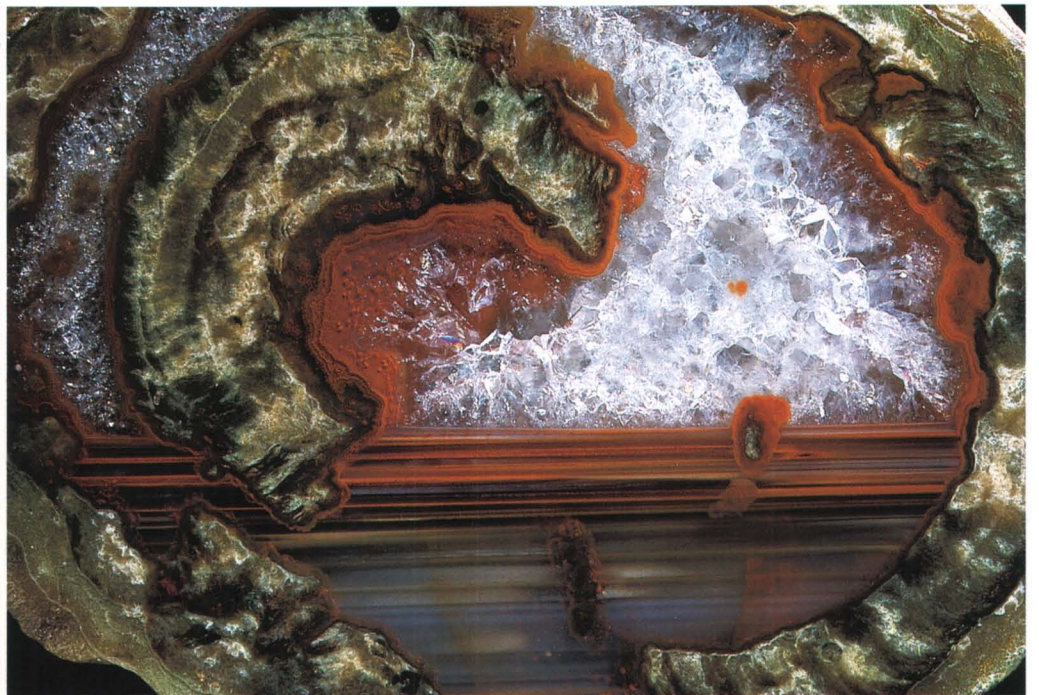
Foto ML: tridymiet-plaatjes in vulkanisch gesteente; de bruine bolletjes zijn sideriet. Herkomst: Vehec (Tsjechië); breedte 3,6 mm.

Foto MR: agaat en chalcedoon, gepolijste plaat. Bazaltisch gesteente. Herkomst: omgeving Idar-Oberstein, BRD; afm. 10 x 15 mm.

Foto OL: chrysopraas, een van de chalcedoonvariëteiten; Szklary, Polen; afm. 34 mm.

Foto OM: hyaliet (glasopaal, wateropaal); herkomst: Valec, oostelijk Slowakije; breedte 9 mm.

Foto OR: edelopaal (met kleurenspeel); Zuidoost-Australië; hoogte 8 mm.



De mineralen bij de kleurenfoto's

Perovskiet CaTiO_3 orthorhombisch hh 5,5

De kristallen van dit pseudokubische mineraal zijn kubusvormig; vaak zijn er aggregaten van parallel vergroeide kristallen (o.a. in de Eifel, daar komt het ook dendritisch voor). Polysynthetische lamellaire tweelingen veroorzaken gestreepte kubusvormige kristallen. Er bestaan ook variëteiten met niobium, cerium of andere zeldzame aarden, deze kunnen economisch winbaar zijn. Het komt voor in sommige magmatische en metamorfe gesteenten met veel magnetiet; in sommige onderverzadigde bazaltische lava's in de Eifel op microscopisch formaat. Het is gewoonlijk zwart, ondoorschijnend; zeer kleine kristallen zijn ook wel doorschijnend en roodbruin, oranje, honinggeel. Dezelfde combinatie van metalen komt ook voor als silicaat, dit is het veel algemenere titaniet (CaTiSiO_5).

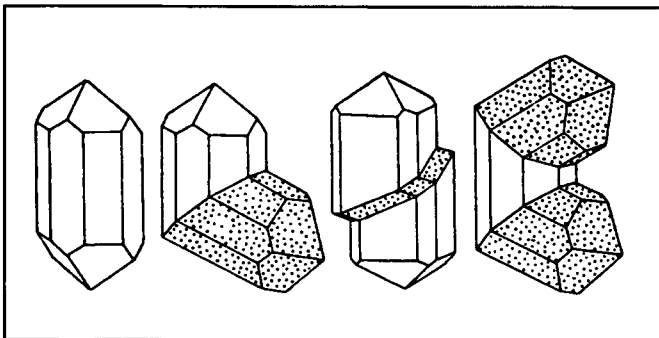
Foto BL: perovskiet in dendritische skeletvorm en nefelien (kleurloze, zeskantige prisma's). Herkomst: Weimersbach bij Üdersdorf, West-Eifel; afm. 2,5 mm.

Rutil TiO_2 tetragonaal hh 6 – 6,5

Dit is het derde mineraal in de trits anataas, brookiet, rutil; het is het algemeenste, hardste en stabielste van de drie. Meestal is het langgerekt, dikprismatisch, vaak vertikaal gestreept; soms zijn de kanten glad. Afgeronde en vervormde kristallen zijn algemeen. Ook als dunne naaldjes. Bij Alpiene kristallen komt sterke verticale streping voor, de kristallen lijken parallelle vezels. Tweelingen zijn zeer algemeen, bijv. knietweelingen, en polysynthetische drie- en vierlingen die hartvormig of zelfs ringvormig kunnen zijn opgebouwd. De kleur is rood tot roodbruin, ook geelbruin, gelig, zwartig. Het komt massief voor, als korrels, als lange naalden ingesloten in o.a. bergkristal. Elkaar doorkruisende en een netwerk vormende gele naalden heten **sageniet**, dit is een combinatie van vertweelingen. Rutil is zeer algemeen als accessorisch mineraal in allerlei gesteenten; ook o.a. in pegmatieten, hydrothermale aders en holruimten.

Foto BR: vele prismatische kristallen van rutil met gemeenschappelijk eindvlak, als knietweeling uit paragneis; herkomst: Gorb, Binnental, Zw.; afm. kristal 2 x 2,5 mm.

Foto ML: rastervormige sageniet, met anataas en albiet; Halsensee, Binnental, Zw., grootste afm. 5 mm. Zie ook foto sideriet en sageniet, pag. 29, MR.



Rutilkristal (links), daarnaast resp. een rutiltweeling en twee rutildrielingen.

Spinel MgAl_2O_4 kubisch hh 8

Spinel komt voor in kleine kristallen die doorgaans idiomorf zijn en meestal octaëdrisch van vorm. Zeldzaam zijn de kubus en de rhombendodekaëder. Contactweelingen volgens de spinelwet zijn algemeen; hierbij is een octaëdervlak het vergroeiingsvlak. Grote kristallen zijn vaak afgerond en zien er "gesmolten" uit. Spinel komt in gesteenten verspreid voor, ook vormt het korrelige massa's; in het sediment zit het wel als rolsteentjes. Het mineraal is kleurloos, maar metaaloxiden geven er de kleur aan. Daardoor is er een hele reeks van variëteiten ontstaan, waarvan er verscheidene waarde als edelsteen hebben. Dit is de edelspinel, die ofwel rood kan zijn (door iets chroomoxide), ofwel blauw (door FeO), ofwel groen (door Fe_2O_3 en koperoxide). De rode variëteit lijkt veel op robijn, maar zijn kubische hoedanigheid maakt hem optisch isotroop (zwart tussen gekruiste nicols). 4- en 6-stralige sterspinellen danken hun asterisme aan ontmenging van ingesloten rutiel.

Niet tot de edelstenen behoren de zwarte **pleonast**, de donkergroene **hercyniet**, de bruinrode **galaxiet** en bruinglele **picotiet**.

Foto M: rode spinel (bevat iets Cr_2O_3); uit Mogok, Birma; afm. 5 mm.

Thorianiet ThO_2 kubisch hh 6

Thorianiet vormt, evenals uraniniet, kubussen en kubo-octaëders; ook wel doordringingstweelingen. Meestal komt het voor in pegmatieten en in de detritus uit pegmatieten; het wordt ook korrelvormig gevonden. De kleur is teerzwart, bruinzwart, donkergrijs. Vaak is het UO_2 -houdend; als dit gehalte hoog is is het sterk zonair.

Foto MR: kubusvormige kristallen van thorianiet; Madagascar; afm. grootste kristal 5 x 5 mm.

Uraniniet UO_2 kubisch hh 4 – 6

Kristallen zijn kubusvormig, soms ook wel octaëdrisch; kubo-octaëdrische combinaties komen eveneens voor. Meestal is het een niervormig of poederig aggregaat, het heet dan **pekblende**. Het is van zichzelf zwart tot groenig zwart, maar is gewoonlijk gedeeltelijk geoxideerd. Uraniniet is sterk radioactief. Het is erg zwaar: $D = 10,6$. In de oxidatiezone wordt het gemakkelijk omgezet naar secundaire uraanmineralen met felle kleuren: geel, oranje, rood, groen. Idiomorfe kristallen van uraanoxide worden uraniniet genoemd; deze komen voor in pegmatieten. Bij lage vormingstemperatuur daarentegen ontstaan de karakteristieke niervormig-druiventrosvormige, van buiten sterk glanzende aggregaten, ook kleine kogeltjes.

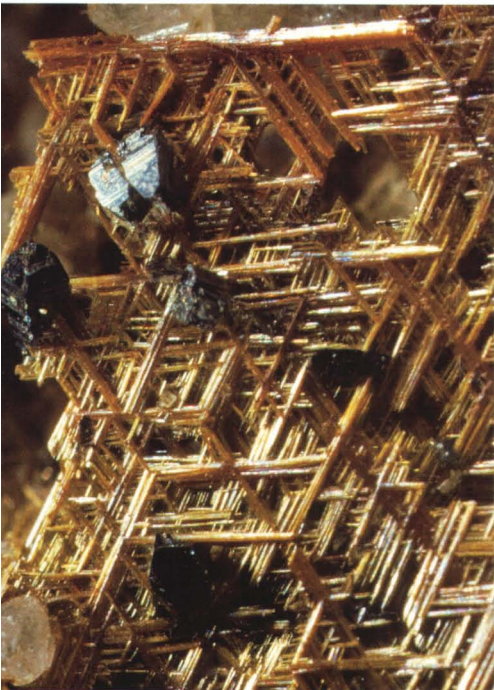
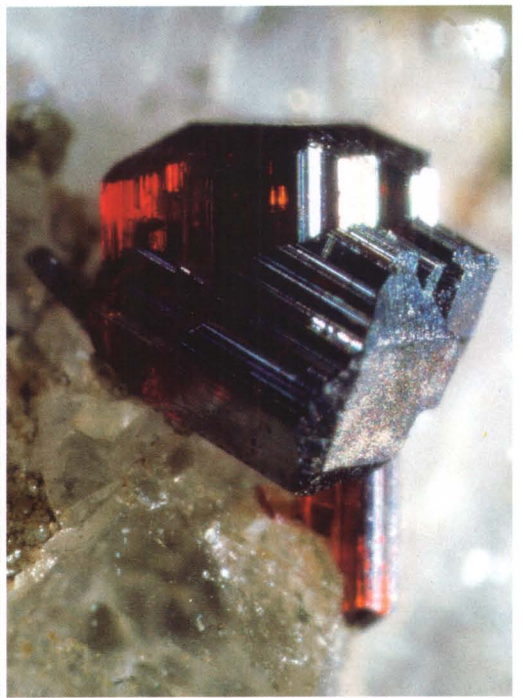
Foto OL: uraniniet, bolletjes op calciet; herkomst Predborice, Slowakije; afm. 11 mm.

Wolframiet $(\text{Fe},\text{Mn})\text{WO}_4$ monoklien hh 5 – 5,5

Wolframiet is een mengreeks, met als eindleden **ferberiet** (FeWO_4) en **hübneriet** (MnWO_4); de eindleden zijn echter zeldzaam. Meestal is wolframiet diktabulair of kortprismatisch; vaak vormt het groepen van subparallelle kristallen. Ook is het wel naaldvormig, radiaalstraalig, massief. Tweelingen zijn algemeen; verticale streping komt voor. De kleur is donkerbruin tot zwart, roodbruin. De streep is aan de hübnerietkant roodbruin, tegen diepbruin naar zwart bij ferberietrijke wolframiet.

Het mineraal komt voor in pegmatieten en verwante pneumatolitische afzettingen. Het is het belangrijkste wolframerts.

Foto OR: grote tabulaire wolframietkristallen, samen met gele apatiet en een muskovietblaadje. Herkomst: Panasqueira, Portugal; afm. 18 x 12 mm.



Klasse V.

CARBONATEN, BORATEN, NITRATEN

De elementen koolstof (symbool C), borium of boor (B) en stikstof (N), komen maar weinig in de aardkorst voor. Maar ze vormen met zuurstof (dat overvloedig voorkomt) de carbonaat-, diverse boraat-, en de nitraat-groepen die als bouwstenen van zo'n 350 mineralen fungeren. Omdat het leeuwendeel van de carbonaten, boraten en nitraten bestaat uit verbindingen met de lichte metalen aluminium, calcium, magnesium en natrium, zijn deze (de meeste) mineralen van klasse V zelf ook licht van gewicht en bovendien wit of licht van kleur. Daar komt bij dat, door de kristalbouw, de hardheid gering is, de splijtbaarheid vaak goed, en de oplosbaarheid (in zeer heet water) net als bij de halogeniden over het algemeen groot. Eigenschappen als dichtheid en oplosbaarheid worden anders bij carbonaten en boraten van de zware of zwaardere metalen: koper, zink, lood, barium, nikkel, en de zeldzame aardmetalen. Bovendien geven deze metalen alsnog kleur aan klasse V.

Er zijn ruim 200 carbonaatmineralen. Er komen mooie kleuren kijken als de daarvoor verantwoordelijke metalen (en andere "chromogene" bouwstenen van kristallen) in de carbonaten aan bod komen. Van chroom zelf hebben we het paarse Stichtiet en Barbertoniet, nikkel vormt het gifgroene Gaspeiet, Zaratiet en het lichter gekleurde Glaucosphaeriet. In dit laatste carbonaat zit ook kobalt, dat bovendien het verwante maar rozerode Sphaerocobaltiet vormt. Rhodochrosiet is het bekende en geliefde mangaan-carbonaat dat een andere teint roze tot rozerood vertoont. Gele en groenige teinten vinden we in de zeldzame bismutcarbonaten Beyeriet en Bismutiet. Koper geeft kleur aan Azuriet, Callaghaniet, Malachiet, Aurichalciet en Rosasiet. Zink tenslotte doet mee in de laatste twee blauwe kopermineralen, in Hydrozinkiet (wit) en Minrecordiet (crème, groenig). Smithsoniet is het zinkcarbonaat dat zowel in kristallen als in afgeronde aggregaten en mengsels allerlei pasteltinten kan hebben.

Aluminium en natrium. Soda is een natriumcarbonaat dat je in het keukenkastje kunt vinden. Het lost zeer goed op in water en dient dan als alkalisch en vrij agressief schoonmaakmiddel. Het mineraal Soda wordt gevonden aan de oevers van alkalische zout- en soda-meren waar het ontstaat door verregaande verdamping van het water. Twee zusjes van Soda, Nahcoliet en Trona, zijn natriumcarbonaten met mildere eigenschappen. De plaatselijke (Centraal-Afrikaanse) bevolking gebruikt deze mineralen als toevoeging bij het klaarmaken van bonen: de bonen worden er bij het koken sneller zacht en eetbaar door en bovendien meteen gezouten. Op de markten in bijv. Tanzania kun je dan ook Nahcoliet of Trona kopen, al kent de verkoper het spul niet onder deze namen. Dawsoniet is een natrium-aluminiumcarbonaat dat soms zijde-achtige, platte kristalbosjes vormt in gesteentespleten. Het is zeldzaam, zeker niet eetbaar, dient ook verder nergens toe, behalve voor de verzamelaar van carbonaten dan. Aluminium vormt samen met lood Dundasiet en met magnesium Hydrotalciet.

Magnesium als Dolomiet. De magnesiumcarbonaten Dypingiet en het mooie Artiniet zijn zeldzaam, evenals het fel paarse magnesium-chroomcarbonaat Stichtiet. Magnesiet is een eenvoudig en veel minder zeldzaam mineraal, maar heel algemeen is het calcium-magnesiumcarbonaat Dolomiet. Met Dolomiet en het ijzerhoudende Ankeriet zijn we ook bij de calciumcarbonaten aangekomen.

Een sleutelrol voor calcium. Kalk, kalksteen, kalkzandsteen, dolomiet, marmer en carbonatieten zijn gesteenten die voor een groot deel of vrijwel geheel uit de carbonaten Calciet of Dolomiet bestaan. De mineralen Dolomiet, Ankeriet (en Sideriet) vormen niet alleen die grote gesteentepakketten, maar ook verzamelaardige kristallen. Calciet spant echter de kroon met zijn vele kristal- en verschijningsvormen. Het komt niet alleen in kalkstenen voor, maar ook in vele andere milieus, vaak ook in combinatie met allerlei andere mineralen. Er zijn specialisten die uitsluitend Calciet verzamelen en daarmee hele kamers kunnen vullen met de prachtigste stukken. Calciumcarbonaat staat op de wip tussen twee belangrijke mineraal-groepen: enerzijds kristalliseert het als Calciet, anderzijds, afhankelijk van het milieu, als Aragoniet. En ook Aragoniet kent vele verschillende, interessante en mooie verschijningsvormen! Tot de aragonietgroep behoren Strontianiet en de drie bariumcarbonaten Alstoniet, Barytocalciet en Witheriet. Lood is te vinden in het belangrijke loodcarbonaat Cerussiet.

De mineralen van de kleurenfoto's

Ankeriet $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$ trigonaal hh 3,5 - 4
De kristalvorm van ankeriet is meestal de rhomboëder, veelal met gekromde vlakken en parkettering. Ook zijn er zadelvormige aggregaten, grof- tot fijnkorrelig, lensvormig, als korrels of massief. De kleur is grijs, geelbruin tot bruin.
Behalve Fe zit er naast Ca ook Mg en Mn in het kristalrooster.

Foto BL: gekromde kristallen van ankeriet op kwarts; Trebka, Joegoslavië; beeldhoogte 15 mm.

Aragoniet CaCO_3 orthorhombisch hh 3,5 - 4
Aragoniet heeft dezelfde chemische samenstelling als calciet, maar behoort kristallografisch tot een andere klasse. Er zijn veel kristalvormen. Vaak overheerst de prismatische vorm, met een beetvormige eindbegrenzing. Hierbij komen veel tweeling- of drielingvormen voor; ook polysynthetische (lamellaire) veelingen. Verder zijn er vaak radiaalstralige aggregaten met naald- of latvormige individuen, of bossen met parallelle vezels; ook bollen, knollen, stalactieten, gelaagde overkorstingen en koraalvormige, onregelmatige structuren. Aragoniet vormt de parelmoerlaag van schelpen en parels. Het is niet stabiel in de atmosfeer: veel calciet in fossielen was bij het leven van het organisme aragoniet!
De kleur is kleurloos, wit, geel- en roodachtig, soms groen, blauw, grijs. In UV-licht soms roze fluorescentie.

Foto BR: aragonietdrieling; Molina de Aragon, Spanje; afm. 41 mm.

Aurichalciet $(\text{Zn,Cu})_5(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_3$ orthorhombisch hh 2
Dit opvallende mineraal vormt meestal rozetten van dunne blaadjes of naaldjes; ook overkorstingen. Vaak komt het op limoniet voor. Het is een secundair mineraal in de oxidatiezone van zink- en kopersulfiden. De kleur is groenblauw tot hemelsblauw.

Foto MR: aurichalciet, radiaalstralig, met kleurloze hemimorfiet; Campiglia-Marittima, Toscane, It.; afm. ca. 15 mm.

Azuriet $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ monoklien hh 3,5 - 4
Dit is een aantrekkelijk blauw mineraal, dat in diverse vormen voorkomt: kort- of langprismatisch, als dikke plaatjes; in aggregaten: bolvormig, nier- of trosvormig, radiaalstralig; als oppervlaktelaag; massief; als impregnatie; als pseudomorfose. Vaak vind je het samen met of omzettend naar malachiet. De kristallen zijn vlakkenrijk. Azuriet is een secundair mineraal op koperertsen die ontstaan zijn onder invloed van grond- en regenwater. Er zijn vele vindplaatsen.

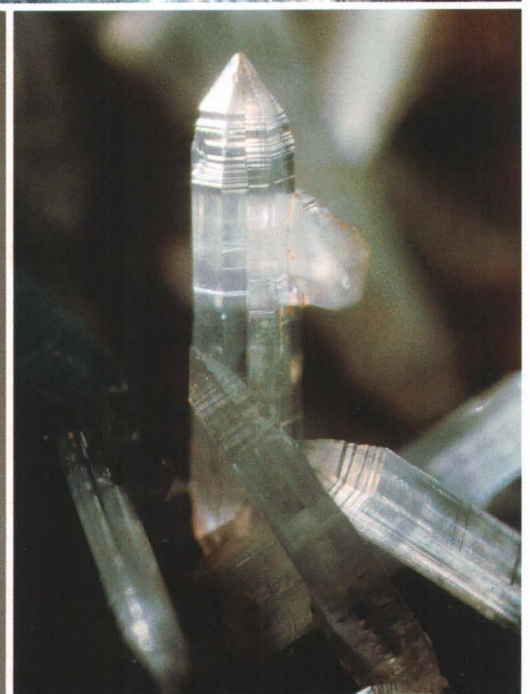
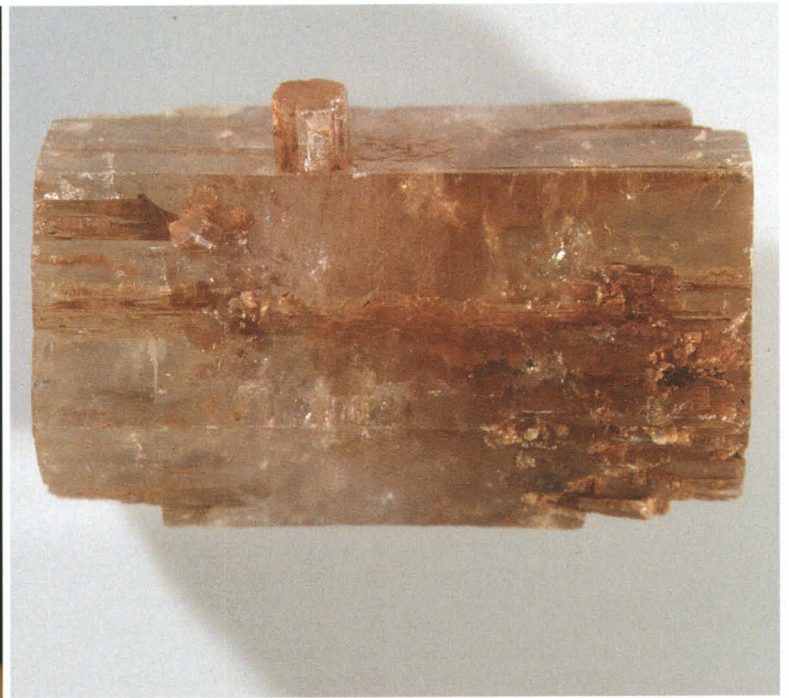
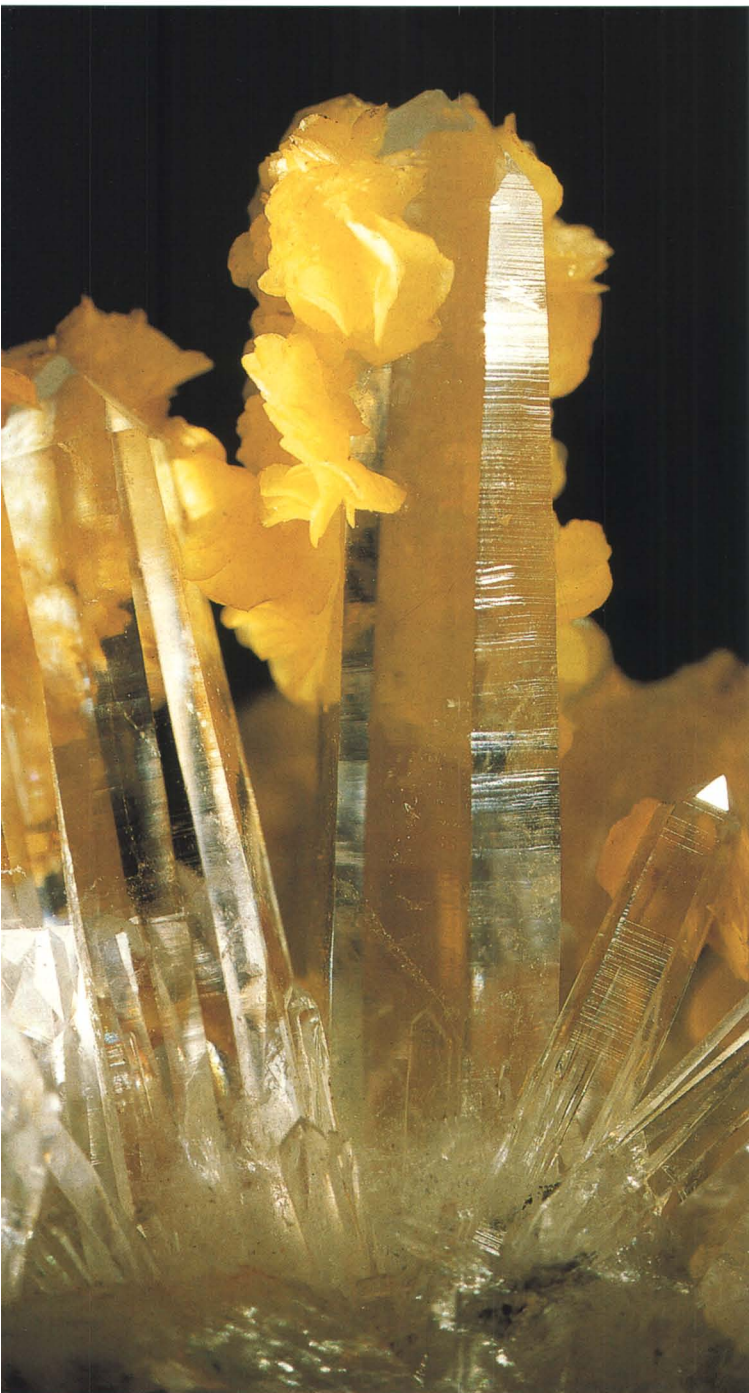
Foto OL: azuriet, prismatisch, met piramidale eindbegrenzing, idiomorf. Met rozetjes groene malachiet en bruine limoniet; Bisbee, Arizona, USA; afm. 4 mm.

Bastnäsiet $(\text{Ce,Lu})(\text{CO}_3)_2\text{F}$ hexagonaal hh 4 - 4,5
Bastnäsiet komt vaak voor als massieve en korrelige aggregaten; ook wel in plaatvormige kristallen. De kleur is bruingeel tot roodbruin, glasglans. Het mineraal is vrij zeldzaam. Het bevat cerium en is daarvoor een belangrijk erts. Bij bastnäsiet-Y is de Ce vervangen door yttrium.

Foto OM: bastnäsiet-Ce; Trimouns, Luzenac, Ariège, Z-Frankrijk; afm. 7 mm.

Cerussiet PbCO_3 orthorhombisch hh 3 - 3,5
Cerussiet komt in veel verschillende vormen voor. Vrijstaande kristallen van dit loodcarbonaat zijn vlakkenrijk. Ze zijn prismatisch (naaldvormig, stengelig), maar ook wel dikke plaatjes of platte lamellen. Doorgaans vormt cerussiet twee- of drielingen. In aggregaatvorm komt het voor in bosjes of is het stengelig, korrelig, massief. Het is loodzwaar: $D = 6,4$. De kleur is kleurloos, wit, grijs, geel, zwart (door galenietdeeltjes). In UV-licht fluoresceert het blauwgroen of geel.

Foto OR: witte, prismatische cerussiet met gestreepte, piramidale top; Zlate Hory, Tsjechië; afm. 5 mm.



De mineralen van de kleurenfoto's

Calciet $\text{Ca}(\text{CO}_3)$ trigonaal hh 3

Vroeger werd dit zeer algemene mineraal kalkspaat genoemd ("spaat" slaat op "splijten" en wel op de goede splijtbaarheid – zoals dat ook geldt voor zwaarspaat (bariet) en veldspaat). Behalve als ruitvormige rhomben komt calciet in talloze andere vormen voor: samen in 600 vormen en 2000 combinaties, en dat nog vaak in goed gevormde kristallen. Ook is het rijk aan tweelingen en andere veelingen (o.a. polysynthetische, lamellaire veelingen) en aan aggregaatvormen: parallelvezelig, stalactitisch, poederig. De kleur kan kleurloos, wit, geel, bruin, roodachtig, blauwig, tot zwart zijn. Maar er is één simpele eigenschap die alle calciet gemeen heeft en die het onderscheidt van andere mineralen: *het bruist met koud, verdund zoutzuur*. De andere carbonaatmineralen bruisen doorgaans ook wel, maar niet zo gemakkelijk als calciet, en niet met *koud* zoutzuur.

Calciet is een belangrijk gesteentevormend mineraal: kalksteen, marmer, travertijn. Ook grotvormingen: stalactieten en stalagmieten bestaan uit calciet en zo is er meer. Fossielen bestaan vaak uit calciet (van nature of omgezet uit aragoniet, de carbonaatvorm waaruit de meeste schaaldieren hun skelet opbouwen). Er zijn pseudomorfofen naar veel andere mineralen. Er bestaan veel calcietvariëteiten door insluiting van andere elementen dan calcium in het kristalrooster: Fe, Mg, Mn, Ba, Sr bijvoorbeeld. Calciet fluoresceert onder UV-licht, speciaal als er mangaan of zeldzame-aard-elementen zijn opgenomen.

Ontelbaar zijn de toepassingen van calciet. Hier wordt alleen IJslandspaat of dubbelspaat genoemd; deze vertoont door zijn helderheid zeer duidelijk de sterke dubbelbreking, waardoor een tekst door het kristal heen tweemaal leesbaar verschijnt.

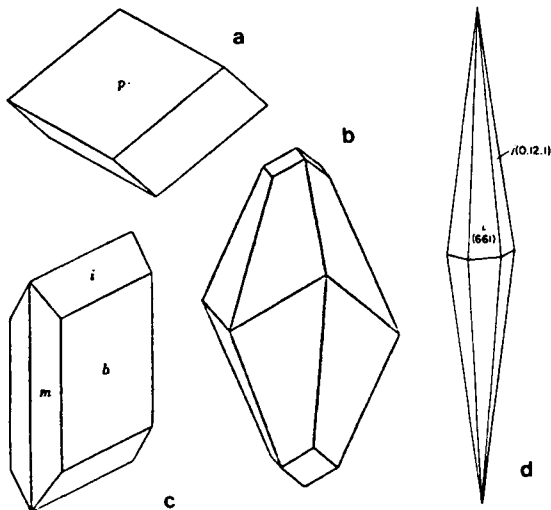
Foto BL: calciet op gedegen koper; Copper Queen Mine, Bisbee, Arizona, USA; de kristalgroep meet 8 mm.

Foto BR: "spijkerkop-calciet": prismatische kristallen met drie kopvlakken, gekleurd door ijzeroxide. Beckermert Mine, Egremont, Cumberland, GB; afm. grootste kristal 7,5 mm.

Foto ML: calciet, skalenoëders. Ginevro, Elba; hoogte 15 mm.

Dolomiet $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ trigonaal hh 3,5 – 4

De kristalvorm van dolomiet is meestal de rhomboëder. Vaak zijn de kristallen gekromd. In aggregaten komt het vaak zadelvormig voor, als grof- of fijnkorrelige massa's, plaatvormig, als suikerkorrels.



Enkele kristalvormen, algemeen bij carbonaten.
a. rhomboëder, en b. skalenoëder, beide trigonaal;
c. prisma, en d. bipiramide, beide orthorhombisch.

Ook bij dolomiet zijn tweelingen en lamellaire veelingen algemeen. Dolomiet is gesteentevormend; het gesteente ontstaat onder meer metamorf uit kalksteen. De kleur is kleurloos of wit, door verontreinigingen grijs, gelig, bruin, roze. Het is van calciet te onderscheiden doordat het niet bruist met koud, verdund zoutzuur, maar wel met verwarmd en geconcentreerd.

Foto M: doordringingstweeling van dolomiet, rhomdoëdrisch en helder; Lengenbach, Binntal, Zwitserland; afm. 14 x 15 mm.

Fosgeniet $\text{Pb}_2\text{CO}_3\text{Cl}_2$ tetragonaal hh 3

Fosgeniet vormt vlakkenrijke, kort- of langprismatische kristallen, is dik plaatvormig of piramidaal. Ook massief of korrelig. De kleur is wit, grijs tot geel. Het is een secundair mineraal uit de oxidatiezone van loodafzettingen, waar het ontstaat uit galeniet.

Foto MR: heldere fosgeniet als slakkenmineraal; Baratti, Toscane, Italië; afm. 7 mm.

Magnesiet MgCO_3 trigonaal hh 4 – 4,5

Magnesiet kan als rhomboëdrische kristallen voorkomen, maar meestal bestaat het uit plaatvormige, korrelige, stengelige, nier- of knolvormige aggregaten. De duidelijke splijting verloopt evenwijdig aan de rhomboëdervlakken. Het mineraal kan kleurloos zijn, wit, geel, bruin of bijna zwart. De kleur wordt veroorzaakt door invoeging in het kristalrooster van Fe, Mn of Ca.

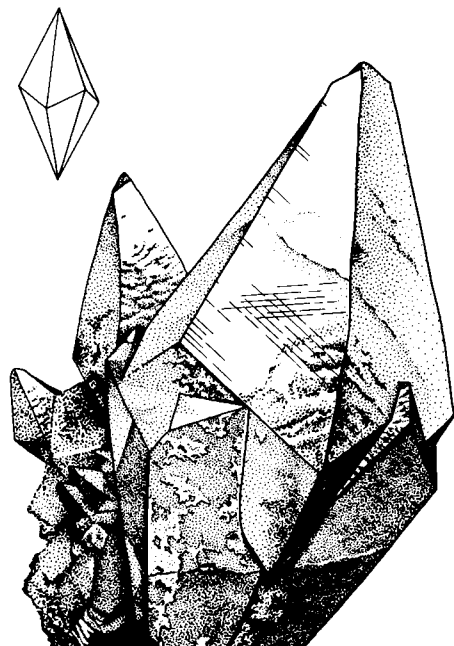
Foto OL: magnesiet als rhomboëders; Kransnek bij Windhoek, Namibië; afm. 40 mm.

Malachiet $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ monoklien hh 3 – 3,5

Malachiet vormt vooral dunne, naaldvormige, prismatische kristallen, die in bosjes gegroepeerd zijn. Ook komt het voor in massieve aggregaten, nier- of trosvormig, als stalactieten, als huidjes, aardachtige korsten, agaachtig gelaagd. Het kan pseudomorf zijn naar andere kopermineralen, zoals cupriet en azuriet. Het smaragdgroene tot lichtgroene mineraal is zeer algemeen; het ontstaat, evenals azuriet, in de oxidatiezone van kopermineralen. Massieve malachiet is zeer gewild als siersteen, het is gemakkelijk te bewerken.

Foto OM: malachietnaalden in een gesteentespleet; Lavrion, Gr.; afm. 4 mm.

Foto OR: massieve, compacte malachiet met niervormige en gelaagde opbouw; geslepen als siersteen.



Skalenoëder van calciet. Tekening Jan Schilthuizen.



BORATEN

Een minder bekende groep van het mineraalrijk vormen de boraten. Toch zijn er zo'n 120 bekend.

Er zijn twee ontstaanswijzen: 1. secundaire boraatafzettingen; 2. vorming in metamorfe (skarn)gesteenten.

Secundaire boraten kunnen via vulkanische activiteit zijn ontstaan, maar ook zijn geconcentreerd in heet en verdampend boraat-houdend water van extreem zoute en droge gebieden van onze aarde. Vele van de in zout- en boraatafzettingen gevormde boraten lijken op elkaar, vooral als het zachte, kleurloze of witte massa's zijn. Vormen ze echter kristallen of min of meer herkenbare aggregaten, dan ligt er wel degelijk een verzamelgebied braak.

In **metamorfe (skarn)gesteenten** komen boraten in slechts kleine hoeveelheden voor. Ze zijn meestal donkerder, minder oplosbaar en gevarieerder van uiterlijk dan de secundaire boraten. Overigens behoren de silicaatmineralen met een boraatgroep, zoals toermalijn, danburiet, axiniet, datoliet, tot de *silicaten* en niet tot de boraten!

Sassolien (boorzuur, $B(OH)_3$ of H_3BO_3) is het eenvoudigste boraat. Het is identiek aan het boorzuur van de apotheker, vroeger wel gebruikt als desinfectans voor huid, ooglen, cosmetica en farmaceutische producten. In de hete bronnen van Sasso, Toscane (Italië) werd het het eerst gevonden als beige, zijdeglanzende en vettig aanvoelende plaatjes. Ook nu nog levert de vulkanische activiteit in Toscane warmte en boraten op.

De natriumboraten. De mineralen Borax, Kerniet, Tincalconiet, Metaboriet, Larderelliet, Ulexiet zijn ontstaan in de boraatafzettingen van Californië, Italië, China, Egypte, Kazachstan, Turkije, Argentinië. Sommige ervan dienen ook heden ten dage als belangrijk boriumerts. Ulexiet vertoont, geprepareerd als "TV-steen", op natuurlijke basis enkele van de eigenaardige eigenschappen van vezeloptieken. Borax kan grote maar moeilijk te conserveren kristallen vormen. Het gezuiverde mineraal wordt of werd gebruikt in de befaamde boraxparel-test.

De calciumboraten. Colemaniet, vaak in prachtige kristalgroepen, is genoemd naar W.T. Coleman, de stichter van de Californische boraatindustrie. Priceiet (vroeger Pandermiet geheten), Meyerhoffriet, Inyoiet, Probertiet, Hydroboraciet en Inderboriet zijn bekende calciumboraten van de typische boraatafzettingen.

Weer andere calciumboraten, zoals Calciboriet en Uralboriet komen echter voornamelijk voor in skarngesteenten. Gaufroyiet bevat ook mangaan en een carbonaatgroep.

De magnesiumboraten. Boraciet, meestal in fraaie kristalletjes, Kaliboriet, Inderiet, Kurnakoviet en een tiental andere magnesiumboraten vindt men in zoutafzettingen als Stassfurt, Inder (USSR), Californië.

In metamorfe gesteenten zoals skarnen komen een aantal zeer stabiele, onoplosbare en donkergekleurde magnesiumboraten voor, zoals Warwickiet, Ludwigiet, Fluoboriet, Vonseniet, Pinakoliet.

Buitenbeentjes. Eveneens uit metamorfe gesteenten afkomstig zijn enkele beryliumboraten, zoals Hambergiet, Berboriet (what's in a name?). Aluminiumboraten zijn de edelsteen Sinhaliet en het ook uit de Eifel bekende Jeremejewiet. Een zevental mangaanboraten en zelfs een tin- en een tantaalboraat completeren dit geheel. Weer wel uit zoutige milieus stammen een aantal strontiumboraten en twee koperboraten.

NITRATEN

Op de hooggelegen pampa's in Chili vinden we over zo'n 700 km lengte de met nitraat geïmpregneerde afzettingen die *caliche* genoemd worden. Waarvan precies al die stikstof voor de nitraten afkomstig is, is niet duidelijk. Biogene processen (waarschijnlijk), vulkanische activiteit of elektrische ontladingen (!?) zouden de twee meter dikke pakketten hebben doen ontstaan. Het Chileense natriumnitrat (Nitratiet of Nitronatriet, Chilisalpeter, Natronsalpeter: $NaNO_3$) bevat af en toe jodaten en chromaten. Veel zeldzamer dan Nitratiet zijn Niter (Kalisalpeter) en de acht andere nitraten. Het nog veel zeldzamer stel jodaten komt eveneens voornamelijk in Chili voor.

De mineralen van de kleurenfoto's:

Rhodochrosiet $MnCO_3$ trigonaal hh 4 - 4,5
De rhomboëdrische kristallen zijn meestal klein en vaak gekromd; ook skalenoeëders komen voor. Vaak zijn ze gegroepeerd in radiaal-stralige aggregaten, trosvormig, als gelaagde korsten, compact. Rhodochrosiet wordt vanwege de mooie frambooskleur graag als siervoorwerp geslepen.

Foto BL: plaat van geslepen, stalagtitische rhodochrosiet; Capillitas, Argentinië; afm. 8,8 cm.

Rosasiët $(Cu,Zn)_2CO_3(OH)_2$ monoklien hh 4
Rosasiët is meestal vezelig, het vormt radiaalstralige aggregaten (kleine bolletjes, als druiventrossen) of korsten. De kleur is groenblauw tot lichtblauw. Het mineraal is isomorf met malachiet: in het kristalrooster zit behalve koper ook zink.

Foto BR: blauwgoene bolletjes van rosasiët met kleurloze hemimorfiet; Roughton Gill Mine, Caldbeck Fells, Lake District, GB; hoogte 6 mm. Zie ook glaucokeriniet, pag. 31, OR.

Smithsoniet $ZnCO_3$ trigonaal hh 5

Als smithsoniet kristallen vormt zijn deze klein en rhomboëdrisch of skalenoeëdrisch. Vaak afgeronde "rijstkorrel"-kristallen. Meestal bestaat het mineraal uit compacte aggregaten, korsten met nier- of trosvormig oppervlak, stalactieten, chalcidoonachtige lagen. In zuivere vorm is het kleurloos of wit. Door vervanging van zink door Mn, Fe, Ca of Mg kan de kleur groen, gelig, bruin, grijs, blauw, roze zijn. Er is soms sterke fluorescentie onder UV-licht. Het ontstaat bij ververing van sfaleriet.

Foto ML: bleekgroene smithsoniet-rozetten op lichtbruine dolomiet; Creede, Colorado, USA; afm. 6,5 mm.

Sideriet $FeCO_3$ trigonaal hh 4 - 4,5

Sideriet komt meestal als rhomboëders voor, deze zijn dan vaak geparketteerd of/en gekromd. Eerder vormt het grof- tot fijnkristallijne aggregaten, is het platig, radiaalstralig, bol- en niervormig, compact. Het is meestal bruin, geelwit, groeniggeel, grijs, geelbruin, bij ingesloten kool zwart. Vaak pseudomorfose van limoniet naar sideriet of van sideriet naar andere mineralen (zie foto cassiteriet en sideriet, pag. 17, MR).

Foto MR: sideriet en rutiel (var. sageniet) met regelmatige vergroeiing van sageniet op okerkleurige sideriet. Herkomst: Gischtletsjer, Zwitserland; afm. 18 mm.

Sphaerocobaltiet $CoCO_3$ trigonaal hh 4

Dit zeldzame mineraal vormt radiaalstralige bolletjes met kleine rhomboëders aan het oppervlak. Het is zwart aan de verweerde buitenkant; binnenin is het roodachtig. Ook komt het voor als rozende "rijstkorrelachtige" skalenoeëders.

Foto OL: sphaerocobaltiet, rhythmisch vergroeid met smithsoniet. Herkomst: Kamariza bij Lavrion, Griekenland; afm. 9 mm.

Strontianiet $SrCO_3$ orthorhombisch hh 3,5

Vaak bestaat strontianiet uit bundels naaldvormige, vezelige of stengelige kristallen en met elkaar vergroeide aggregaten; ook zijn er massieve aggregaten. Het is kleurloos, wit, grijs, gelig of groenig.

Foto OM: speelvormige kristallen op fluoriet. Herkomst: Minerva Mine, Cave-in-Rock, Illinois, USA. Afm.: de strontianietgroep is 11 mm lang.

Colemaniet $Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$ monoklien hh 4 - 4,5

Dit boraat-mineraal vormt mooie, kortprismatische kristallen met vele vlakken. Het is waterhelder en heeft een hoge glasglans. De kleur is bijna kleurloos tot wit, gelig wit, grijs.

Foto OR (boven): groep colemaniet-kristallen; herkomst: The Big Pit, Bolon, Californië, USA; afm. 8 mm.

Ulexiet $NaCaB_5O_6(OH)_6 \cdot 5H_2O$ triklien hh 1

Stralige aggregaten van zeer fijne, witte vezeltjes en op watten lijkende bollen. Geliefd als verzamelstuk omdat het licht via de vezels lijkt te worden geprojecteerd: daarom ook televisie-steen genoemd.

Foto OR (onder): TV-steen. Herkomst: Californië, USA; afm. 28 mm. De dikte van het dwars op de vezelrichting onder en boven aangeslepen handstuk is ca. 15 mm, het Gea-logo ligt eronder.



Klasse VI. SULFATEN, CHROMATEN, MOLYBDATEN, WOLFRAMATEN

Waar zuurstof kan inwerken op sulfidehoudende gesteenten en mineralen, ontstaan vaak sulfaten. Dit oxidatieproces speelt zich af aan de oppervlakte van de aardkorst in wel zeer verschillende milieus. In de loop der tijd hebben zich zoutachtige sulfaatmineralen gevormd in meren en zeeën en daar soms dikke pakketten afgezet tussen andere zouten van de klasse der halogeniden. Op het land in woestijnachtige gebieden, alsmede door vulkanische activiteit, vormen zich sulfaten. Door verwerking van ijzer-, koper-, lood- en zinkertsafzettingen ontstaan, in de "ijzeren hoed" van die afzettingen, de overeenkomstige sulfaten. In sedimenten: kalken en zanden, vormen zich, al of niet geholpen door zwaveloxiderende bacteriën, de concreties en zandrozen van Gips en Bariet. Ook in de zogenaamde slakkenmineralen, die recent gevormd werden in oude mijngangen en op erts- (afval-) hopen, zijn de sulfaten ruim vertegenwoordigd.

Eigenaardigheden

Het sulfaat is een groot anion en vormt stabiele kristalroosters met grote metaal-ionen zoals barium, strontium en lood. Ook met kleinere metaal-ionen worden wel stabiele kristallen verkregen, maar pas bij gelijktijdige inbouw van (kristal)water of hydroxyl, fosfaat, arsenaat, carbonaat of chloride. Over het algemeen is de hardheid van de sulfaten laag (kleiner dan 3) en de dubbelbreking van de kristallen zeer laag. Veel van de waterhoudende sulfaten zijn min of meer oplosbaar in water en kunnen diens gevolge slechts in aride (droge) milieus bestaan. Anderzijds verliezen ze in de natuur en in verzamelingen spontaan een gedeelte van het oorspronkelijk gebonden kristalwater. De ijzer-, koper-, en zinksulfaten hebben een eigen kleur: meestal geel, groen of blauw. De "zoutachtige" sulfaten zijn kleurloos, wit of flets. Maar soms, door verontreiniging en insluitsels van bijvoorbeeld ijzeroxiden, tonen ze een aantrekkelijk rood.

Licht en zwaar

Er zijn ruim 200 sulfaatmineralen. Men zou ze kunnen indelen in enerzijds de licht wegende en kleurloze of zwak gekleurde "zoutachtige" sulfaten van lichte metalen als natrium, kalium, ammonium, calcium, magnesium en aluminium en anderzijds de al genoemde zwaardere en meestal fel gekleurde sulfaten van de metalen ijzer, zink, koper en lood. Een derde groep zou kunnen bestaan uit zware maar lichtgekleurde sulfaten van bijvoorbeeld barium en strontium. De meeste leerboeken echter, hanteren de al van de carbonaten bekende indeling in watervrije, kristalwater houdende en al of niet extra anionen bevattende structuren.

De mineralen van de kleurenfoto's

Anhydriet CaSO_4 orthorhombisch hh 3 – 3,5
Anhydriet heeft dezelfde chemische samenstelling als gips, maar bevat geen water. De zuilvormige enkelkristallen zijn zeldzaam. Meestal vormt het vezelige aggregaten of is het massief of korrelig. In hydrothermale aders is het ook wel plaatvormig. Meestal komt het echter in zoutafzettingen voor, samen met gips. Omzetting in gips is mogelijk door opname van water. Anhydriet is van gips te onderscheiden door zijn hogere hardheid (gips heeft hh 2), en van kalksteen, dat weliswaar ook hardheid 3 heeft, maar dat bruist met zoutzuur.

Foto BL: vezelige, lichtblauwe anhydriet; Naica, Chihuahua, Mexico; afm. 8,5 cm.

Bariet BaSO_4 orthorhombisch hh 3 – 3,5
Bariet wordt, vanwege zijn hoge soortelijke massa: 4,5, ook wel zwaarspaat genoemd. Het kristalliseert uit in vele vormen, wel 200. Tabulaire en prismatische vormen (met kenmerkende beitelvormige topvlakken) zijn algemeen. Aggregaten vertonen vaak parallelgroei. Verder is bariet massief, vormt het rozetten, platen, lagen, is het radiaalstralig niervormig of juist concentrisch gelaagd. De kleur is wit, gelig, roze, bruin, lichtblauw, kleurloos. Veelal wordt bariet gevormd bij hydrothermaal afgezette mineralen zoals sulfiden en fluoriet. Bekend zijn de barietrozen; dit zijn sedimentaire evaporieten (door verdamping van een waterige oplossing ontstaan), waarbij de vergroeiing parallel of als waaiers is uitgevoerd.

Foto BM: heldere, prismatisch-piramidale bariet, met parallelgroei; Grube Clara, Oberwolfach, Schwarzwald, BRD; hoogte 30 mm.

Celestien SrSO_4 orthorhombisch hh 3 – 3,5
Van dit strontiummineraal zijn voorkomens met mooie, vlakkenrijke en grote kristallen bekend, maar meestal zijn de prismatische of plaatvormige kristallen maar klein. Aggregaten zijn vezelig, bladerig, bolvormig, korrelig. Het is kleurloos, wit, gelig of blauwachtig. Er is een bekend Nederlands voorkomen bij Winterswijk, maar er zijn wereldwijd veel plaatsen. Celestien is belangrijk als strontiumproduct (het levert o.a. de kleurstof voor rood vuurwerk).

Foto BR: celestien op calcië; Winterswijk; afm. 14 mm.

Cyanotrichiet, $\text{Cu}_4\text{Al}_2(\text{SO}_4)(\text{OH})_{12} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, orthorhombisch
Aantrekkelijk, helaas zeldzaam mineraal met uiterst dunne vezels of naaldjes in radiaalstralige, pluizige bossen of bollen, helder hemelsblauw. Het komt als secundair mineraal voor in de oxidatiezone van koperafzettingen. Een begeleider is vaak **Brochantiet**: $\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$, monoklien. Dit pseudo-orthorhombische, smaragdgroene mineraal wordt gemakkelijk voor malachiet aangezien, maar het bruist niet in zoutzuur. Het is evenals malachiet naaldvormig, parallelstralig, vezelig, niervormig, en ook overkorstingen zijn mogelijk.

Foto ML: cyanotrichiet (blauwe bolletjes) en brochantiet (groene naalden); Baccu Locci, Sardinië; afm. 5 mm.

Ettringiet, $\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 24\text{H}_2\text{O}$, hexag., hh 2 – 2,5
Zeskantige, dipiramidale kristallen, plat maar ook wel prismatisch. Ook als zeer fijne naalden of vezels met zijdegans, in holten, bv. in de bazalt van de Ettringer Bellerberg en op de fonoliet van de Schellkopf bij Brenk, in de Eifel. Ook bekend van vulkanische voorkomens elders in de wereld.

Foto MR: ettringiet in dikprismatische habitus met platte eindbegrenzing, karakteristiek voor de vindplaats. De zijdeglanzende naald is waarschijnlijk ook ettringiet. Schellkopf bij Brenk, Eifel, BRD; afm. 27 mm.

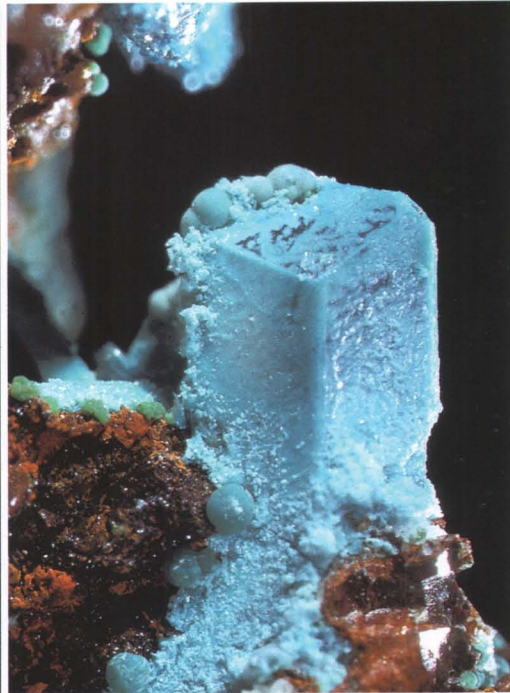
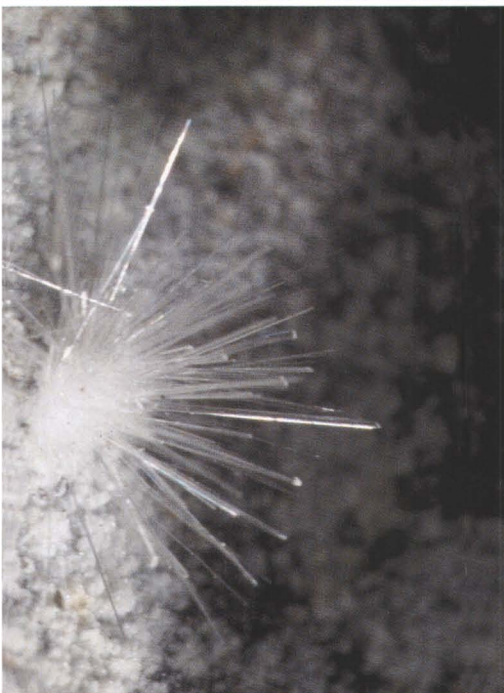
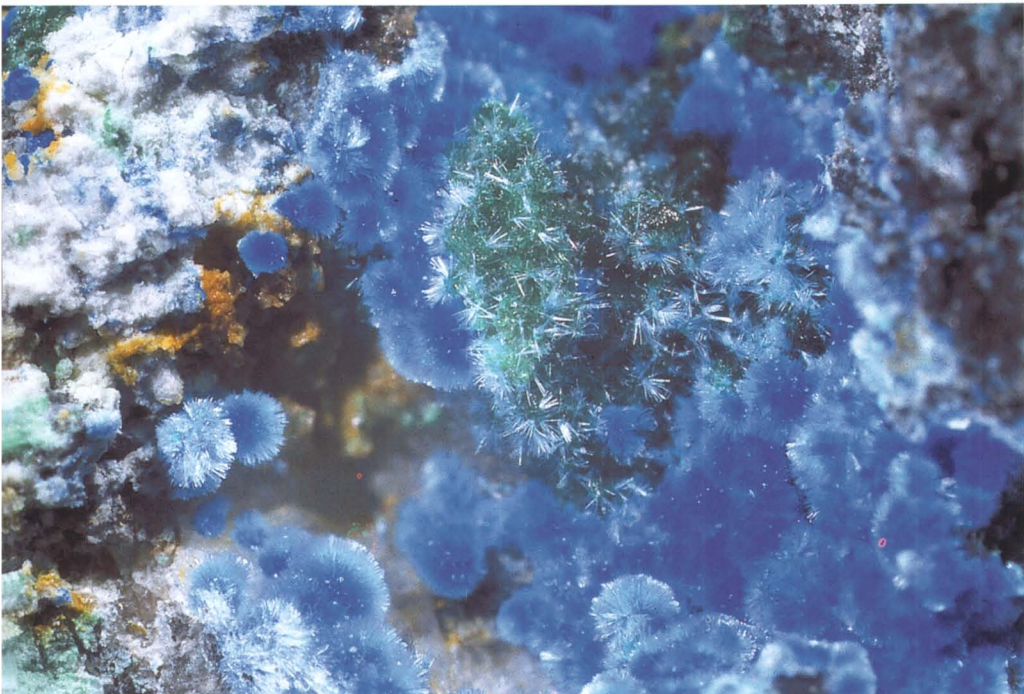
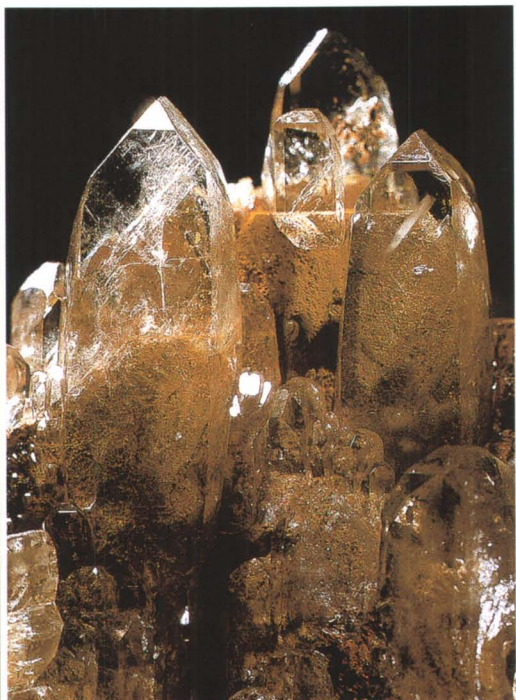
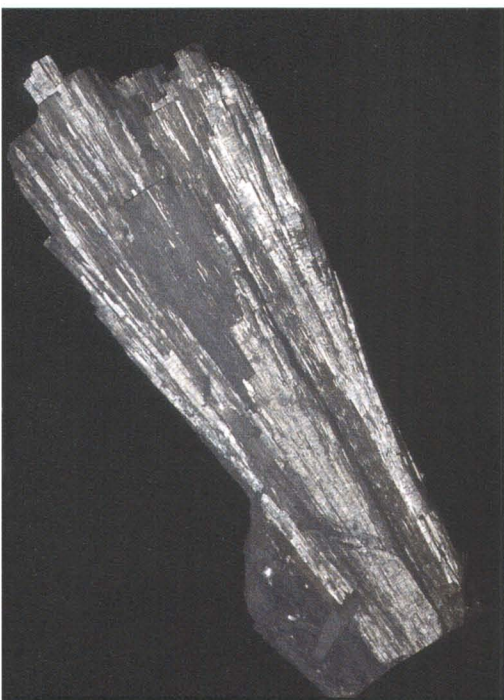
Gips $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ monoklien hh 1,5 – 2
Kleurloze en doorzichtige gips wordt ook **seleniet** genoemd. Dit zeer algemene mineraal wordt aan het aardoppervlak in vele milieus gevormd en komt in vele gedaanten voor. De kristallen zijn vaak goed ontwikkeld: prismatisch, plaatvormig, door gekromde vlakken lensvormig, vlakkenrijk, met duidelijke streping; ze zijn soms decimetergroot. Vertweeling is algemeen. Bekend zijn de zg. zwaluwstaarten: contactweelingen of -vierlingen met inspringende hoek(en) en rechte prismaribben. Bij Montmartre-tweelingen zijn deze ribben hart- of lensvormig gebogen. Bekende aggregaatvormen zijn vezelgips en het compacte **albast**; verder zijn er stralige rozetten, platen, korsten, enz. Gips is kleurloos tot wit, maar kan verontreinigd gele, grijze, rode en bruine tinten vertonen. De geringe hardheid is te bepalen door het mineraal met een vingernagel te krassen. Het is een evaporietmineraal: het slaat neer bij verdamping van zeewater, vaak in massieve pakketten; maar het slaat ook neer in droge gebieden door verdamping van grondwater (woestijnrozen, vergelijk bariet). Waar zwavel vrijkomt door oxidatie van pyrietvoorkomens en andere verwerende ertsafzettingen en ertsslakken, en waar vulkanische zwaveldampen inwerken op kalksteen, kan, bij voldoende water, gemakkelijk gips ontstaan.

Foto OL: gipsnaalden in rozet; Juliusshütte, Harz; beeldhoogte 8 mm.

Foto OM: gipskristallen met georiënteerd ingesloten zand; beide individuen zijn vertweelingd, het kruis is een willekeurige doordringing. Great Salt Lake, Oklahoma, USA; afm. 8,5 cm.

Glaucokeerinit $(\text{Zn,Cu})_{10}\text{Al}_4\text{SO}_4(\text{OH})_{30} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ hh 1
Secundair zink-koper-mineraal, radiaalstralig, als overkorsting. Hemelsblauw. Bekend van Lavrion.

Foto OR: blauwe overkorsting op azurietkristallen, samen met rosasiet-bolletjes en iets malachiet; Lavrion, Gr.; hoogte ca. 3 mm.



Indeling van de sulfaten

De meeste handboeken hanteren de indeling in watervrije, kristalwater houdende en al of niet extra anionen bevattende structuren.

A. Watervrije (eenvoudige) sulfaten

Tot deze kleine groep behoren 20 mineralen. Bekend en geliefd bij de verzamelaar zijn Bariet (bariumsulfaat: BaSO_4) en Celestien (strontiumsulfaat: SrSO_4).

Anhydriet, calciumsulfaat: CaSO_4 , vormt dikke pakketten in sommige zoutafzettingen.

Anglesiet, loodsulfaat: PbSO_4 , is met een soortgelijk gewicht van 6,3 het zwaarste sulfaat. Het ontstaat in meestal kleine hoeveelheden uit de verwerking van Galeniet (loodsulfide: PbS). Van de zoutachtige, lichte, watervrije sulfaten noemen we Thenardiet (natriumsulfaat: Na_2SO_4) en Glauberiet ($\text{CaNa}_2(\text{SO}_4)_2$) uit zoutmeren en -woestijnen.

B. Watervrije complexe sulfaten

Een veertigtal mineralen voor de fijnproever. Spectaculair groen zijn de koper-hydroxy-sulfaten Antleriet en Brochantiet. Koper én lood bevatten het superblauwe Linariet, het teerblauwe Caledoniet en het voornamelijk uit slakken bekende paarse Elyiet. Ook gekleurde kristalletjes van de Beudantiet- en Jarosietgroepen zijn geliefd bij de micromounter.

C. Waterhoudende eenvoudige sulfaten

Een grote groep van wel 70 mineralen, waarvan Gips (calciumsulfaat-hydraat: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) de belangrijkste vertegenwoordiger is. In deze groep vinden we verder veel min of meer verzamelwaardige zoutachtige mineralen als Mirabiliet, het vaak door ijzeroxiden rood gekleurde Polyhaliet en Kieseriet. Stassfurt (voormalige DDR) werd er bekend door. Het witte magnesiumsulfaat Epsomiet stond vroeger bekend als "bitterzout" vanwege de uitgesproken bittere smaak. De aluinen Halotrichiet, Pickeringiet, Tschermigiet, Voltaïet en Metavoltien bevatten zeer veel kristalwater ($22 \text{H}_2\text{O}$). Fel gekleurd zijn weer de koper- en ijzersulfaten met als belangrijkste de in verzamelingen slecht houdbare mineralen Chalcantiet en Melanteriet.

D. Waterhoudende complexe sulfaten

Met als extra anionen voornamelijk chloride en hydroxyl vinden we hier zo'n 50 sulfaten. De meeste ervan bevatten koper, ijzer, zink, aluminium, magnesium en/of kalium en zijn vooral bij de eerste drie, vier van deze metalen aantrekkelijk gekleurd, zoals het wel zeer prachtige Cyanotrichiet en verder Langiet, Posnjakiet, Botryogeen, Glaukokeriniet, Ettringiet, Copiapiet en Serpieriet.

Chromaten

Op grond van kristalchemische overeenkomsten worden mineralen met de chromaatgroep CrO_4 tot klasse VI gerekend. Ze bevatten geen sulfaat en worden gevormd in uitzonderlijke omstandigheden. Er zijn 12 chromaten, waarvan 10 uiterst zeldzaam. Vauquelinië (een lood-koper-chromaat-fosfaat) is nog wel eens op de kop te tikken. En iedereen kent natuurlijk het mooiste chromaat van de verzameling: Krokoiet, in fel oranje-rode kristallen.

Molybdaten en wolframaten

Deze mineralen bevatten ook al geen sulfaat, maar overeenkomstige molybdaat (MoO_4)-respectievelijk wolframaat (WO_4)-anionen. Na wolframiet (een oxide) is Scheeliet het belangrijkste wolframerts. Stolziet, loodwolframaat, fluoresceert niet en is veel zeldzamer. Powelliet is een zeldzaam calciummolybdaat, Ferrimolybdië is een ijzermolybdaat. De koningin der molybdaten is ongetwijfeld Wulfeniet (PbMoO_4). Een zevental zeldzame uraniummolybdaten, waaronder de toepasselijk naamgegeven mineralen Moluranië, Calcurnoliet en Umohoië sluit deze groep af.

Selenaten enz.

Een kleurrijke, rare, zeldzame groep mineralen kan ontstaan bij de verwerking en oxidatie van seleniden en telluriden (Klasse II-mineralen, verwant met de eigenlijke sulfiden). De aldus gevormde mineralen worden selenaten, selenieten, telluraten en tellurieten genoemd. Zij staan in dezelfde relatie tot de sulfaten als de seleniden enz. tot de sulfiden. Vooral van enkele vindplaatsen in Mexico, Katanga, Bolivia en Colorado zijn deze buitenbeentjes bekend. Zeven van de 25 mineralen uit deze groep bevatten uranium.

De mineralen van de kleurenfoto's:

Jarosiet $\text{KFe}^{+3}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ trigonaal hh 3 – 4
Dit vormt kleine plaatjes of rhomboëders in holten, maar is meestal massief, in korsten. Kleur okergeel, donkerbruin tot bijna zwart. Gele streepkleur. Jarosiet komt samen voor met limoniet, vooral in aan pyriet rijke voorkomens in de "ijzeren hoed", de oxidatiezone van metallische ertsen. Omdat het mineraal veel op limoniet lijkt, wordt het vaak als zodanig benoemd.
Foto BL: honingbruine ruitvormige jarosietkristallen op slak van storthoop; Kamariza bij Lavrion, Gr.; afm.: 4 mm.

Linariet $\text{PbCuSO}_4(\text{OH})_2$ monoklien hh 2,5
Door de azuurblauwe kleur lijkt linariet op azuriet. Het vormt vaak dunne, platte en langgerekte plaatjes, die in groepen of plukjes bijeen staan of ook wel apart. Vaak tweelingen. Ook korsten komen voor. Secundair mineraal in de oxidatiezone van lood-koper-sulfiden.
Foto BM: linariet in blauwe prisma's op kwarts en galeniet; Red Gill Mine, Caldbeck Fells, Lake District, GB; afm. 3,5 mm.

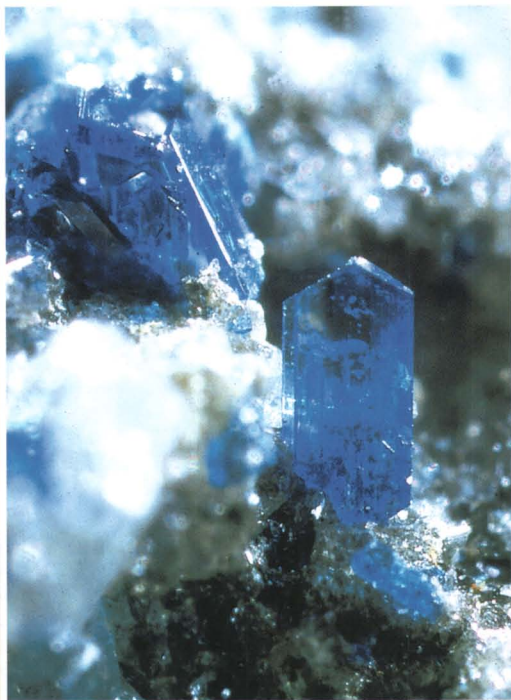
Wroewolfeiet $\text{Cu}_2\text{SO}_4(\text{OH})_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ monoklien
De blauwe, platige kristalletjes zijn tot 1 mm groot en vertweelingd. Het is vooral als slakkenmineraal bekend, maar komt ook in "natuurlijke" vorm voor, samen met andere kopersulfaten.
Foto BR: wroewolfeiet in de vorm van blauwe latjes; Meadowfoot, Wanlockhead, GB; afm. 4 mm.

Serpieriet, $\text{Ca}(\text{Cu,Zn})_4(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ orthorhombisch
Serpieriet vormt heel kleine, platte kristallen, komt ook haarvormig voor, in waaivormige groepjes, als overkorsting of als ronde aggregaten met fluweelachtig oppervlak. Het is hemelsblauw en is een secundair mineraal in de oxidatiezone van koper-zinkafzettingen, helaas zeldzaam.
Foto ML: helderblauwe latjes van serpieriet in waaiers; Juliusshütte, Harz, BRD; afm. 6 mm.

Krokoiet PbCrO_4 monoklien hh 2,5 – 3
Het zeldzame chromaat-mineraal krokoiet is vanwege zijn intens oranje-rode kleur zeer geliefd. De goed ontwikkelde kristallen hebben een duidelijke streping in de lengterichting van de langgerekte prisma's. De kristallen zijn onderling vaak vergroeid. Het mineraal is secundair en ontstaat door inwerking van chroomhoudende oplossingen op oxidatiemineralen van galeniet (loodsulfide).
Foto MR: dikke prisma's van krokoiet, samen met pyromorfiet (groen); Dundas, Zeehan, Tasmanië; afm. 4,5 mm.

Wulfeniet PbMoO_4 tetragonaal hh 3
De dubbelpiramide van het molybdeenmineraal wulfeniet, eventueel met platte eindvlakken, zijn welbekend. Dit zijn echter piramidevormige tweelingen, waarvan de individuen vergroeid zijn volgens het basisvlak. Dunne plaatjes, kortprismatische kristallen en de genoemde piramides komen veel voor.
De kleuren zijn opvallend: geel en oranje, oranjebruin tot bruin, groenbruin, rood of kleurloos. Plaatselijk bestaan er grote aanrijkingen in de oxidatiezone van sulfidische loodafzettingen; het is dan molybdeenerts.
Foto OL: oranje wulfeniet-tweeling (twee piramidale kristallen met hun basisvlak tegen elkaar) op barietplaatjes, en vertweelingde kleurloze strontianiet; Mibladen, Marokko; de grote wulfenietgroep is 2 mm hoog.

Scheeliet CaWO_4 tetragonaal hh 4,5 – 5
Het wolfram-mineraal scheeliet is tetragonaal-bipiramideel. Dat wil zeggen dat twee piramides met de basis tegen elkaar liggen en een (pseudo)oktaëder vormen. Deze vorm is karakteristiek. Ook is scheeliet wel plaatvormig. Er is vaak streping, die evenwijdig aan een ribbe loopt. Doordringingstweelingen zijn aan een pluimvormige streping te herkennen. De kleur is kleurloos, wit, grijs, lichtgeel, bruinig, groenig, roodachtig. Het mineraal ontstaat vaak in kalkrijke zones door contactmetamorfose. Het is goed herkenbaar vanwege de felblauwe fluorescentie in korte-golf ultraviolet licht, dat ook wel gebruikt wordt om het materiaal op de vindplaats op te sporen. Scheeliet is een belangrijk wolframerts.
Foto OR: scheeliet op rookkwarts; Cinovec, Tsjechië; afm. 6 x 9 mm.



Klasse VII.

FOSFATEN, ARSENATEN, VANADATEN

Alle fosfaten bevatten de fosfaatgroep (PO_4); de arsenaten bevatten de overeenkomstige arsenaat- (AsO_4)-groep en de vanadaten de (VO_4)-groep. De overgrote meerderheid van deze mineralen is afkomstig van verweringsprocessen aan of dicht bij het aardoppervlak. Uitzonderingen zijn Fluorapatiet, Monaziet en een klein aantal andere fosfaten die geen kristalwater of hydroxyl bevatten.

Net als bij de klasse der sulfaten (mineralen met SO_4 -groepen) worden stabiele kristalroosters vooral verkregen met grote metaalionen of met kleine metaalionen bij gelijktijdige inbouw van hydroxyl, kristalwater, fluoride of chloride. Maar in tegenstelling tot de sulfaten zijn de fosfaten enz. over het algemeen stabiel en nauwelijks oplosbaar in water.

Hoewel de 450 fosfaten, enz. net als de carbonaten en de sulfaten kunnen worden ingedeeld naar eenvoudige en complexe, kristalwater-vrije dan wel kristalwaterhoudende mineralen, is het ook handig ze te rangschikken naar metaal. Houdt men daarbij de fosfaten gescheiden van de arsenaten en de vanadaten, dan wordt vooral met het oog op de mineraalparagenese, een prettiger verdeling van deze zo soortenrijke klasse verkregen.

A. Fosfaten

De grootste en belangrijkste subgroep wordt gevormd door de fosfaten. Er zijn er meer dan 250. Zie pag. 38.

B. Arsenaten

De ongeveer 150 arsenaten vormen een bijna even gevarieerde en interessante groep als de fosfaten. Op enkele uitzonderingen na ontstaan ze bij de verwerking en omzetting van arseenrijke erts (de arseniden en arseen-sulfozouten van klasse II). De naam arsenaat suggereert giftigheid, maar bijna alle arsenaten zijn dermate onoplosbaar, dat gewoon hanteren van deze mineralen geen gezondheidsgevaar oplevert. Opeten is natuurlijk niet de bedoeling, evenmin als grote hoeveelheden van het stof van arsenaten inademen. De tijden dat natuurlijke arsenaten werden toegepast als wondverband en gorgeldrank (tegen bacteriën) liggen ver achter ons, maar mineraalnamen als Pharmacoliet en Pharmacosideriet herinneren daar nog wel aan.

C. Vanadaten

Dit is een kleine groep. Enkele voorbeelden: Descloiziet en Vanadiniet, zijn achter de Fosfaatmineralen opgenomen (pag. 38).

De mineralen van de kleurenfoto's:

FOSFATEN

Apatiet-serie $\text{A}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F,OH,Cl})$ hexagonaal

Er zijn zo'n 20 mineralen in de apatietserie, die o.a. hun kristallografische hoedanigheden gemeen hebben: ze zijn bijv. alle hexagonaal. Tot de serie behoren o.a. apatiet, pyromorfiet, mimetesiet, vanadiniet. In de chemische formule staat A voor calcium, lood, barium of strontium, de P (fosfor) kan vervangen zijn door arseen of vanadium; F, OH, Cl kunnen variëren.

Bij apatiet zelf gaat het om een zestal mineraal-soorten, de **apatiet-groep**. Het zijn: fluorapatiet, chloorapatiet, hydroxylapatiet, carbonaat-fluorapatiet, carbonaat-hydroxylapatiet en strontium-apatiet.

Fluorapatiet $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ hexagonaal hh 5

Deze meest algemene vorm van apatiet vormt lang- tot kortprismatische, zeskantige kristallen, is ook wel dun of dik tabulair, kan veel kristalvlakken vertonen en is soms zonair. De prismavlakken zijn vaak gestreept. Er zijn wel meer mineralen met zeskantige zuiltjes, bijv. beryl, pyromorfiet, nefelien, maar de hardheid, die 5 is op de schaal van Mohs, is een goed kenmerk.

Fluorapatiet, meestal gewoon apatiet genoemd, komt ook massief voor, compact of grofkorrelig, tros- of niervormig, stalactitisch, vezelig, oölitisch, aardachtig, als concreties en gelaagde afzettingen, als chalcidoonachtige korsten. Daarbij komt het in veel kleuren voor: kleurloos (vooral in Alpiene rekspleten, zie afb. BL), wit, geel, groen, blauw, paars, bruin. De streep is wit. Het mineraal is algemeen in vele

stollingsgesteenten, hydrothermale aders, in gelaagde mariene afzettingen, in metamorfe gesteenten.

Apatiet is het belangrijkste primaire fosfaatmineraal. Ook secundair is het alom tegenwoordig, tot voordeel van de flora en fauna, die niet zonder fosfor kunnen. Veel apatiet is opgeslagen in **fosforiet**, een afzetting van verweerde fosfaatmineralen. Ook guano (vogelmest) geeft na reactie met kalk apatietafzettingen. De zeer fraaie apatietkristallen van Panasqueira, Port., zijn door regionale metamorfose uit fosforiet ontstaan (zie wolframiet, pag. 23, OR) en pag. 35, BR. Ook mooi in vulkanische holruimten van de Eifel: Laacher See-gebied.

Foto BL: kleurloze apatietnaald met topvlakken; Gischigletsjer, Binntal, Zw.; hoogte 3 mm.

Foto BR: zonair apatietkristal; Panasqueira, Portugal; doorsnee grootste kristal 10 mm.

Autuniet, $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8-12\text{H}_2\text{O}$, tetragonaal, hh 2 – 2,5

De kristallen van het uraanmineraal autuniet zijn dun of dik tabulair met rechthoekige of achtkantige vorm. De zijvlakken zijn niet recht, de kristallen hebben daardoor een ongelijke, platige vorm. Ze staan in groepen bijeen, of vormen waaievormige aggregaten. Ook als korsten, bladvormige tot schubbige aggregaten, als kleine verspreide korrels of aardachtige massa's. De kleur is helder tot bleek zwavelgeel, geelgroen, bleekgroen, donkergroen. In UV-licht zeer sterke groene fluorescentie. Radioactief. Autuniet ontstaat secundair door verwerking van pekblende of andere uraanmineralen in pegmatieten, granieten, hydrothermale aders en sedimentaire afzettingen.

Foto ML: bleekgele, rondachtige kristallen van autuniet. Herkomst: Morvan, Fr.; afm. 8 mm.

Berauniet, $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_5 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, monoklien, hh 3 – 4

Dit vrij zeldzame ijzerfosfaat kan kleine, tabulaire kristallen vormen, maar komt meestal voor als radiaalstralige aggregaten van kleine naaldjes, als bladerige korsten, als bolletjes of plaatvormige concreties. De kleur is roodbruin tot donkerrood, ook dof grijsgroen tot donker groenbruin. De streep is geel tot geelbruin. Berauniet komt secundair voor op ijzerertsafzettingen en als verweringsproduct van primaire fosfaatmineralen in granietpegmatieten, zoals triphyliet.

Foto MR: roodbruine, naaldvormige aggregaten; Folgoso, Portugal; afm. 7 mm.

Goyaziet, $\text{SrAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$, trigonaal, hh 4,5 – 5

Dit strontium-aluminiumfosfaat kristalliseert uit in kleine kristallen, die rhomboëdrisch, kubusvormig of plaatvormig zijn. Soms zijn de vlakken gestreept; de kristallen zijn transparant. Ook komt goyaziet voor als afgeronde korrels en in placers. De kleur is gelig tot roze.

Foto OL: transparante, plaatvormige kristallen in een parallel vergroeid aggregaat, op dolomiet. Herkomst: Lengenbach, Binntal, Zw.; afm. 1,2 x 1,1 mm.

Cornetiet $\text{Cu}_3\text{PO}_4(\text{OH})_3$ orthorhombisch hh 4,5

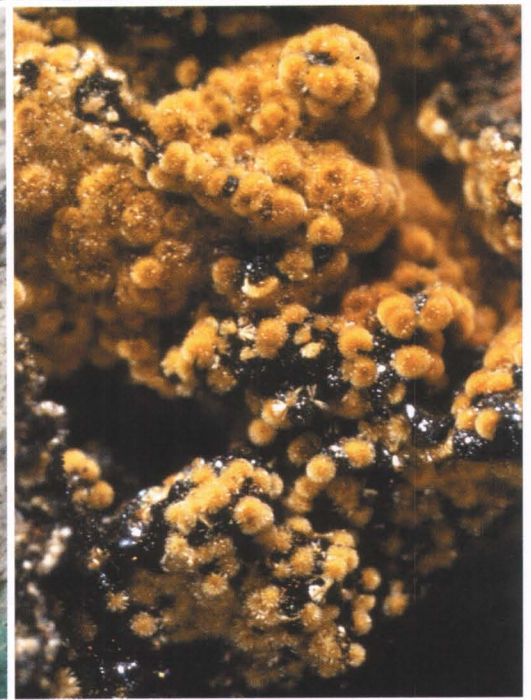
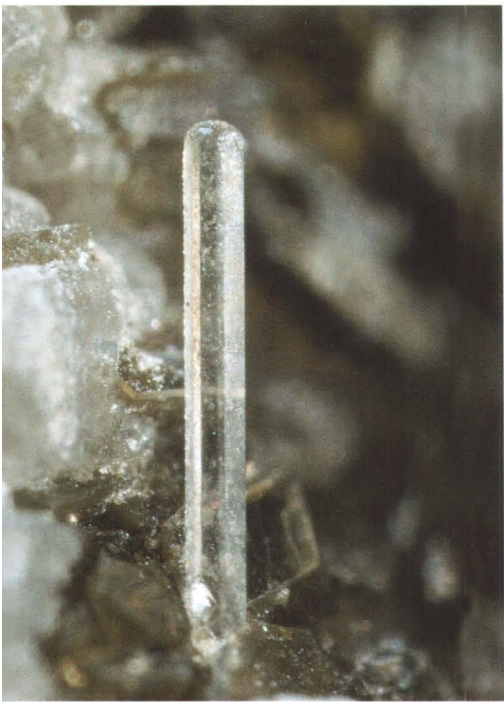
Als cornetiet kristallen vormt zijn deze kortprismatisch tot equidimensionaal; ze staan apart en zijn vaak afgerond. Ook treedt het mineraal op als korsten met heel kleine kristalletjes. Dit koperfosfaat komt secundair voor, samen met andere kopermineralen.

Foto OM: radiaalstralige rozet van cornetietnaalden op fijnkorrelige kleiige zandsteen, met pseudomalachiet; Lubumbashi, Mine Etoile du Congo, Katanga, Congo; afm. 12 mm.

Kakoxeen, $\text{Fe}^{2+}(\text{PO}_4)_3(\text{OH})_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, hexagonaal, hh 3 – 4

De zeldzaam optredende kristallen van dit ijzerfosfaat zijn klein en naaldvormig. Gewoonlijk komt het mineraal voor als sferulitische, radiale of in bosjes gegroeide aggregaten of als vezelige korsten. De punten van de naalden zijn vaak verweerd. De kleur is geel: goudgeel, bruingeel, roodachtig geel. Kakoxeen is secundair en komt meestal samen voor met andere fosfaten en met limoniet.

Foto OR: gele, bolvormige aggregaten van naaldvormige kristallen; herkomst: Folgoso, Portugal; afm. 5 mm.



Zeldzame-aardmineralen: Monaziet

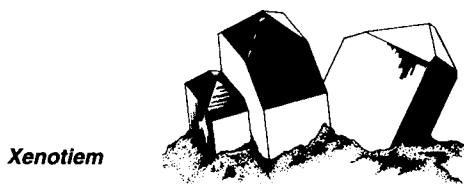
De metalen van de zeldzame aarden (lanthaan, cerium, neodymium, gadolinium, europium en nog tien andere) zijn niet zeldzaam maar vormen wel een raar groepje. Ze komen meestal samen voor en konden vroeger maar met de grootste moeite van elkaar worden geïsoleerd. Tegenwoordig zijn er vele toepassingen: in vuursteentjes, polijstpoeder, TV-schermen, magneten, staal, lasers, keramiek, röntgenbuizen en computergeheugens worden ze verwerkt. Het bekendste mineraal waarin ze voorkomen is **Monaziet**.

In zure pegmatieten en granieten komt monaziet voor als wat grove, grote, platige kristallen, respectievelijk als kleine korreltjes. De mooiste, maar kleine, honinggele kristallen worden zeer lokaal gevonden in Alpiene rekspleten (in gneis en syeniet) of in andere bijzondere milieus zoals in de talk-dolomietafzettingen van Luzenac (Ariège, Fr.).

Monaziet is een vrij hard mineraal, dat zeer goed tegen verwerking bestand is. Men vindt het dan ook verrijkt in placers, in de zandstranden van India, Australië, Brazilië, waar het lokaal een belangrijk en economisch winbaar erts vertegenwoordigt. Het zware concentraat van zo'n monazietstrand wordt bij duizenden tonnen verwerkt.

De eenvoudigste manier om Monaziet in formule te schrijven is $CePO_4$. Omdat monaziet niet alleen cerium, maar meestal ook verschillende zeldzame aardmetalen bevat, schrijft men nauwkeuriger: $(Ce,La,Nd,\dots)PO_4$. Maar het mineraal bevat meestal nog zirconium, thorium, yttrium en calcium, dus: $(Ce,Ca,Th,Y,Zr,Nd,La,\dots)PO_4$ zou beter zijn. Tenslotte is meestal een deel van de fosfaatposities in het kristal ingenomen door silicaat, zodat uiteindelijk $(Ce,Ca,Th,Y,Zr,Nd,La,\dots)(PO_4,SiO_4)$ resulteert. Een simpel mineraal met een ingewikkelde chemie! Vanwege het thoriumgehalte zijn de meeste monaziëten (een heel klein beetje) radioactief. Tegenwoordig wordt onderscheid gemaakt tussen Monaziet-(Ce), Monaziet-(La) en Monaziet-(Nd), al naar gelang het belangrijkste metaal in het mineraal. Helaas is het onderscheid niet zonder geavanceerde technieken te maken, zodat we, bij gebrek aan gegevens, gewoon maar over Monaziet blijven spreken. Voorzover geanalyseerd blijken de meeste monaziëten Monaziet-(Ce) te zijn. De monaziet van foto BM is een Monaziet-(La).

Er is nog een tiental andere fosfaten van de zeldzame aardmetalen. Goed bekend is **Xenotiëm**: $(Y,Za,Ca,Th,U,Zr)PO_4$, een yttriumfosfaat met ZA enz. dus. Het komt voor in ongeveer dezelfde milieus als Monaziet, maar heeft tetragonale dipiramidale kristallen die lijken op die van Zirkoon. Weinschenkiet bevat kristalwater en ziet eruit als zijde witte, harige bosjes.



Xenotiëm

De mineralen van de kleurenfoto's

Libetheniet Cu_2PO_4OH orthorhombisch hh 4

De kristallen van dit koperfosfaat lijken op octaëders: twee viervlakkige piramides met de basis tegen elkaar. De kristallen zijn dan ook equidimensionaal (ongeveer gelijke afmetingen naar de diverse zijden) of kort-prismatisch. Ze zijn vaak klein, goed idiomorf gegroeid en staan geïsoleerd. In aggregaatvorm treedt libetheniet wel als overkoringing op. De kleur is donkergroen, tegen zwart aan; ook wel licht- of olijfgroen. Het mineraal is voornamelijk secundair in de oxidatiezone van koperhoudende erts.

Foto BL: libethenietkristal met octaëdrische habitus, zeer donkergroen; herkomst: Lubietova, Slowakije; afm. 4 mm.

Monaziet $(La,Ce,Nd,Y,Th)PO_4$ monoklien hh 5 – 5,5
Gewoonlijk vormt monaziet kleine kristallen, dun of dik tabulair, of vertikaal gestrekt, soms equidimensionaal of wigvormig. De kristalvlakken zijn vaak ongelijk ontwikkeld, ruw of gestreept, gebogen. Soms vormt het grote, euhedrische kristallen. Vaak tweelingen. Monaziet is soms korrelig massief. De kleur is roodbruin tot geelbruin,

groenig tot wit. De streep is wit of lichtgekleurd. Monaziet bevat o.a. diverse zeldzame-aardmineralen; zit er thorium in dan is het radioactief. Het komt wereldwijd voor in allerlei gesteenten: magmatische en metamorfe, in pegmatieten en anders, en in de sedimenten daarvan afkomstig: strand- en rivierzand, placers. *Foto BM*: oranjebruine monaziet met geelwitte talk op blauwwitte dolomiet; herkomst: talkgroeve Trimouns, Luzenac, Ariège, Fr.; afm. 10 mm.

Pyromorfiet $Pb_5(PO_4)_3Cl$ hexagonaal hh 3,5 – 4

Dit loodfosfaat komt voor als zeszijdige prisma's van eenvoudige vorm, met weinig vlakken. De kristallen zijn vaak tonvormig en hol, ook equidimensionale, tabulaire of piramidale vormen komen voor; ook vormt het groepen kristallen in subparallele ligging. Aggregaten zijn gewoonlijk bolvormig, niervormig, gelaagd, ook korrelig, vezelig, aardachtig. Als kleur overheersen groene tinten; ook honinggeel, oranje, bruin, wit of kleurloos komen voor. De glans is harsglans. Pyromorfiet is een algemeen voorkomend secundair mineraal in de oxidatiezone van loodhoudende ertsafzettingen. Het wordt wel samen gevormd met het zeldzamer mimetesiet, waar het op lijkt, maar dat een arsenaat is (zie pag. 43).

Foto BR: kleurloze pyromorfiet op limoniet; herkomst: Bad Ems, BRD; beeldhoogte 4,5 mm.

Foto ML: gele, iets tonvormige pyromorfiet; Mexico Mine, Caldbeck Fells, Lake District, GB; afm. 5 mm.

Rockbridgeiet, $(Fe^{2+},Mn)Fe^{3+}_4(PO_4)_3(OH)_5$, orthorh., hh 4,5

De kristallen van dit ijzer-mangaanfosfaat zijn zeer kleine, lange en dunne prisma's. Meestal komt het mineraal voor als vezelig-radiale aggregaten, als gelaagde korsten of met fijn-zuilvormige structuur. De kleur is licht tot donker olijfgroen tot bijna zwart, door oxidatie vaak roodbruin tot bruingroen. Aggregaten hebben vaak een concentrische kleurbandering. Rockbridgeiet komt voor in "limoniet"-lagen; als verweringsproduct van triphyliet of andere Fe,Mn-fosfaatmineralen in pegmatieten.

Foto MR: radiaalstralige, diepgroene tot zwarte massa's van rockbridgeiet, met kleurenbanden. Het honinggele mineraal is mogelijk laueiet. Herkomst: Hagendorf, BRD; afm. 3 x 4,5 mm.

Strunziet $Mn^{2+}Fe^{3+}_2(PO_4)_2(OH)_2 \cdot 8H_2O$ triklien hh 4

Strunziet komt voor als uitstaande bosjes en viltige overkoringingen van kleine, haarachtige of latvormige kristallen, tot 2 cm lang. De latjes zijn afgeplat. De kleur is strogeel tot bruingeel. Het is een nabij de oppervlakte gevormd verweringsproduct in pegmatieten met triphyliet (Hagendorf) en in verwerende ontsluitingen van fosfaatgesteenten (o.a. Portugal).

Foto OL: lange, strogele vezels in onregelmatige, stralige groepen. Herkomst: Hagendorf-pegmatiet, Beieren, BRD. Afm. 2 x 2,5 mm.

Strengiet, $Fe^{3+}MnPO_4 \cdot 2H_2O$, orthorhombisch, hh 3,5 – 4,5

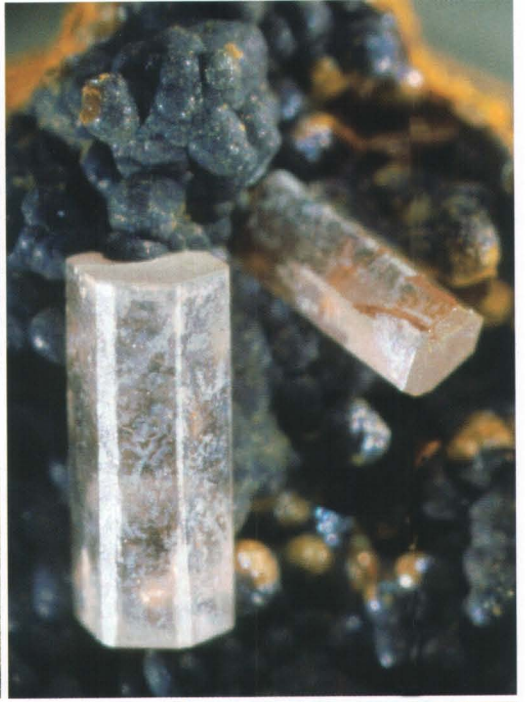
Strengiet vormt een serie met varisciet (zie aldaar, pag. 39, MR). De kristallen zijn octaëdrisch, dun tot dik tabulair of dik prismatisch. Dit ijzer-mangaanfosfaat vormt meestal bolletjes: kleine, sferische aggregaatjes met radiaalvezelige structuur en korstig oppervlak; ook als korsten komt het voor. De kleur is kleurloos/wit, bleek- tot diepviolet, rood, karmijn; met veel mangaan is het meer violet. De streep is wit. Het is een secundair mineraal dat ontstaat bij de verwerking van ijzerrijke fosfaatmineralen (Hagendorf, BRD; Mangualde, Port.) *Foto OM*: roze, fijnstralige bolletjes, met rockbridgeiet en berauniet. Herkomst: Bendada, omg. Mangualde, Portugal; afm. 6 mm.

Tripliet, $(Mn,Fe,Mg,Ca)_2PO_4(F,OH)$, monoklien, hh 5 – 5,5

Tripliet vormt zelden kristallen; in dat geval zijn deze ruw en grof, oneffen en slecht ontwikkeld. Gewoonlijk is het mineraal massief of zeer grofkorrelig. Het heeft een vetglans. De kleur is roodbruin tot donkerbruin, ook zalmroze, vaak bruinzwart tot zwart bij verwerking. De streepkleur is bruin tot wit of gelig grijs. Als primair mineraal is het wijdverbreid in granietpegmatieten en verder in hoge-temperatuur-aderafzettingen.

Tripliet vormt een mengreeks met **zwieseliet**, dat meer ijzer dan mangaan bevat. Deze laatste omstandigheid komt voor in Hagendorf, Beieren. Zwieseliet is kruidnagelbruin; ook bruinzwart tot zwart bij verwerking.

Foto OR: massieve tripliet, bruin, met overgang naar blauwe strengiet. Herkomst: Folgoso, Portugal; afm. 5,4 mm.



Fosfaten en vanadaten nader bekeken

Apatiet

In pegmatieten, skarnen, metamorfe gesteenten en soms hydrothermaal in (erts)aders komt apatiet wijd verbreid voor (bijna altijd Fluorapatiet) in meestal goede kristallen. In sedimenten vindt men zogenaamde fosforieten: knollen, massa's, oölieten en korsten zonder zichtbare kristallen. Hier geen Fluorapatiet maar meestal Carbonaat-hydroxylapatiet. Deze fosfaatrijke afzettingen worden verwerkt tot superfosfaat- en andere kunstmestbestanddelen. Vaak is het fosfaat afkomstig van de al of niet fossiele botten en uitwerpselen van dieren. Tenslotte zijn er ook (fijnkorrelige) magmatische afzettingen (van Fluorapatiet), zoals de enorme voorkomens bij de stad Apatita in Kola, USSR. Vele apatietvariëteiten hebben in het verleden een aparte naam gekregen: dahlliet, francolith, staffeliet, kollophaan e.a.). Overigens bestaan de botten en tanden van zoogdieren uit Hydroxylapatiet en haaietanden uit Fluorapatiet.

Alkalifosfaten

De alkalimetalen lithium, natrium, kalium, alsmede het ammonium-ion vormen, al of niet met andere metalen, minstens 40 fosfaatmineralen. Economisch van belang voor de lithiumwinning (batterijen, pacemakers, ruimtevaart, glas, geneesmiddelen) zijn Amblygoniet: $(\text{Li,Na})\text{Al}(\text{PO}_4)(\text{F,OH})$, en Montebraziet: $(\text{Li,Na})\text{Al}(\text{PO}_4)(\text{OH,F})$. In fosfaatpegmatieten vinden we verder Lithiophylliet, Triphylien, Sickleriet, Hagendorfiet, Cyriloviet, Wardiet, Brazilianiet: $\text{NaAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4$, komt als fraaie, grote kristallen voor.

Aluminiumfosfaten

Aluminiumrijke fosfaten vormen een bijzonder aantrekkelijke groep mineralen: Varisciet, Wavelliet, Crandalliet, Lazuliet: $\text{MgAl}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2$, niet te verwarren met Lazuriet = Lapis lazuli, dat een aluminiumsilicaat is, verder Goyaziet, Scorzaliet, Childreniet, Ernstiet, Eosphoriet en (weer) Brazilianiet zijn de bekendste.

IJzer en mangaan

Een vooral voor de micromounter interessante groep van meer dan 50 fosfaten die zeer vaak in fraaie kristalletjes voorkomen. Anapalet, Berauniet, Cacoheen, Dufreniet, Laueiet, Ludlamiet, Phosphosideriet, Purpuriet, Rockbridgeiet, Stewartiet, Strengiet, Strunziet, Vivianiet en Xanthoxeniet kunnen een lust voor het oog zijn.

Zink en lood

Zink lijkt liever arsenaten dan fosfaten te vormen. Toch zijn er 8 zinkfosfaten, met Tarbuttiet, Hopeiet en Parahopeiet als bekendste. Het aantal loodfosfaten is nog kleiner, maar hieronder vinden we de kroonprins en trots van de fosfaten: Pyromorfiet: $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$, bijna altijd goed gekristalliseerd, veelvuldig voorkomend en ook nog in mooie kleuren: geel, oranje, groen of bruin.

Koper

Zoals gebruikelijk bij secundaire kopermineralen ook hier zeer fraaie groene of blauwe mineralen. Pseudomalachiet en Turkoois weliswaar zelden of nooit in kristallen (kort geleden zijn in België prachtige Turkooiskristalletjes gevonden!), maar allebei heel mooi. Cornetiet, Libetheniet en Chalcosideriet komen voor in schitterende kristallen en kristalgroepen.

Uranium

Meer dan 20 uranylfosfaten, bijna steeds in goede kristallen en bovendien fel gekleurd, zijn er bekend. Autuniet, Torberniet, Uranocirciet, Heinrichiet, Parsonsiet en Phosphuranyliet vindt men in vele verzamelingen.

VANADATEN

Van het 40-tal vanadaten zijn die met lood, zink en bismut het bekendst. De kroonprins van dit groepje is Vanadiniet, dat altijd mooi en goed gekristalliseerd is. Maar ook Descloiziet vormt zeer fraaie kristallen. Zijn groenige broertje Mottramiet doet dit minder vaak. Van bismut noemen we alleen Pulcheriet: BiVO_4 . Er zijn maar weinig kopervanadaten, maar wel is er een rijke groep uranylvanadaten, met het kanariegele Carnotiet en Tyuyamuniet.

De mineralen van de kleurenfoto's

Turkoois, $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, triklien hh 5 – 6
Kristallen van dit koper-aluminiumfosfaat zijn klein en kortprismatisch, maar komen weinig voor. Gewoonlijk is turkoois massief, dicht, cryptokristallijn tot fijnkorrelig. Ook komt het voor als concreties, stalactitisch, als adertjes of korstjes. Massieve turkoois is bleek- tot hemelsblauw, blauwgroen tot groengrijs. De glans is wasachtig tot dof. Het is een secundair mineraal, gevormd door de inwerking van oppervlaktewater op aluminiumrijke gesteenten. Mooie edelsteenkwaliteit van turkoois komt uit Iran.
Foto B: turkoois, afkomstig van Cahay, Vielsalm, België; afm. 12 mm.

Torberniet, $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8-12\text{H}_2\text{O}$, tetrag., hh 2 – 2,5
Kristallen van dit uraanmineraal zijn dun- tot diktabulair, met rechthoekige of achtkantige vorm; zelden piramidaal en getermineerd door kleine topvlakken. In andere gevallen is het basisvlak wel goed ontwikkeld, de zijvlakken zijn dit minder, waardoor een bladerige of glimmerachtige vorm ontstaat. Ook is het mineraal wel eens korrelig tot aardachtig. De kleur is smaragdgroen tot grasgroen en geelgroen. De streep is bleker dan de kleur. Torberniet is radio-actief; het vertoont geen fluorescentie, in tegenstelling tot autuniet. Het is een belangrijk uraanerts. Torberniet komt voor in pegmatieten en anders, en secundair in diverse sedimentaire gesteentetypen, meestal in kleine hoeveelheden. Grote, winbare voorkomens zijn ontstaan als verweringsproduct van pekblende.
Foto ML: torbernietkristallen. Herkomst: Tragos, omg. Mangualde, Portugal; afm. 13 mm.

Varisciet $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ orthorhombisch hh 3,5 – 4,5
Dit aluminiumfosfaat is zeldzaam in kristalvorm, het is doorgaans als gel gevormd. Meestal is het mineraal massief, niervormig, of vormt het korstjes, aders, nodules. De kleur is bleekgroen tot blauwgroen. Massief materiaal is wasachtig tot dof. Het ontstaat voornamelijk door de werking van fosfatisch grondwater op aluminiumrijke gesteenten.
Foto MR: varisciet in spleten; herkomst: Mount Farmer Station (bij Mount Magnet), West-Australië; afm. 76 mm.

Wavelliet, $\text{Al}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, orthorhombisch, hh 3,5–4
Gewoonlijk radiaalstralige naalden in karakteristieke platte aggregaten. Ook wel bol- of niervormig, als korsten, stalactitisch. De kleur is kleurloos/wit tot grijsgroen, ook geelgroen tot geelbruin, bruin, bruinzwart. Streep: wit. Wavelliet is een secundair mineraal op spleten en laagvlakken van aluminiumrijke gesteenten, zoals de veerdeerde graniet van St. Austel, GB.
Foto OL: grijsblauwe naalden in plat, radiaalstralig aggregaat; herkomst: Hellefeld, Sauerland, BRD; hoogte: 17,5 mm.

Descloiziet $\text{Pb}(\text{Zn,Cu})\text{VO}_4\text{OH}$ orthorhombisch hh 3,5
Kristallen van dit vanadiummineraal zijn variabel, gewoonlijk zijn ze piramidaal, prismatisch of tabulair. De kristalvlakken zijn vaak ruw of ongelijk. Komt voor als veervormige aggregaten, korsten in holten afgezet, stalactieten, laagvormig met grove vezelstructuur en massief korrelig. De kleur is oranje-rood tot donker roodbruin en donker zwartbruin, ook donkere groentinten (bij hoger Cu-gehalte). De streep is lichtbruin of lichtgroen. Descloiziet komt verbreid voor, vooral als secundair mineraal in de oxidatiezone van ertsafzettingen.
Foto OM: descloizietkristal, spade-achtige habitus, markasietachtig gedraaid; Mijn Berg Aukas, Grootfontein, Namibië; afm. 13 mm.

Vanadiniet $\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$ hexagonaal hh 3
Dit opvallende oranje-rode loodvanadaat behoort tot de apatietgroep, vanwege zijn kristallografische overeenkomst. Het is tabulair of zuilvormig ontwikkeld; de eindbegrenzing is zowel plat als piramidaal, maar piramides komen alleen voor bij zuilvormige kristallen (zie aff. p. 39, OR). Het bekendst is de platte, tabletvormige, zeshoekige vorm; ook komt vanadiniet voor als naalden, druiventrosvormig, niervormig, als radiaalstralige aggregaten. Behalve oranje-rode tinten komen ook helder rood, roodbruin tot geelbruin en bleekgeel voor. De streep is wit of geelachtig. Het ontstaat in de oxidatiezone van loodhoudende ertsafzettingen.
Foto OR: vanadiniet-groep. Herkomst: berg Obir bij Eisenkappel, Karinthië, Oostenrijk; lengte van het piramidale kristal rechts: 1,2 mm.



De mineralen bij de kleurenfoto's

ARSENATEN

Adamiet $Zn_2(AsO_4)OH$ orthorhombisch hh 3,5
De kristallen van dit zinkarsenaat (ook wel adamien genoemd) zijn meestal prismatisch, soms zijn ze tabulair of equidimensionaal. Vaak komt adamiet voor in holten als korsten van talloze in elkaar grijpende kristalletjes met wigvormige kristaleinden. Ook vormt het radiale of bolvormige aggregaten die in de matrix ingeplant zijn, of fijnkorrelige aggregaten.
De kleur is gewoonlijk helder geelgroen, ook kleurloos, wit, blauwgroen, violet, roze (kobalt-adamiet), groen (koper-adamiet). Het is een secundair mineraal in de oxidatiezone van ertsen.

Foto BL: lilaroze, prismatisch kristal van adamiet-Co; de roze kleur wordt door kobalt veroorzaakt. Herkomst: Ojuela Mine, Mapimi, Durango, Mexico; afm. van het kristal 6 mm.

Foto BM: blauwe adamiet-Al, op witte zinkaluminium; herkomst: Lavrion, Gr., afm. 12 mm.

Annabergiet, $Ni_3(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$, monoklien, hh 1,5 – 2,5
Dit nikkelsarsenaat vormt prismatische kristallen die dun en afgeplat zijn, een schuin topvlak hebben en gewoonlijk gestreept zijn. Meestal zijn er geen duidelijke kristallen en komt het voor in bolvormige korsten, in aardachtige massa's, poederig of als aanslag. De kleur is wit, grijs, groen, tot intens geelgroen. De streep is lichter dan de kleur.
Het is een secundair mineraal in de oxidatiezone van nikkelhoudende ertsen en komt samen voor met skutterudiet en nikkelen, maar ook met erythrien (= kobaltarsenaat). In Lavrion komen mooi groene (magnesiumrijke) kristallen voor: de variëteit **cabreriet**.

Foto BR: annabergiet, var. cabreriet, met lichtgekleurde smithsoniet. Lavrion; afm. bovenste groep 8 mm.

Agardiet, $(Y,Ca)Cu_6(AsO_4)_3(OH)_6 \cdot 3H_2O$, hexag., hh 3 – 4
Het zeldzame agardiet vormt naaldvormige kristallen tot enkele mm lang in de oxidatiezone van koperafzettingen. Soms komt het in

bosjes voor, het is ook wel vezelig. De kleur is blauwgroen. Agardiet behoort tot de mixiet-groep (pag. 43, MR).

Foto ML: agardiet-La, groene, bolvormige rozetten van dunne naaldjes; Serpieri-schacht "km 3", omg. Lavrion, Gr.; afm.: 9 mm.

Erythrien $Co_3(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$ monoklien hh 2
De meestal kleine kristallen zijn prismatisch met schuin topvlak, naaldvormig dun, vaak gestreept. Het mineraal komt voor in bosjes en in ster- en straalvormige aggregaten; ook is het bol- en niervormig met ruw oppervlak, aardachtig of een huidje. Dunne plaatjes zijn buigbaar. De kleur is opvallend rozerood tot donkerrood met paarse tint (perzikbloesemrood). Door omzetting is er verkleuring naar grijs tot groengrijs. Parelglans. De streep is lichter dan de eigen kleur. Het secundaire mineraal komt voor in de oxidatiezone van kobaltrijke ertsen, met skutterudiet en cobaltien.

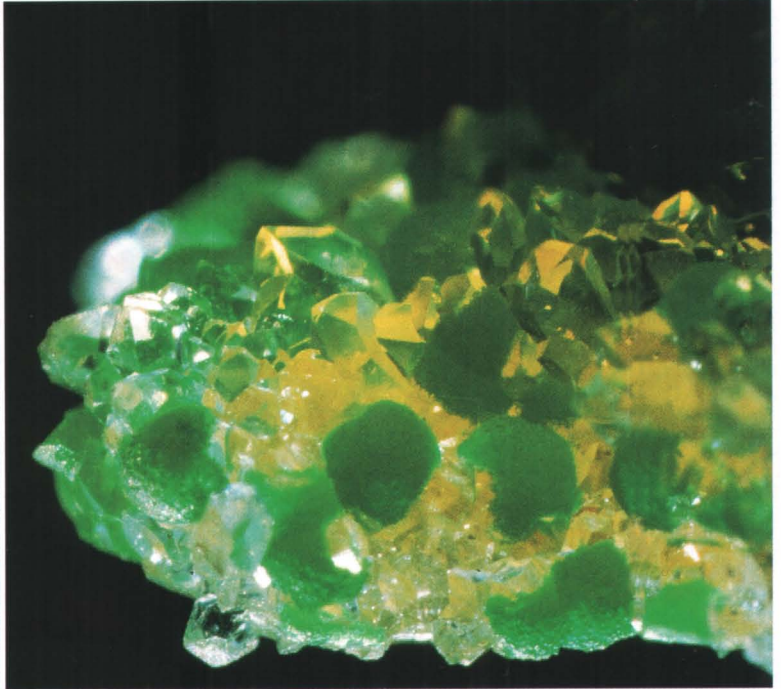
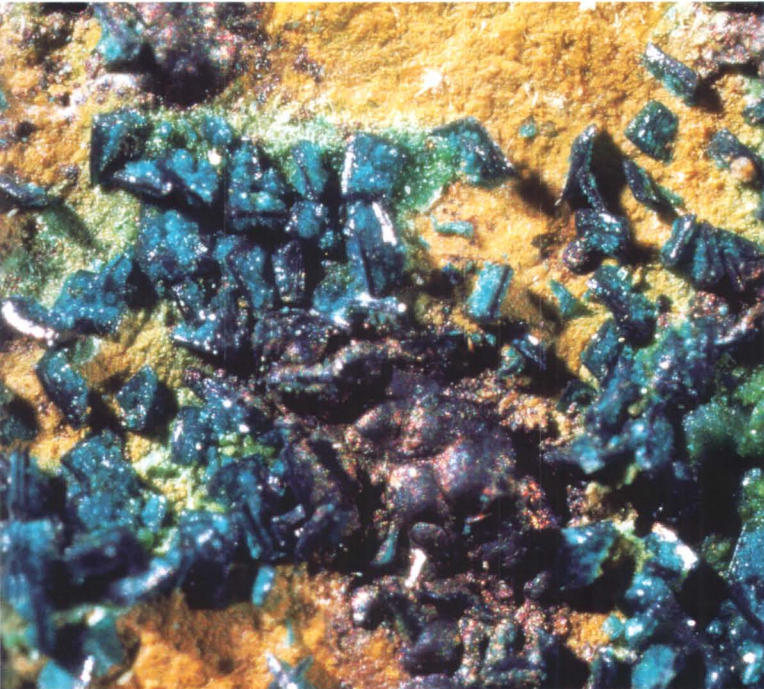
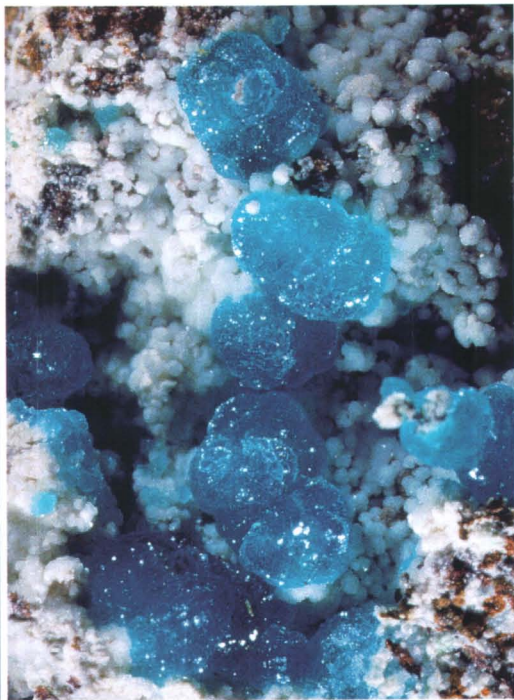
Foto MR: idiomorfe, latvormige, perzikbloesemrode kristallen van erythrien; herkomst: Ambed, groeve Ait-Tal-Hait, Bou Azzer, in de Anti-Atlas, Marokko; afm. 4 mm.

Klinoklaas $Cu_3(AsO_4)(OH)_3$ monoklien hh 2,5 – 3
De kristallen zijn gestrekt en tabulair, ook wel rhomboëdrisch; ze komen geïsoleerd voor. Aggregaten als korsten in holten of in rozetten, niervormig of stengelig. De kleur is donkergroenblauw tot groenzwart; de streep is blauwgroen.

Foto OL: donkerblauwgroene, equidimensionale kristallen. Santa Lucia de Muravera, Sardinië; afm. 4 mm.

Konichalciet $CuCa(AsO_4)OH$ orthorhombisch hh 4,5
Kristallen zijn zeldzaam; ze zijn equidimensionaal tot kortprismatisch. Meestal is het mineraal gelaagd en tros- tot niervormig, of vormt het korsten en massa's met radiaalstralige structuur.
De kleur is geelgroen tot smaragdgroen. Het komt secundair voor in de oxidatiezone van koperertsafzettingen, samen met limoniet en andere kopermineralen.

Foto OR: heldergroene, bolvormige aggregaten; Bagdad Mine, Arizona, USA; beeldhoogte 4 mm. Dit stukje was wellicht de eerste gemonteerde "echte" micromount in Nederland, in 1975 vanuit de USA geïntroduceerd bij GEA door Bert Hanou.



De mineralen van de kleurenfoto's

Legrandiet $Zn_2(AsO_4)OH \cdot H_2O$ monoklien hh 4,5
De kristallen zijn langprismatisch. Er komen aggregaten van kristallen voor in bosjes of in waaiers. De kleur is citroengeel tot wasgeel. Dit zinkarsenaat zit in holten in een harde, compacte limoniet-matrix.

Foto BL: groepjes prismatische legrandietkristallen in een spleet. Herkomst: Cap Garonne, Zuid-Frankrijk; afm. 9 mm.

Mimetesiet $Pb_5(AsO_4)_3Cl$ monoklien hh 3,5 – 4
Dit mineraal uit de apatietgroep is pseudohexagonaal. De kristallen zijn meestal naaldvormig, maar lijken ook wel eens op die van pyromorfiet en zijn dan heel moeilijk daarvan te onderscheiden. Ze zijn dan tonvormig of kort zuilvormig. Mimetesiet komt ook als tros- en nierachtige aggregaten voor. De kleur is wisselend; meestal is het mineraal geel, ook wel kleurloos of wit, bruin of groen. In Cumberland, GB, komt mimetesiet voor waarbij P gedeeltelijk de plaats van As inneemt, en het mineraal dus als een tussenvorm naar pyromorfiet optreedt. Deze variëteit wordt **campyliet** genoemd; de ronde tot tonvormige kristallen zijn oranje-rood. Mimetesiet komt voor in de bovenste delen van loodafzettingen waarin arseenmineralen voorkomen.

Foto BR: spoelvormige, gele mimetesietkristallen; Dry Gill Mine, Caldbeck Fells, Lake District, GB; afm. 8 mm.

Foto ML: groengele naaldjes van mimetesiet; Les Argentonnes, Morvan, Fr.; beeldveld 8 mm.

Foto M: groene, tonvormige mimetesiet op gele pyromorfiet; Mexico Mine, Caldbeck Fells, GB; afm. 11 mm.

Mixiet, $BiCu_6(AsO_4)_3(OH)_6 \cdot 3H_2O$, hexagonaal, hh 3 – 4
Mixiet komt voor als naaldvormige kristallen; als bos- of radiaalstralige aggregaten of korsten; ook compact in ronde massa's met concentrische structuur. De kleur is smaragdgroen tot

blauwgroen, lichtblauw, lichtgroen, witachtig. De enkelkristallen glanzen, de aggregaten zijn dof. De streep is lichter dan de kleur.
Oliveniet $Cu_2(AsO_4)OH$ orthorhombisch hh 3
Tabulaire kristallen, vrijstaand of in bosjes; aggregaten in holten, tros- en niervormig, vezelig, aardachtig.

Foto MR: mixiet (radiaalstralige aggregaten, blauwgroen), en oliveniet (olijfgroen, prismatisch); herkomst: Cap Garonne, Zuid-Frankrijk; afm. 5 x 7 mm.

Picropharmacoliet $Ca_4MgH_2(AsO_4)_4 \cdot 11 H_2O$ triklien
Dit mineraal lijkt veel op pharmacoliet. Het vormt dunne naalden, bolvormige overkorstingen of concreties en radiale nodules tot 1 cm diameter. Kleurloos tot wit; parelglans.

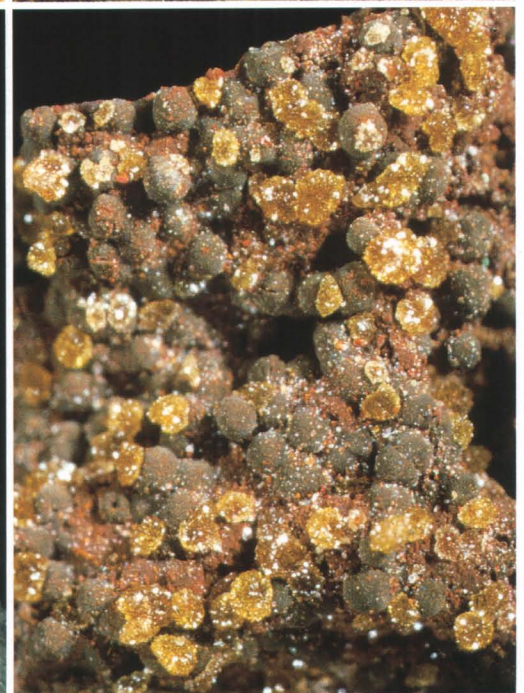
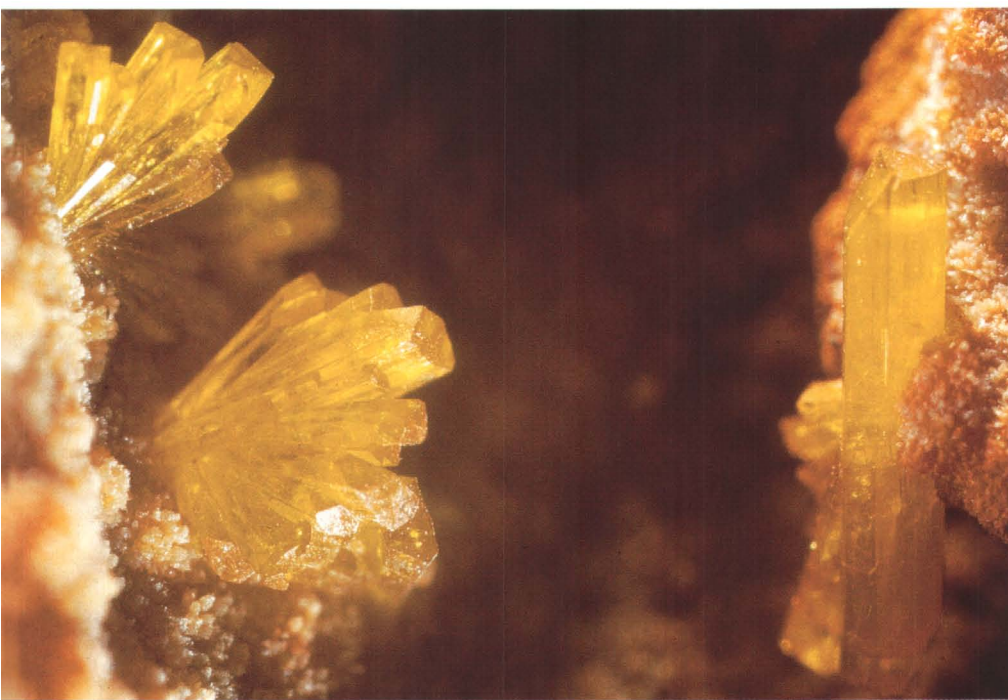
Pharmacoliet $CaHAsO_4 \cdot 2H_2O$ monoklien hh 2 – 2,5
Kristallen zijn klein en zeldzaam, als ze voorkomen zijn ze naaldvormig of plat. Gewoonlijk zijn er gelaagde aggregaten, stalactitische structuren, dunne vezels, groepen van naalden. Vezelig materiaal is zijdeachtig. Bijzonder mooi als radiaalstralige, naaldvormige bolletjes. De kleur is wit, grijs, kleurloos, roodachtig door kobalt, groenachtig door nikkel. Komt voor op arseenertsen.

Foto OL: pluizige, witte naaldbolletjes van picropharmacoliet op glasachtige korsten en kristallen van pharmacoliet. Herkomst: Jáchimov, Tsjechië; beeldbreedte 5,8 mm.

Scorodiet $Fe^{III}(AsO_4) \cdot 2H_2O$ orthorhombisch hh 3,5 – 4
De kristallen van dit ijzerarsenaat zijn pseudohexagonaal; hun habitus is piramidaal, ook zijn ze wel tabulair of kort-prismatisch; er zijn diverse aggregaatvormen.

De kleur is bruin tot geelbruin, blauwgroen tot blauw, violet, bleekgrijs; de streep is groenig wit. Gewoonlijk komt het secundair voor als oxidatieproduct van arseenhoudende mineralen. Het komt in kwartsgangen voor naast limoniet.

Foto OR: geelbruine piramides van scorodiet, de meeste in bolvormige aggregaten. Herkomst: Lavrion, Gr.; afm. 6 mm.



Klasse VIII. SILICATEN

De silicaten zijn opgebouwd uit SiO_4 -groepen: silicium in het centrum van vier zuurstof (O), in de vorm van een tetraëder (afb. LB op pag. 48).

Met deze SiO_4 -groepen is iets bijzonders mogelijk. De tetraëders kunnen onderling een zuurstof delen en op deze manier worden ze gekoppeld tot groepen, ketens, platen of ruimtelijke bouwsels. De systematische indeling van de silicaat-mineralen berust op deze, soms zeer ingewikkelde, koppelingen van SiO_4 -groepen.

Eiland- of Neso-silicaten

Om te beginnen zijn er de silicaten waarin de SiO_4 -groepen niet gekoppeld zijn en als individuele, losse eenheden het kristal opbouwen. Dit zijn de nesosilicaten (Gr. *nesos* = eiland). De afzonderlijke (negatief geladen) SiO_4 -tetraëders worden in het kristal bijgehouden door de (positief geladen) metalen van het mineraal. Dit levert over het algemeen compact gebouwde, relatief zware en harde kristalstructuren op, zoals Olivijn, Granaten, Zirkoon.

Er zijn ongeveer 170 nesosilicaten, waaronder opvallend veel edelsteenmineralen.

Veel nesosilicaten zijn harde, stabiele, goed tegen verwerking bestendige mineralen, die daarom ook vaak te vinden zijn in zanden en placers.

Extra zuurstof. Veel van de nesosilicaten bevatten extra zuurstof in de vorm van het O- of OH- ion. Dit is mooi te zien aan de formules van het beroemde trio Andalusiet - Sillimaniet - Kyaniëet, alle drie $\text{Al}_2(\text{O}/\text{SiO}_4)$. De grote verschillen tussen deze drie mineralen zijn te danken aan de druk en temperatuur die tijdens de mineraalvorming heersten. Die bepaalden namelijk de manier waarop de bouwstenen Al, O en SiO_4 in het kristal werden gerangschikt.

Borium. Het element borium is een belangrijke bouwsteen van een opvallend gezelschap silicaten: de borosilicaten. Datoliet: $\text{CaB}(\text{OH})\text{SiO}_4$, Kornerupien, Howliet en Dumortieriet zijn de bekendste (boro)nesosilicaten.

Uranium vormt wel 15 verschillende *waterhoudende* nesosilicaten. Fel geel zijn Kasoliet, Soddyiet, Uranophaan, Sklodowskiet en Boltwoodiet. Cuprosklodowskiet is smaragdgroen. Deze mineralen zijn secundair gevormd. Kristallen zijn zacht en kwetsbaar.

Van de nesosilicaten zijn hier de volgende mineralen opgenomen: Andalusiet (Chiasoliet); Granaatgroep Kyaniëet; Olivijn; Stauroliet; Titaniet; Topaas; Zirkoon.

(vervolg op pag. 46)

De mineralen van de kleurenfoto's

Amfibool-groep (*)

Amfibolen vormen een belangrijke maar chemisch zeer ingewikkelde groep gesteentevormende mineralen. Karakteristiek aan hun kristalstructuur is de splijting in twee richtingen, die onderling een hoek van 124° maken. Dit vindt zijn weerslag aan de kopse kanten, waar de zeszijdige doorsnee opvalt en deze 124° -splijting te zien is. Dit in tegenstelling tot de achzijdige dwarsdoorsnede van de veel op hen lijkende pyroxenen, die een bijna loodrechte splijting hebben.

De amfibolen hebben een hydroxyl-groep in hun rooster (OH-groep), waardoor zij in andere omstandigheden kunnen optreden dan de waterrijke pyroxenen; verder is hun chemische samenstelling vergelijkbaar in zijn diversiteit. Beide mineraalgroepen komen veel in stollings- en metamorfe gesteenten voor.

* **Aktinoliet**, $\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ monoklien hh 5 – 6
Aktinoliet vormt een serie met tremoliet, dat geen ijzer bevat en lichter van kleur is dan aktinoliet (wit tot lichtgroen). Aktinoliet is (donker)groen. Gewoonlijk komt aktinoliet voor in parallelvezelige, stralige of warrige aggregaten met lange, rechte stengels, naaldvormig of viltig. Het ontstaat metamorf uit bijv. pyroxenen in bazalten en gabbro's; het is kenmerkend voor laaggradige metamorfose en komt

voor in de zg. groenschistfaciës, met epidoot, chloriet en hoornblende in chloriet- en aktinolietschisten ("straalsteen", foto BL). Het is vooral in de centrale Alpen te vinden, maar ook op vele plaatsen elders, o.a. als **smaragdiet**, het grasgroene mineraal in eklogiet, als **nefriet** (microkristallijn en compact) en als **amiant** (foto M), een vorm van amfibool-asbest.

Foto BL: aktinoliet als "straalsteen", in stevige, divergerende waaiers en zwaluwstaarten van naaldvormige kristallen. Herkomst: Rio Marina, Elba; afm. 150 x 120 mm.

Foto BR: tere, langprismatische kristallen van aktinoliet; Schwarzbegmorene, Mattmark, Zw., afm. 19 mm.

Foto M: amiant, de asbestachtige vorm van aktinoliet, viltig met heel fijne, puntige naalden: een "gevaarlijke" vorm van asbest. Herkomst: Ginevro, Elba; afm. 40 mm.

* **Hoornblende** $(\text{Ca},\text{Na},\text{K})_{2-3}(\text{Mg},\text{Fe}^{2+},\text{Fe}^{3+},\text{Al})_5(\text{Si},\text{Al})_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ monoklien, hh 5 – 6

Aan de formule is te zien, dat de chemische samenstelling van de "gewone" hoornblende sterk kan wisselen! Dit bij uitstek gesteentevormende mineraal komt dan ook in velerlei milieus voor, in stollingsgesteenten zowel als metamorfieten.

Komen er losse kristallen voor, dan hebben deze doorgaans een korte zuilvorm, de kleur is zwart met een groenige zweem of bruinig groen. Vaak lijkt een kristal zeszijdig, met een rhomboidale topbegrenzing en de karakteristieke 124° -splijting. Hoornblende is ook wel massief, compact of korrelig, langprismatisch, blad- of vezelvormig.

Foto ML: solitair hoornblendekristal; Lukov, Bohemen, Tsjechië; afm. grootste kristal 25 mm.

Chrysotiel-asbest, $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, monoklien, hh 2,5
Chrysotiel bestaat uit buigbare, vezelige, parallelle, gestrekte vezels, die gemakkelijk van elkaar te scheiden zijn. Het mineraal heeft een zijdeglans; de kleur is lichtgroen, bijna wit, geelbruin, ook wel eens roodbruin.

Het is een gesteentevormend, metamorf mineraal, dat voorkomt in adertjes van serpentijn, in spleten en ook wel in grote massa's. Het ontstaat uit olivijn of orthopyroxen. Vroeger vond deze vorm van asbest op uitgebreide schaal toepassing; tegenwoordig is het gebruik ervan sterk teruggelopen.

Foto MR: chrysotiel-asbest, de "ongevaarlijke" asbest, met pluizige, zachte vezels. Herkomst: Maures-gebergte, Zuid-Frankrijk; afm. 4 mm.

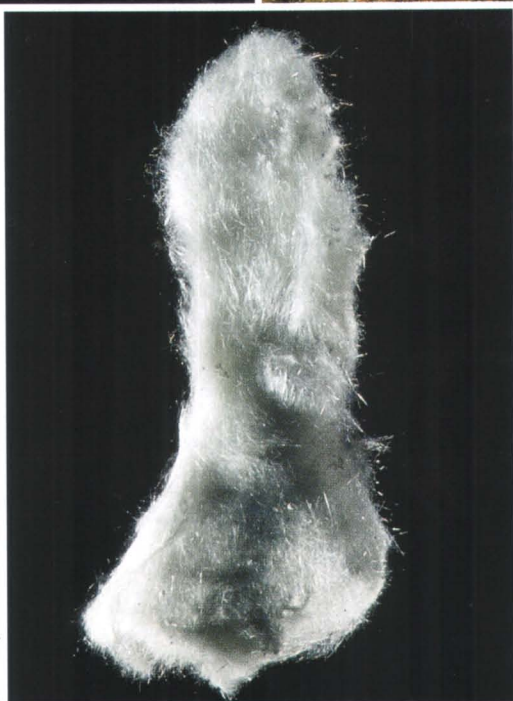
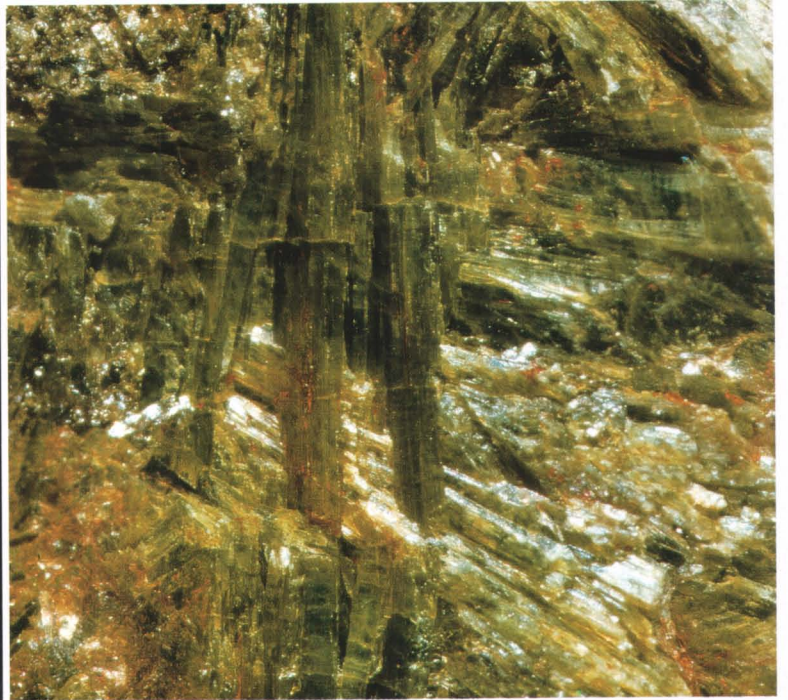
Apophylliet, $\text{KCa}_4(\text{Si}_4\text{O}_{10})_2(\text{F},\text{OH}) \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, tetrag., hh 4,5–5
Het mineraal is pseudokubisch: vaak kristalliseert het in kubusachtige vorm uit, maar ook zijn de kristallen wel tabulair, dipiramideel, lang- of vierkant-prismatisch. De prismazijden zijn vertikaal gestreept; de bipiramidele vlakken zijn vaak ongelijk.

De kleur is wit, grijs, roze, geel, groen- of blauwachtig en kleurloos, helder. De streep is wit. Sommige vlakken hebben parelmoerglans. Het is voornamelijk secundair en zit in holten van bazalt en verwante gesteenten, vaak samen met prehniet, calciet, analciem, stilbiet.

Foto OL: lichtblauwe, grove kristallen van apophylliet; herkomst Thyrrill, IJsland; afm. 4,5 mm.

Andalusiet Al_2SiO_5 orthorhombisch hh 6,5 – 7
Gewoonlijk is dit gesteentevormende mineraal rose-achtig, ook wel grijs, gelig, paarsig. Het vormt prismatische, dikzuilvormige, vaak grove kristallen, bijna vierkant in doorsnee, en ook wel massieve, vezelige aggregaten. Het mineraal ontstaat in kleiige gesteentes rondom intrusies van stollingsgesteentes. In deze contactmetamorfe aureolen komt het vaak samen voor met cordieriet. De variëteit **chiasoliet** heeft in doorsnee een zwart, kruisvormig patroon van koolachtige stof. **Viridien** is een groene variëteit, die kleur wordt door mangaan veroorzaakt.

Foto OM: andalusiet als chiasoliet; herkomst: Hu Nan, China; doorsnee van het zuilvormige kristal: 50 mm.



(vervolg van pag. 44)

Groep- of Soro-silicaten

Als twee SiO_4 -tetraëders een O delen, krijgen we een gekoppelde Si_2O_7 -groep. In de formules van de soro-silicaten (Gr. *soros* = groep) zien we deze Si_2O_7 -eenheid terug.

Er bestaan ongeveer 120 mineralen van.

Ook bij de soro-silicaten vinden we, in ongeveer de helft van de gevallen, vaak extra zuurstof, meestal in de vorm van O of OH. Het bekende zinkmineraal Hemimorfiet: $\text{Zn}_4(\text{OH})_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ hoort hier thuis.

SiO_4 én Si_2O_7 . Er zijn ook soro-silicaten die zowel ongekoppelde als gekoppelde SiO_4 -eenheden in het kristal voeren. Een aantal belangrijke en bekende mineralen vinden we hier: Epidoot, Allaniëet, Clinozoisiet, Zoisiet, Pumpellyiet en Vesuviaan. Zoeken we, bijvoorbeeld, de formule van Vesuviaan op:

$\text{Ca}_{10}\text{Mg}_2\text{Al}_4(\text{SiO}_4)_5(\text{Si}_2\text{O}_7)_2(\text{OH})$, dan hoeven we niet te schrikken maar lezen er intengedeel juist gemakkelijk de genoemde bouwstenen van de kristallen uit af.

Van de Soro-silicaten namen we de volgende mineralen op: Epidoot; Hemimorfiet; Vesuviaan; Zoisiet.

Ring- of Cyclo-silicaten

Drie, vier of zes (noot vijf) SiO_4 -tjes vormen door een soort slang-bijt-staart-koppeling ringvormige groepen, respectievelijk Si_3O_9 ; Si_4O_{12} ; Si_6O_{18} . Er zijn ruim 100 cyclosilicaten, 50 ervan bezitten de zesring. De drie- en vierringen komen voor bij vrij zeldzame mineralen, maar van de zesringen namen we enkele bekende vertegenwoordigers op, namelijk: Beryl; Chrysocol; Dioptas; Eudialyt; Toermalijn.

De kristallen van Beryl bezitten ook uitwendig de zeszijdige symmetrie van de Si_6O_{18} -groep. Dit geldt ook voor de Toermalijnen (eigenlijk een groep van 9 mineralen).

Ketting- of Ino-silicaten

We hebben gezien dat de SiO_4 -groepjes waaruit de silicaten zijn opgebouwd onderling een O kunnen delen. Tot nu toe gebeurde dat op bescheiden schaal (in de al behandelde groep- en ring-silicaten), maar het kan ook op uitgebreide schaal, waarbij zeer veel SiO_4 -tjes zijn betrokken. Deze zijn aan elkaar geschakeld tot lange enkele of dubbele kettingen. Zo ontstaan Si_2O_6 -complexen (bij pyroxenen) en Si_4O_{11} -complexen (bij amfibolen). Evenwijdig aan de kettingen lopen spleetvlakken; de mineralen zijn stengelig en vezelig.

Van de Ino-silicaten namen we op: uit de pyroxeengroep Augiet, Aegirien, Diopsied, Spodumeen; uit de amfiboolgroep Aktinoliëet, Hooblende, Amiant; verder Astrophyllet en Prehniet.

Blad- of Phyllo-silicaten

Als de SiO_4 -tjes zich niet in één maar in twee richtingen verbinden worden min of meer vlakke platen of bladen gevormd. De afzonderlijke bladen worden onderling verbonden door metaalionen en er ontstaan stapels of pakketjes van bladen: de kristallen van de glimmers en de andere phyllosilicaten. Deze kristallen zijn doorgaans gemakkelijk in de plaatrichting te splijten omdat de krachten tussen de platen veel zwakker zijn dan de bindingskrachten in de platen. Van de glimmers of mica's zijn er een dertigtal.

Aan de glimmers verwant zijn Talk en Pyrophylliet, maar ook bijvoorbeeld Apophyllet en Agrelliet. De 20 mineralen van de **serpentijngroep** hebben, net als de glimmers, Si_4O_{10} -platen, bijv. Antigoriet, Chrysotiel, Cronstedtiet, Nepouiet = "Garnieriet". Hetzelfde geldt voor 10 mineralen van de **chlorietgroep**, o.a. Clinochloor, Chamosiet, Pennantiet = "Pennien".

De afgebeelde voorbeelden zijn van Muskoviet, Biotiet, Lepidoliet, Talk, Apophyllet, Chrysotiel, Garnieriet, en uit de Chlorietgroep: Klinochloor, Pennien, Kämmereriet en Ripidoliet.

Tekto-silicaten

Als de SiO_4 -tjes zich hebben verknoopt tot ruimtelijke netwerken spreekt men van tekto-silicaten. Hiertoe behoren o.a. de 20 veldspaten. Veldspaatvervangers zijn Nefelien, Leuciet, Petaliet, terwijl er een grote groep tekto-silicaten is die ook nog andere anionen bevat: Cancriniet, Sodaliëet, Lapis lazuli, Haüyn, Helvien.

Tot slot de groep van 50 **zeolieten**, onderscheiden in **naaldzeolieten** (Gonnardiet, Mesoliet, Natroliëet, Scoleciëet, Thomsoniet, enz.), **bladzeolieten** (Heulandiet, Clinoptiloliet, Stilbiet, Barreriet, Stelleriet,

Gismondien, Phillipsiet, Wellsiet, Harmotoom, Yugawaraliet) en **blokzeolieten** (Gmeliniet, Offretiet, Willhendersoniet, Chabasiet, Herscheliet, Levyn, Analciem, Polluciet, Wairakiet, Faujasiet). Van de tekto-silicaten werden afgebeeld: 7 veldspaten, de veldspaatvervangers Leuciet en Haüyn en de zeolieten Natroliëet, Stilbiet, Phillipsiet en Thomsoniet.

De mineralen van de kleurenfoto's:

Beryl $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ hexagonaal hh 7,5 - 8
Berylkristallen zijn gewoonlijk langprismatisch, zij hebben een zeskantige doorsnee. De overheersende kristalvormen zijn het hexagonaal prisma en het pinakoid (plat topvlak). Daarnaast komen nog vele andere soorten kristalvlakken voor. Vaak zijn de kristallen vertikaal gegroefd en ietwat als een cilinder afgerond. Beryl is bekend als edelsteen, omdat het mooie, heldere kristallen kan vormen, maar doorgaans is het troebel. Het is een (plaatselijk) zeer algemeen gesteentevormend mineraal: kristallen van meer dan 5 meter lang en 1,80 meter dik zijn bekend, die zo'n 100 ton wegen. Beryl komt dan ook grof-zuilvormig voor, ook wel tabulair, of als stengelige aggregaten.

Beryl is vooral te vinden in graniëetpegmatieten, maar ook in pneumatolitische hydrothermale aders, biotietischisten en greisen. Het element beryllium, dat in eerder uitgekristalliseerde mineralen nog niet werd opgenomen, is aangetrokken tot restplossingen van magmatische gesteenten aanwezig. In spleten en barsten worden uiteindelijk beryl-kristallen gevormd: de gewone geelwitte en troebele beryl (foto OR), soms in heel lange zuilen, samen met andere laat-uitkristalliserende mineralen, zoals kwarts en veldspaat. Beryl verweert op den duur tot muskoviet en kaolien. De kleur is vuilwit, geelwit, geelgroen voor de "gewone" beryl. De edele beryllen kunnen ook nog kleurloos, blauwgroen, groen, geel, roze, roze-oranje, rood, bleekblauw, blauw zijn. Beryl kan verwisseld worden met apatiet (maar dat heeft hardheid 5) en toermalijn.

Bij de edele beryllen hebben de diverse tinten hun eigen naam:

smaragd: groen door chroom (foto's BR en OM);
aquamarijn: licht- tot donkerblauw (foto BL);
goudberyl: citroen – goudgeel;
gosheniet: kleurloos;
heliendoor: lichtgeel door uraanoxide;
morganiet: roze – rood;
bixbiet: kruisbessenrood;

Bazziet is een blauwe scandium-beryl, met ook nog ijzer, natrium en zeldzame aarde-metalen aan boord.

Foto BL: aquamarijn met paarse fluoriet; Byrud, Zuid-Noorwegen; afm. 4,2 mm.

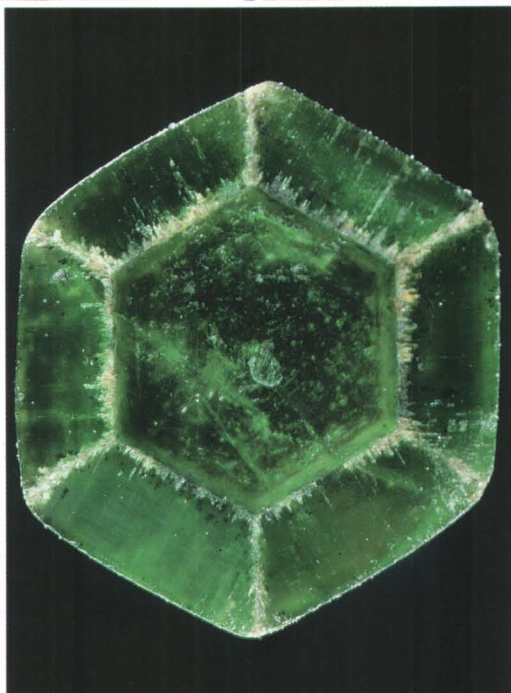
Foto BR: smaragd; Byrud, Zuid-Noorwegen; afm. 4,2 mm.

Foto OM: dwarsdoorsnee van een trapiche-smaragd, met ingesloten albiet in karakteristiek regelmatig patroon van sectoren; Chivor, Columbia; afm. 6,5 mm.

Foto OR: geelgroene, troebele beryl in lange, zeskantige kristallen, met muskoviet, kwarts en veldspaat. Herkomst: West-Kemiö, Finland; afm. 40 x 60 mm.

Astrophylliet, $(\text{K},\text{Na})_3\text{Fe}^{2+}(\text{Mn})_7\text{Ti}_2\text{Si}_8\text{O}_{24}(\text{O},\text{OH})_7$, triklien, hh3
De latvormige kristallen van astrophylliet kunnen tot 15 cm lang zijn; vaak staan ze in straalvormige of stervormige groepen van plaatjes. De kleur is bronsgeel tot goudbruin. Het mineraal lijkt op glimmer. Het komt in nefeliënsyenieten voor, samen met o.a. veldspaat, aegirien en de natriumamfibool riebeckiet.

Foto OL: langgerekte kristallen van astrophylliet; herkomst: Skudesundskjaer, eilandje in de Langesundfjord, Zuid-Noorwegen; afm. 10 x 15 mm.



De mineralen van de kleurenfoto's

Chrysocol $\text{CuSiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ orth. of mon. hh 2
Chrysocol vormt micro-kristallijne, opaalachtige aggregaten; het komt tros- of niervormig voor, gelaagd, als korsten of aardachtig, zelden als microscopische naaldjes in radiale groepen. De kleur is blauw, blauwgroen of groen; in onzuivere vorm is het bruin tot zwart. Het komt algemeen voor in de oxidatiezone van vele koperafzettingen, samen met malachiet, azuriet, cupriet en limoniet.

Foto BL: bolvormige aggregaten van chrysocol, witte cerussietnaalden en groene malachiet. Red Gill Mine, Caldbeck Fells, Lake District, GB; afm. 6 mm.

Chloriet-groep

De mineralen uit de chlorietgroep hebben een gelaagde structuur, ze lijken in veel opzichten op glimmers. Ze hebben een perfecte splijting, waardoor ze kunnen worden gescheiden in flexibele, maar niet elastische plaatjes. Ook zijn ze wijdverbreid als fijnkorrelige of schubbige aggregaten. Ze zijn typisch voor laaggradig metamorfe gesteenten (groenschistfaciës) en hebben op uitgebreide schaal chlorietschisten gevormd. Chlorieten zijn ook verweringsproducten van biotiet, augiet en hoornblendes; in stollingsgesteenten worden deze mineralen vaak hydrothermaal in chloriet omgezet. Vanwege hun ontstaan en voorkomen zijn het bij uitstek gesteentevormende mineralen.

* **Klinochloor** $(\text{Mg,Fe}^{2+},\text{Al})_6(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ monokl., hh 2–2,5
De kristallen van klinochloor zijn bladerig, schilferig, ongeveer zeshoekig. Soms zijn prismatische, tonvormige, vlakkenrijke kristallen gevormd. De kleur is veelal zeer licht: kleurloos, wit of gelig, bleekgroen tot olijf- of diepgroen. Klinochloor komt vooral voor in schisten, serpentieniet en andere metamorfe gesteenten.

Foto BR: klinochloor met vesuvianiet; herkomst oostflank van de Egginer, Saas Fee, Zwitserland; afm. 8 mm.

* **Pennien**, $(\text{Mg,Fe}^{2+},\text{Al})_6(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$, monoklien, hh 2,5
Pennien is een variëteit van klinochloor. Het wordt gevonden als dikke tabulaire, pseudotrigonale kristallen of als spits toelopende zeszijdige piramides. Vaak komen ze voor in kamvormige groepen; ook wel schilferig of massief. De kleur is donkergroen, ook wel smaragd- of olijfgroen, zilverwit of

gelig. Kristallijne schisten en vooral serpentijn zijn de moedergesteenten. In de Alpen komt deze chloriet massaal voor.

Foto ML: pennienkristal met driehoekige groeicentra op het kristalvlak, uit een chlorietader in serpentieniet; herkomst: Geisspfadsee, Binnental, Zw.; afm. 18 mm.

* **Kämmereriet**, $(\text{Mg,Cr})_6(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{OH})_8$, triklien, hh 2 – 2,5
Ook dit is een klinochloor-variëteit, met enkele procenten chroom. Deze opvallende, roze tot roodpaarse chloriet kristalliseert uit in spitse, zeszijdige dubbelpiramides. De glimmerachtige splijting is zeer goed. Het komt voor in chroomafzettingen, vaak samen met uvaroviet (chroom-granaat). Het ontstaat op chromiet bij de omzetting van olivijn gesteente naar serpentijn. Meestal komt het voor als een dunne huid of als korsten, maar soms is het te vinden als tot 1 cm grote, prachtig perzikbloesemkleurige kristallen.

Foto MR: kämmererietkristallen; Kop Daglari, Anatolië, Turkije; beeldhoogte 3 mm.

* **Ripidoliet**, $(\text{Mg,Fe,Al})_6(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$, monoklien, hh 2–3
Deze klinochloor-variëteit vormt nauwelijks kristallen, maar wel schubjes en plaatjes, vaak in wormvormig gebogen zuilen, die op onverpakte, losse geldrolletjes lijken, met bovenelkaar liggende plaatjes als "munten" (zie foto OR). Ook komt ripidoliet voor als bolletjes, als laagjes en als stof op vele Alpiene bergkristallen, albiten, titanieten.

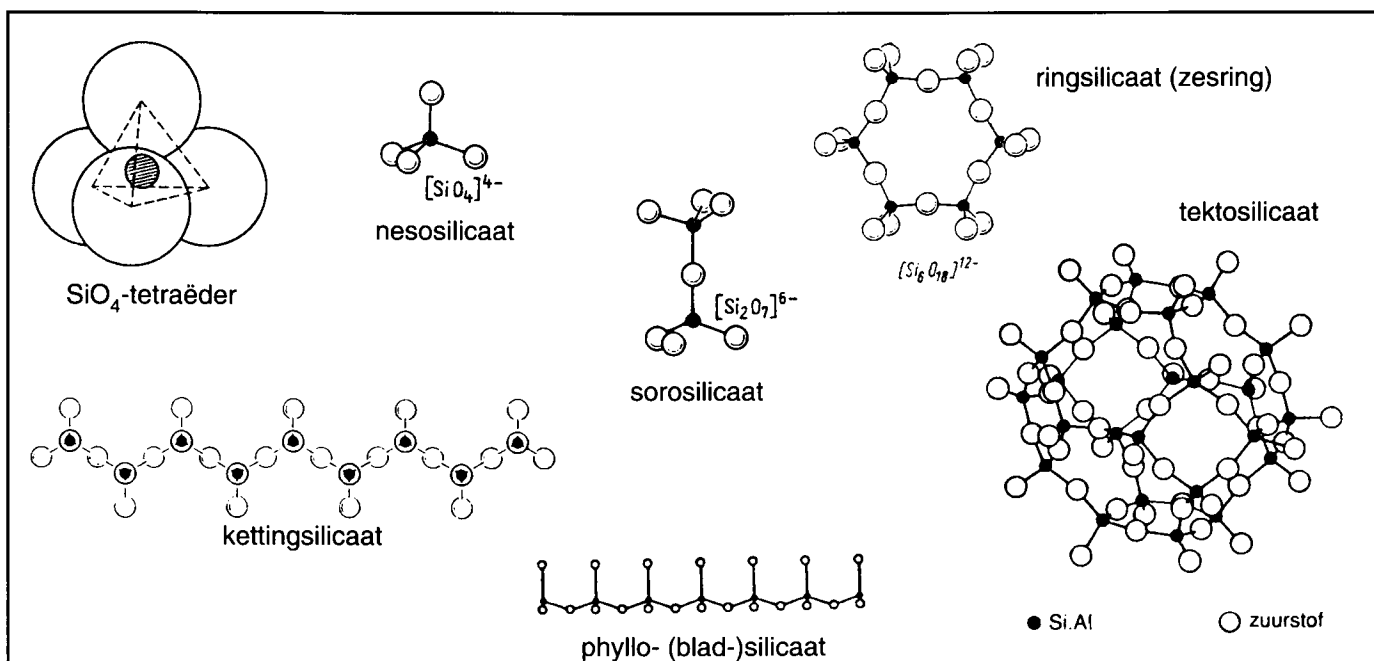
Het is de hoofdcomponent van vele chlorietschisten; ook in ertsaders komt het wel voor. De kleur is groen, grijsgroen tot donkergroen, bruinig.

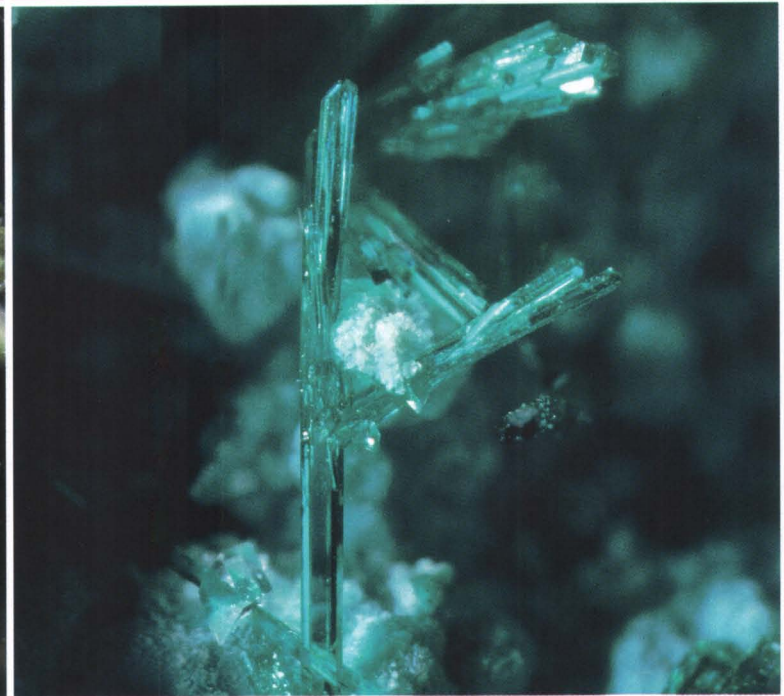
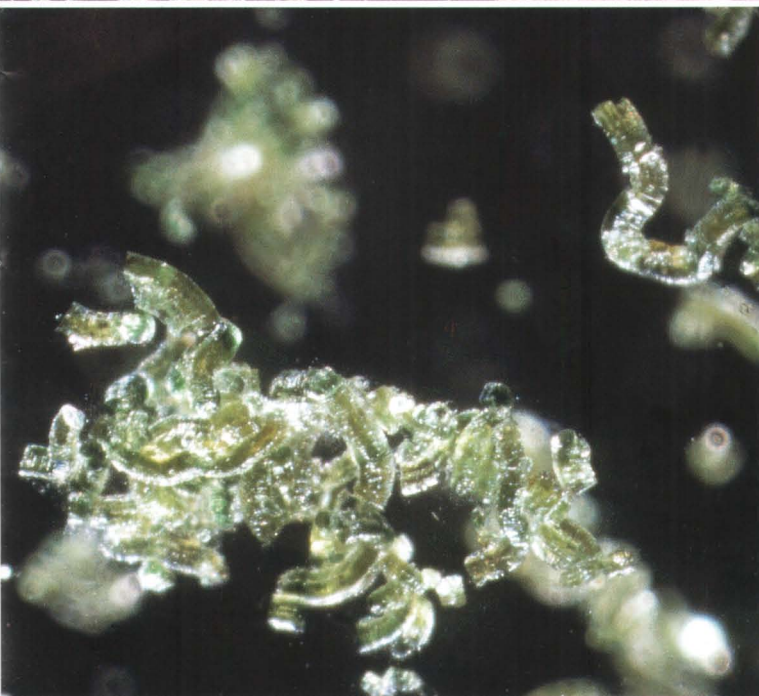
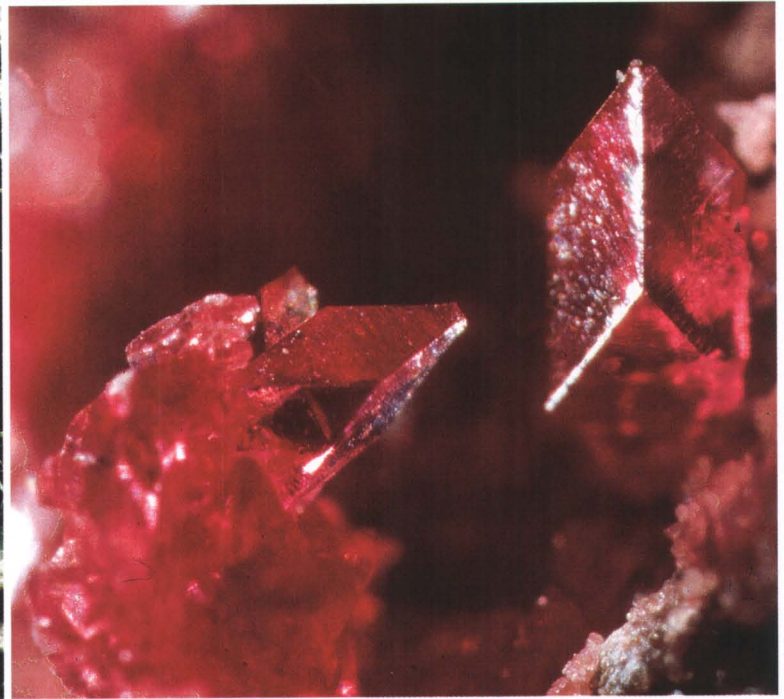
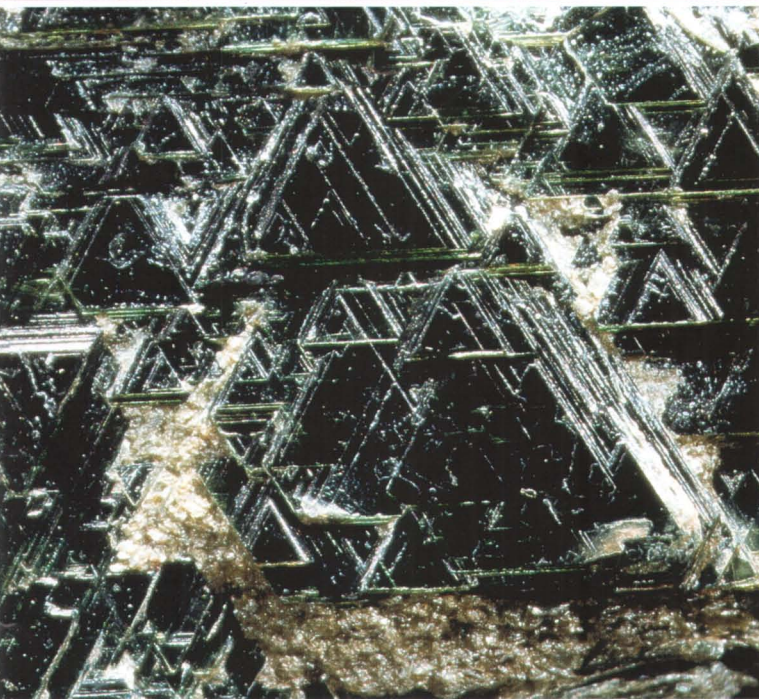
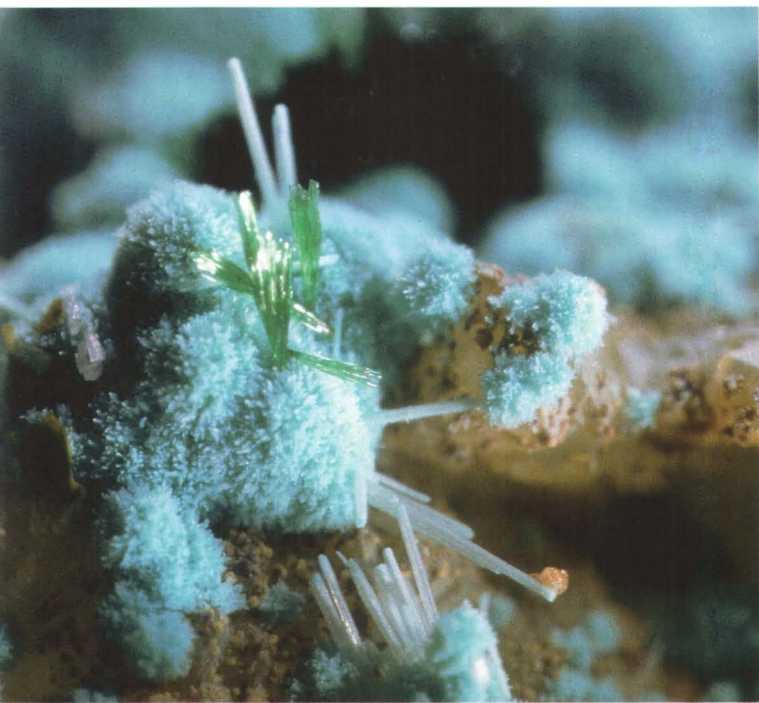
Foto OL: ripidoliet, ingesloten in kwarts. Groene wormvormige, "wollige" aggregaten; door de insluiting in kwarts is de eigen vorm bewaard gebleven. Geslepen steen, herkomst onbekend. Afm. 4 mm.

Dioptaas $\text{Cu}_2\text{SiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ trigonaal hh 5
De kristallen zijn kort- tot langprismatisch, vaak zijn ze beëindigd door rhomboëders (schuine vlakjes). De kleur is smaragdgroen tot diep blauwgroen; de streep is bleek groenblauw. Het is een mineraal uit de oxidatiezone van koperafzettingen; soms zit het wel in holten van vulkanische gesteenten.

Foto OR: dioptaaskristallen; herkomst: Payson District, Gila County, Arizona, USA; afm. 5 mm.

Schematische voorstelling van de manieren waarop de SiO_4 -tetraëders van silicaten met elkaar gekoppeld zijn. Op deze koppelingen van SiO_4 -groepen berust de systematische indeling van de silicaat-mineralen.





De mineralen van de kleurenfoto's

Epidoot $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe}^{III})_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$ monoklien hh 6 – 7

Dit algemene, gesteentevormende mineraal komt in veel kristalvormen voor. De kristallen zijn kort- tot langprismatisch, vaak diep gestreept, ook wel dik-tabulair of naaldvormig. Vaak zitten er grote aantallen kristallen bij elkaar, of zijn er vezelige, stralige aggregaten met naalden in bosjes, korsten, huidjes of compacte massa's. Dikwijls zijn de kristallen lamellair vertweelgd. Epidoot is donkergroen, zwartig groen, lichtgeel, geelgroen of bruingroen. Ook pistachegroen is een gangbare kleur, hiernaar heet epidoot ook wel pistaciet.

Epidoot komt voor in regionaal-metamorfe gesteenten, met name in de Alpen. In de zg. epidoot-amfibolietfaciës komen behalve epidoot o.a. basische plagioklaas, granaat, pyroxeen, amfibool voor. Gabbromassieven kunnen overgaan in epidootschisten. Bevatten deze holruimten dan kunnen daarin mooie idiomorfe epidootkristallen voorkomen. Ook pseudomorfofen, naar o.a. plagioklaas, granaat, augiet, zijn talrijk. In stollingsgesteenten is epidoot vaak een laatmagmatisch mineraal. Epidoot kan een belangrijk zwaar mineraal in zand zijn.

Epidoot is een van de mineralen uit de epidootgroep. Andere leden van deze groep zijn **piemontiet**, het cerium bevattende **allaniet**, **klinozoisiet** en het orthorhombische **zoisiet** (zie pag. 61, OR)

Foto BL: donkerbruingroene, langprismatische epidoot langs een kwartskristal; Noorwegen; 19 mm hoog.

Foto BM: granitisch gesteente met epidootlaagjes (olijfgroen), witte albietlamellen en alkaliveldspaat (roze mikrokliën). Herkomst: groeve Landsverk, Evje, Zuid-Noorwegen; afm. 38 x 52 mm.

Eudialyt, $\text{Na}_4(\text{Ca,Ce,Fe})_2\text{ZrSi}_6\text{O}_{17}(\text{OH,Cl})_2$, trigon., hh 5–5,5

De kristallen zijn kort tot lang prismatisch of dik tot dun tabulair. Hun kleur is geelbruin, bruinrood, rose of rood; de streep is kleurloos. Eudialyt komt vooral voor in nefelien-syenieten en hun pegmatieten, samen met mikrokliën, nefelien, aegirien en lamprophylliet.

Lamprophylliet is een goudbruin tot donkerbruin mineraal, met gestrekt-tabulaire kristallen of fijne naalden in stervormige aggregaten. Voorkomens liggen in de alkalimassieven van o.a. het Kolaschiereiland

Foto BR: kersrode eudialyt, zwarte aegirien en bruine lamprophylliet, samen met witte veldspaat en grijze nefelien. Herkomst: Kolaschiereiland, Rusland; afm. 10 x 15 mm.

Garnieriet $(\text{Ni,Mg})_6(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8$ hh 2 – 4

Garnieriet is de algemene term voor nikkel-hydrosilicaten. Deze nikkel-serpentijn vormt geen kristallen maar is uit een gel neergeslagen; hij is groen en heeft een microscopisch fijne, agaatachtige bandering. Garnieriet is afkomstig uit olivijn gesteenten, waar hij bij tropische vertering en aanrijking van nikkel ontstaat in bijvoorbeeld karstdolines van kalksteen in de buurt van een serpentijnvoorkomen.

Pimeliet, $(\text{Ni,Mg})_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, monoklien hh 2,5
Dit is een variëteit van talk; het vormt een massief, zeer fijnkorrelig aggregaat, dat ook aardachtig voorkomt. De kleur is appelgroen tot wit. Het is een nikkel-saponiet en is bekend uit verscheidene voorkomens van garnieriet.

Foto M: garnieriet, nikkelserpentijn (groot exemplaar) en pimeliet (twee kleine stukjes); herkomst: Szklary, Polen; afm. 25 x 16 cm.

Glimmer-groep

De glimmer-groep bestaat uit een 30-tal aparte mineralen, die echter hun gelaagde kristalstructuur gemeen hebben. Zij hebben alle een plaatvormige, pseudo-hexagonale morfologie en een perfecte basale slijping, de beste van alle mineralen.

* **Muskoviet**, $\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH,F})_2$, monoklien, hh 2,5 – 4

Deze kleurloze glimmer komt in mooie pseudo-hexagonale kristallen voor: "boekjes" van talloze, gemakkelijk te splijten plaatjes. Nog welbekend, maar uit de tijd, zijn de mica haardruitjes die ooit van grote muskovietplaten gemaakt werden.

Behalve kleurloos komt muskoviet ook in grijstinten, groenig, gelig, bruinig voor. Het is een belangrijk gesteentevormend mineraal: magmatisch in graniëten en graniëtepegmatieten, metamorf in fyllicten, schisten en gneizen.

Variëteiten van muskoviet zijn **phengiet** en **sericiet** en het felgroene **fuchstiet**. Sericiet vormt zéér fijne schilfertjes. Maar muskoviet kan ook platen van vierkante meters groot vormen en een enkel kristal uit India weegt 85 ton. Mineralenzoekers kennen de bepaald flinke handstukken uit de graniëtepegmatieten bij Evje.

De vorm is tabulair, zeshoekig, lamellair, of schubvormig verspreid of in massieve aggregaten. Aggregaten zijn ook pluim- of stervormig of rond.

Wat voor muskoviet geldt is op de meeste glimmers van toepassing.

Foto MR: muskoviet (variëteit phengiet), op albietkristallen; Albrunpas, Binnental, Zw.; afm 10 mm.

* **Biotiet**, $\text{K}(\text{Mg,Fe}^{III})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, monoklien, hh 2,5 – 3

Deze donkere glimmer kan zwart, donkerbruin, roodbruin of soms wel groen zijn.

Biotiet is zeer algemeen, komt nog meer voor dan muskoviet, en is een bestanddeel van allerlei soorten gesteenten, zowel magmatische als metamorfe. Gneizen en glimmerschisten bevatten heel wat biotiet, maar ook graniëten, diorieten en vele lava's, om maar enkele te noemen. In sedimenten verweert het mineraal snel, het is ook erg transportgevoelig.

Een vergelijkbaar mineraal is **phlogopiet**. Ook dit is een magnesiumrijke glimmer, die echter ijzerarm is. De kleur is lichter, meer geelbruin. Komt voor in metamorfe kalkrijke gesteenten.

Foto OL: biotiet in kogelvorm; herkomst: Galicië, Noordwest-Spanje; afm. 64 mm.

* **Lepidoliet**, $\text{K}(\text{Li,Al})_3(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{F,OH})_2$, monokl., hh 2,5 – 3

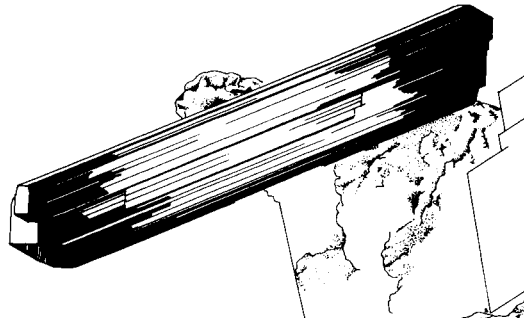
De kleur van deze lithiumglimmer heeft tinten van roze naar violet, maar is ook wel lichter: kleurloos, wit, grizig, gelig en is dan moeilijk van muskoviet te onderscheiden.

De kristalvormen zijn vergelijkbaar met die van de andere glimmers. Het voorkomen is vrijwel beperkt tot graniëtepegmatieten; het is het meest algemene lithiummineraal.

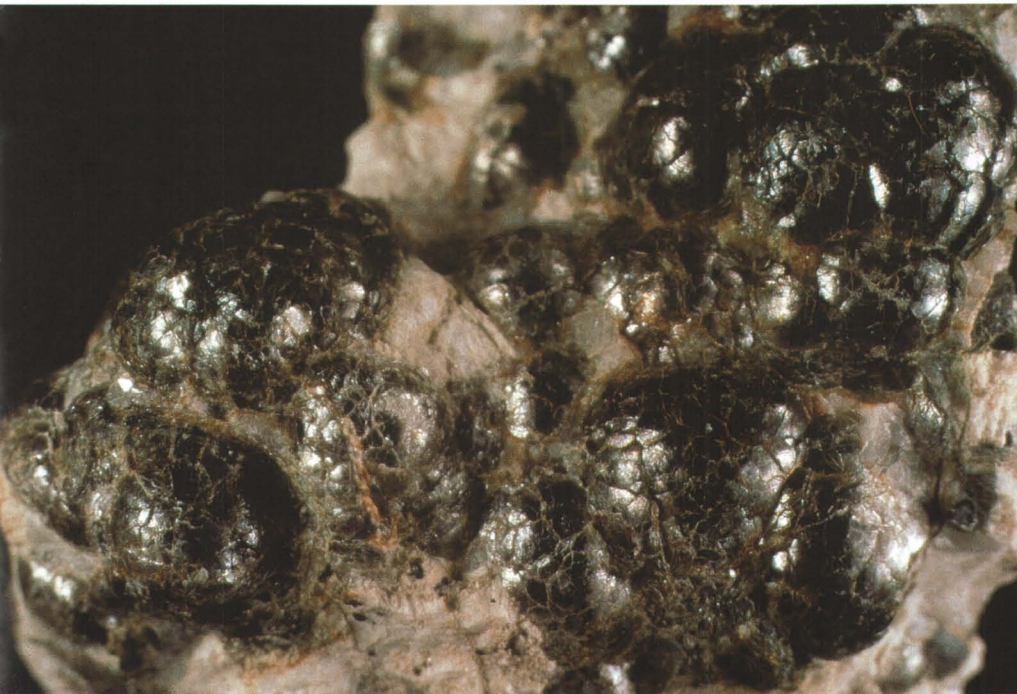
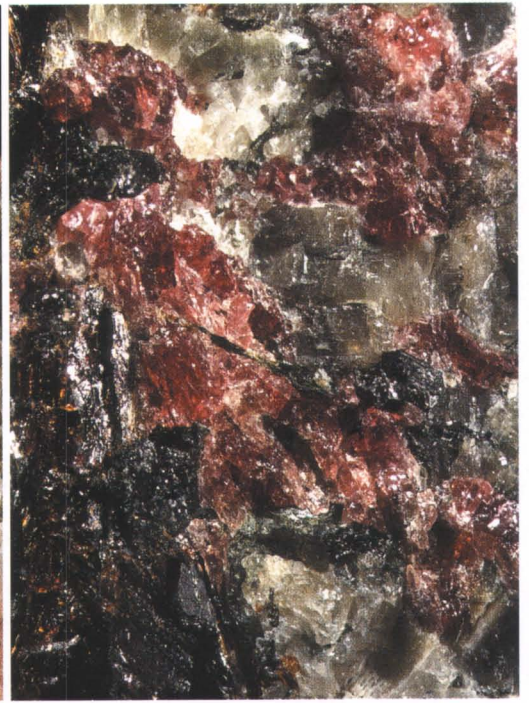
De kalium is vaak vervangen door natrium, rubidium of cesium; ook calcium, barium, strontium en andere elementen kunnen in het kristalrooster worden ingebouwd.

De ^{87}Rb : ^{87}Sr -ratio, een algemeen gebruikte methode voor de bepaling van de absolute ouderdom van gesteenten, wordt aan lepidoliet gemeten.

Foto OR: lepidoliet, rose lithiumglimmer, met witte albiet. Herkomst: Harding, New Mexico, USA; afm. 20 x 30 mm.



allaniet, dubbeleinder
tekening: Jan Schilthuizen



De mineralen van de kleurenfoto's

Granaat-groep kubisch hh 6,5 - 7

De granaten vormen een groep mineralen waarvan de kristallen op het oog veel op elkaar lijken, maar die wel een verschillende chemische samenstelling hebben. Ze zijn vooral karakteristiek voor metamorfe gesteenten (schisten, gneizen, eklogieten), maar worden ook wel in sommige stollingsgesteenten gevonden (granieten, graniet-pegmatieten), en als losse korrels in het sediment (vaak vormen granaten het grootste deel van de zware fractie in zand). De groep wordt in twee ondergroepen verdeeld: de *pyralspiet*- en de *ugrandiet*-reeks. Pyralspiet staat voor:

Pyroop	$Mg_3Al_2Si_3O_{12}$,	in basische stollingsgesteenten: peridotiet en serpentinet; kimberliet.
Almandien	$Fe^3_3Al_2Si_3O_{12}$,	de gewone granaat van schisten en gneizen.
Spessartien	$Mn_3Al_2Si_3O_{12}$,	zwak metamorfe omgeving met mangaan, in granieten en pegmatieten.

Ugrandiet heeft als granaatmineralen:

Uvaroviet	$Ca_3Cr_2Si_3O_{12}$,	in chroomhoudende serpentinieten.
Grossulaar	$Ca_3Al_2Si_3O_{12}$,	in metamorfe onzuivere kalken.
Andradiet	$Ca_3(Fe^{2+}, Ti)_2Si_3O_{12}$,	in metamorfe kalken en metasomatische kalkhoudende gesteenten.

De genoemde granaatmineralen zijn in wezen niet-bestaande eindleden van mengreeksen. Er is een complete variatie in samenstelling mogelijk tussen de leden van elke groep onderling. De leden van de twee verschillende groepen zijn niet mengbaar.

De kristallen van granaat zijn meestal de rhombendodekaëder (granatoëder) of de trapezoëder (leucitoëder), maar ook vele andere vlakken en combinaties uit het kubische kristalstelsel komen voor. De kristallen kunnen heel groot zijn, maar ook fijnkorrelige aggregaten vormen. In de kleur is grote variatie, deze hangt vooral af van de samenstelling. De pyralspiet-granaten zijn doorgaans dieprood, bruin of bruinzwart; van de ugrandieten is uvaroviet groen, grossulaar oranje, roze, bruin, groen of wit en andradiet geel, bruin of zwart. Zonair bouw is typerend: tijdens de groei verandert de samenstelling van de omgeving en de samenstelling van het groeiende mineraal past zich hierbij aan.

Foto BL: oranje grossulaar (hessoniet); Jeffrey Mine, Asbestos, Quebec, Canada; afm. 12 mm.

Foto BR: grote rhombendodekaëders van almandien op schist; Oostenrijk; afm. 80 mm, ribbe grootste kristal 12 mm.

Foto ML: groene chroom-grossulaar (groen door ca. 10% Cr_2O_3); Jeffrey Mine, Asbestos, Quebec, Can.; afm. 10 mm.

Hemimorfiet, $Zn_4Si_2O_7(OH)_2 \cdot H_2O$, orthorh., hh 4,5 - 5

De kristallen zijn dun-tabulair, verticaal gestreept. De twee eindbegrenzingsvlakken zijn verschillend (dit heet *hemimorfie*). Vaak zijn er waaivormige aggregaten. Doorgaans zijn de kristallen klein en op de ondergrond gegroeid. De kleur is meestal wit of kleurloos. Een andere verschijningsvorm van hemimorfiet vertoont massieve, korrelige, stalactitische, niervormige massa's met een vezelige structuur. Deze aggregaten zijn vaak gekleurd: bleekblauw, bleekgroen, enz. Zij komen samen voor met o.a. smithsoniet, sfaleriet, galeniet, cerussiet, calciet.

Hemimorfiet is een wijdverspreid secundair mineraal in de oxidatiezone van erts en of in gelaagde kalksteen.

Foto MR: hemimorfiet en aurichalciet; herkomst: Serpieri-schacht bij Lavrion, Gr.; afm. 4,5 mm. Zie ook rosasiet en hemimorfiet, pag. 29, foto BR.

Kyaniet Al_2SiO_5 triklien hh 4 - 7
Kyaniet of distheen vormt kristallen van afgeplatte, breedstengelige prisma's, waarvan de eindvlakken slecht ontwikkeld zijn. De kristallen

zijn soms gebogen of gedraaid; algemeen zijn aggregaten van door elkaar gegroeide vezelig-stralige kristallen. Vaak zijn er lamellaire tweelingen, die tweeling-streping veroorzaken. Er is een zeer duidelijke splijting, in de lengterichting, maar ook dwars. Deze splijting in twee richtingen geeft aan het oppervlak een trede-vormige structuur. De kleur is niet egaal maar varieert, zelfs in één kristal; deze is donkerblauw, lichtblauw, wit, groenig, tot grijs toe. Een typisch kenmerk is het grote verschil in krashardheid in de lengterichting (4 - 4,5) en dwars daarop (6 - 7). Vandaar de naam *di-stheen* = twee krachten.

Kyaniet komt wijdverbreid voor in gebieden met regionale metamorfose van kleiige, aluminiumrijke afzettingen, die zijn veranderd in muskovietschisten en gneizen. In sedimenten is het mineraal bestendig en komt het als losse korrels voor.

Foto OL: kyaniet (blauw) met stauroliet (bruin), langprismatische kristallen, vergroeid, in paragonietschist (paragoniet = natrium-glimmer). Herkomst: Pizzo Forno, Tessin, Zw.; afm. 21 mm.

Lazuriet, $(Na, Ca)_8(Al, Si)_{12}O_{24}(S, SO_4)$, kubisch, hh 5 - 5,5
Lazuriet of **lapis lazuli** is een mineraal uit de sodaliet-groep (zie ook hauyn, pag. 59, OR). Het vormt zelden kristallen en is meestal massief: compact of fijnkorrelig. De kleur is blauw: diepblauw, hemelsblauw, paarsblauw, groenigblauw; vaak is een handstuk niet homogeen van kleur. De streep is helderblauw, lichter dan de eigen kleur.

Lapis komt voor als contactmetamorf mineraal, vaak met calciet en pyrietkorreltjes. Het is een siersteen; vroeger was het de natuurlijke kleurstof voor ultramarijn. Het komt plaatselijk in winbare hoeveelheden voor, wel ver weg: NO-Afganistan; Baikalmeer, Siberië; Chili.

Foto OM: aangeslepen plaat van lazuriet; westzijde Baikalmeer, bij de Mala Bistraja-rivier, Rusland. Afm.: 88 mm.

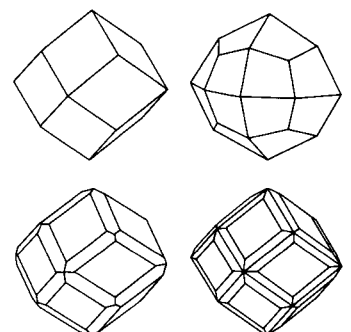
Olivijn $(Mg, Fe)_2SiO_4$ orthorhombisch hh 7

Olivijn is een verzamelnaam voor een mengreeks, die **fayaliet** ($Fe^2_2SiO_4$) en **forsteriet** (Mg_2SiO_4) als eindleden heeft. Olivijn is een zeer belangrijk gesteentevormend mineraal; waarschijnlijk bestaat de aardmantel voor het grootste deel uit deze materie. Aan het aardoppervlak komt het voor in gesteenten die uit de diepte zijn omhooggekomen: dunieten, peridotieten, pyroxenieten, bazalten. Forsteriet is ook aanwezig in onzuivere dolomitische kalken. Olivijn komt ook voor in meteorieten en in vulkanische zanden. Onder hydrothermale omstandigheden zet het om in serpentijn. Omdat olivijn gevormd is onder omstandigheden die sterk verschillen met die aan het aardoppervlak is het niet erg stabiel en verweert het gemakkelijk.

Als olivijn in idiomorfe kristallen voorkomt is dat meestal in prismatische of dik-tabulaire kristallen met wigvormige uiteinden, vaak verticaal gestreept. Gewoonlijk is het echter in onregelmatige korrels, massief en compact te vinden.

De kleur van forsteriet, de magnesiumrijke olivijn, is groen tot citroengeel, zelfs wit. De aanwezigheid van ijzer maakt de kleur donkerder: fayaliet is groengeel, groen, geelbruin, bruin. Vaak zijn de kristallen zonair: in het centrum is de samenstelling magnesiumrijker en lichter. Olivijn van edelsteenkwaliteit heet peridoot, ook wel **chrysoliet**. De laatste is een heldere, bleekgroene siersteen, o.a. afkomstig van de "Mijn van koning Salomo" op het Rode-Zee-eiland Zebirget en was al geliefd bij Cleopatra!

Foto OR: doorzichtig olivijnkristal (chrysoliet) met streping. Herkomst: Zebirget, Rode Zee, Egypte. Afm. 19,5 mm.



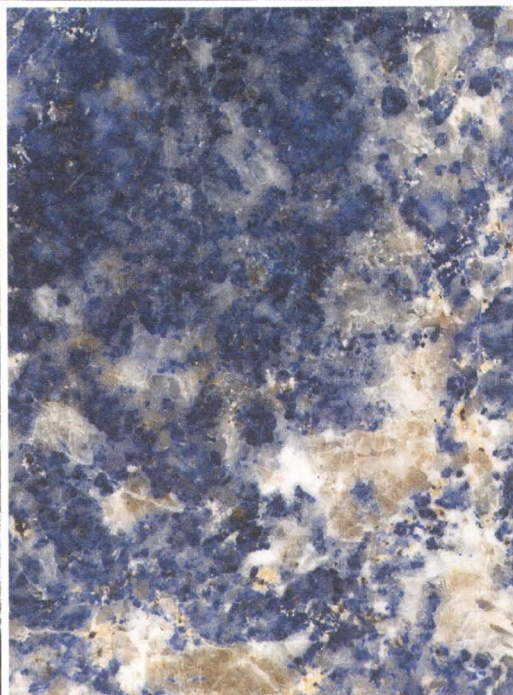
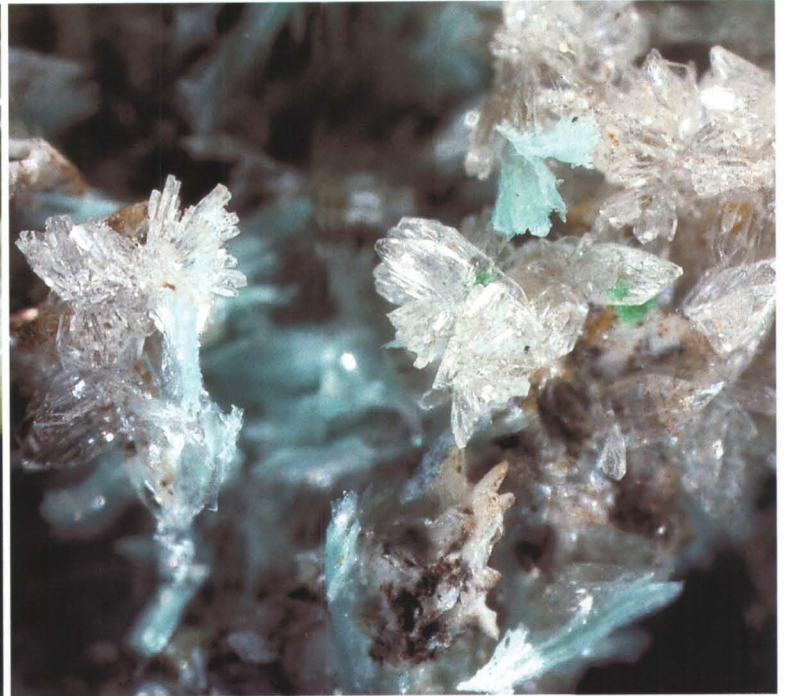
Granaatkristallen.

BL: rhombendodecaëder;

BR: trapezoëder, of leucitoëder;

OL: combinatie van rhombendodecaëder met trapezoëder;

OR: idem met hexoctaëder.



De mineralen van de kleurenfoto's:

Prehniet $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ orthorhombisch hh 6 – 6,5
Solitaire kristallen van prehniet zijn zeldzaam. Meestal staan de tabulaire, vaak gekromde kristallen als een hanekam of waaivormig in holten. Ook komt het mineraal wel in prismatische kristallen voor, met stralige structuur in kogelvorm of tonvorm, stalactitisch, niervormig, als platen of als laagjes.
De kleur is meestal lichtgroen, gelig groen, ook wel kleurloos of wit. Prehniet is secundair of hydrothermaal, in holten in mafische gesteenten, basische stollingsgesteenten, metamorfe schisten. Het komt samen voor met zeolieten: thomsoniet, stilbiet, heulandiet, wat de herkenning bemoeilijkt, maar de hardheid van prehniet is veel groter.

Foto BL: prehniet-aggregaten met chalcopyriet. Herkomst: Kreimbach, BRD; afm. 18 mm.

Pyroxeen-groep

De pyroxenen zijn een belangrijke groep gesteentevormende mineralen, waartoe orthopyroxenen en clinopyroxenen behoren. De orthopyroxenen zijn orthorhombisch en vormen één enkele mengreeks: $\text{MgSiO}_3 - \text{FeSiO}_3$, met als voornaamste leden **enstatiet** (magnesiumsilicaat) en **hyperstheen** (ijzermagnesiumsilicaat). De kleur is bleekgroen tot donkergroenbruin-zwart, al naar het ijzergehalte. De clinopyroxenen hebben een chemische samenstelling die tussen vier eindleden ligt, wat de preciese bepaling van hun positie vrij moeilijk maakt: MgSi_2O_6 , FeSi_2O_6 , $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ en $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$ zijn de vier componenten van het systeem. Daarbij kunnen ook nog mangaan, lithium, titanium, aluminium of natrium in bepaalde gevallen een plaats in het kristalrooster innemen.
Clinopyroxenen vormen gewoonlijk dikke prisma's met een vierkante of achthoekige dwarsdoorsnede (zie foto ML). Een gemeenschappelijk kenmerk van pyroxenen zijn hun duidelijke splijtingen in de verticale richting van de prismatische kristallen: de twee splijtingsrichtingen staan met een hoek van 87° , dus bijna loodrecht, op elkaar.

De bekendste leden van de clinopyroxengroep zijn **diopsied**, **hedenbergiet**, **augiet** en **pigeoniet** (met Mg, Fe en Ca); **jadeiet** en **aegirien** (met Na) en **spodumeen** (met Li).

* **Diopsied** $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ monoklien hh 5 – 6
De kristallen van deze pyroxeen zijn zuilvormig, ze hebben een nagenoeg rechthoekige dwarsdoorsnede. De kleur is wit, geel, bruinachtig, lichtgroen. Chroomdiopsied is donkergroen. Behalve prismatisch is het mineraal ook wel korrelig, vezelig-stralig, of uit staafjes samengesteld.
Diopsied heeft een belangrijke calciumcomponent; het ontstaat o.a. bij voortgaande metamorfose uit siliciumrijke dolomieten (skarnen).

Foto BR: witte diopsied met parallelgroei, samen met rode grossulaar (CaAl-granaat), op rodingiet. Herkomst: ofiolietzone aan de oostzijde van de Egginer, omgeving Saas Fee, Zw.; afm. 9 mm.

* **Augiet** $\text{Ca}(\text{Mg},\text{Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$ monoklien hh 5 – 6
Deze clinopyroxeen bevat naast magnesium en calcium ook ijzer als hoofdbestanddeel en daarnaast mogelijk nog Na, Al, Ti. De kleur is donker: groen, groenzwart, bruin, soms iets violet (titaanaugiet). De vorm is kortprismatisch met achthoekige dwarsdoorsnede, ook wel naaldvormig (Eifel). Contactweelingen. Meestal is augiet heel moeilijk van hoornblende te onderscheiden (zie pag. 45, foto ML). Het is de meest voorkomende pyroxeen: in veel magmatische gesteenten komt augiet voor.

Foto ML: augietkristal. Boreslav, Bohemen, Tsjechië; afm. 37 mm.

* **Aegirien** $\text{NaFe}^{\text{III}}\text{Si}_2\text{O}_6$ monoklien hh 6 – 6,5
De kristallen van aegirien zijn kort- of langprismatisch en verticaal gestreept. De top is vaak spits door steile prismavlakken; deze vorm wordt wel **acmiet** genoemd. Vaak zijn er lamellaire tweelingen. De kleur is groenig-zwart, roodbruin-bruinzwart. Aegirien komt wel voor als zeer grote kristallen. Aegirien is een gesteentevormend mineraal, maar soms komen er holten voor waarin opgegroeide kristallen

zitten. Ook vormt het wel fijne vezels of haartjes. Aegirien is als natrium-pyroxeen de pyroxeen van alkaligranieten en alkalisyenieten, nefeliensyenieten en hun gang- en uitvloeiingsgesteenten.

Aegirien-augiet is een tussenvorm van augiet en aegirien; deze variëteit zit vooral in nefeliensyenieten en bijvoorbeeld in de fonolieten en leucitieten van de Eifel.

Foto M: aegirienkristallen, met witte albit; herkomst: Stavern, omgeving Larvik, Zuid-Noorwegen; afm. 3 x 4 mm.

* **Spodumeen** $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ monoklien hh 6,5 – 7
Deze lithium-pyroxeen vormt langprismatische kristallen met sterke lengtestreping; de kristallen hebben doorgaans geen eindbegrenzing. De kristallen kunnen meters lang zijn, meestal komen ze dan voor in grove, breedstralige aggregaten. Spodumeen komt vooral in pegmatieten voor; het is dan vaak troebel, kleurloos of asgrauw, geel, groen, grijs. Hydrothermaal gevormde spodumeen is waterhelder: edelspodumeen. De twee variëteiten van spodumeen zijn: **kunziet**, dat rozerood tot violet kan zijn en als siersteen wordt geslepen, en **hiddeniet**, dat groen is door iets driewaardig ijzer en chroom.

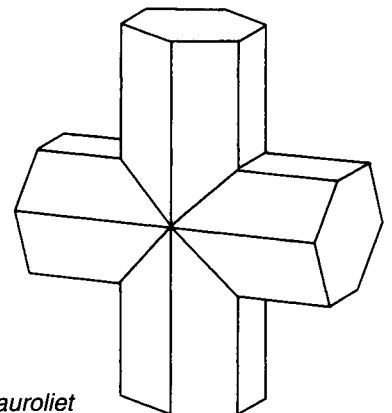
Foto MR: roze kristal van kunziet en groene hiddeniet; herkomst van beide: Minas Gerais, Brazilië; afm. 59 mm.

Stauroliet, $\text{Fe}_2\text{Al}_9\text{Si}_4\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, orthorhombisch, hh 7 – 7,5
De kristallen van stauroliet zijn goed ontwikkeld; ze zijn kortprismatisch en hebben een ruw oppervlak; er zijn weinig kristalvlakken. De kleur is donkerbruin, roodbruin, geelbruin. Stauroliet kan vergroeid zijn met kyaniet (zie kyaniet, pag. 53, foto OL). Het is een gesteentevormend mineraal, in regionaal-metamorfe gebieden met kleiige sedimenten voorkomend, samen met kyaniet en granaat. Het is resistent tegen vertering en is vaak een grote component van de zware fractie in zand.

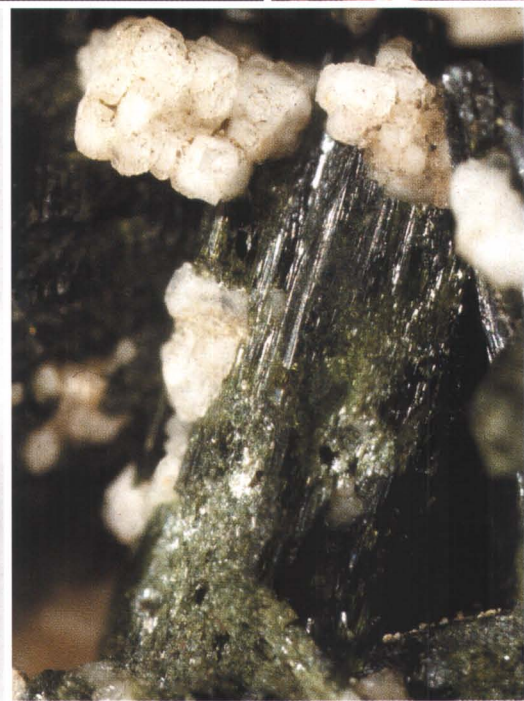
Foto OL: doorkruisings-tweeling van stauroliet, met pyroop-granaatjes erop. Herkomst: Taos, New Mexico, USA; afm. ongeveer 2 cm.

Talk $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ monoklien en triklien hh 1
Kristallen van talk zijn zeldzaam, als ze voorkomen zijn het meestal aggregaten van schubbe, schotelvormige, zelden stengelige massa's. De kleur is wit, grijs, bleekgroen; de streep is wit tot bleekgroen. Het mineraal voelt vettig aan. **Steatiet** of speksteen is massief, het wordt wel bewerkt tot dierfiguren, schaaltes en andere siervoorwerpen.
Er zijn twee manieren van ontstaan van talk. Ten eerste uit ultrabasische gesteenten. In dat geval wordt het secundair gevormd uit magnesiumrijke mineralen als olivijn, enstatiet, aktinoliet, serpentijn. Zie foto OR.
Ten tweede komt het voort uit dolomiet. Dit is het geval te Luzenac; zie monaziet, pag. 37, foto BM.

Foto OR: "edeltalk", ontstaan uit serpentijn (ultrabasisch). Herkomst: Friesach, Karinthië, Oostenrijk; afm. 76 mm.



Penetratietweeling van stauroliet



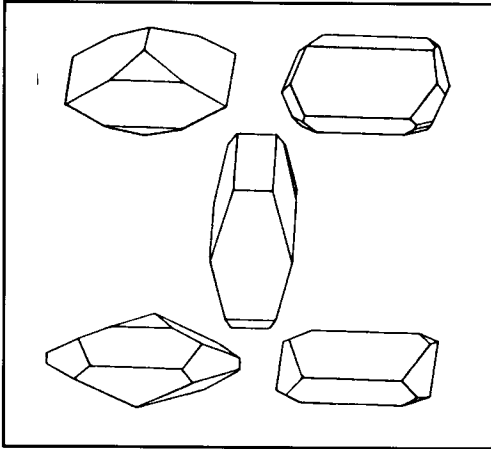
De mineralen van de kleurenfoto's

Titaniet CaTiSiO_5 monoklien hh 5 – 5,5

De kristallen van titaniet zijn meestal plat, wigvormig, ook wel prismatisch. Er komen vaak tweelingen voor, zowel doorkruisingstweelingen als contacttweelingen (foto BL). Door de wigvorm heet het mineraal ook wel sfeen (Eng. *sphene* = wig). De kleur is bruin, groengeel, roodachtig, soms grijs, bijna zwart. Glans: hars- tot diamantglans. Titaniet komt wijdverbreid als accessorisch mineraal voor in grofkorrelige stollingsgesteenten, in schisten, gneizen, metamorfe kalken, in sedimentgesteenten. Opgegroeid als vrije kristallen zit het vaak in spleten van silicaatgesteenten, bv. in de Alpen.

Foto BL: doorzichtig, niet vertweelgd, geel titanietkristal, op orthogneis. Fleschalp, NO Wannenhorn, Binntal, Zw. Afm 3 mm.

Foto ML: bruinoranje titaniettweeling, met in het midden een inspringende hoek, op dolomiet; Val Curnera, Graubunden, Zw.; afm. 8 mm. Bij 90° draaiing van de foto komt de wigvorm duidelijk tot uiting.



Titanietkristallen

Toermalijn, $\text{NaFe}^3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3\text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{OH})_4$, trigonaal, hh 6,7-7

De grootte van toermalijnkristallen varieert van zeer groot tot heel klein; het mineraal komt zowel gesteentevormend als vrijstaand voor. De kristallen zijn uitgesproken prismatisch. De prisma's zijn gestreept, korte zuilen zijn ook wel glad. Vaak zijn de prisma's gebogen of gebroken. De eindvlakken zijn aan de boven- en onderkant verschillend. Karakteristiek is de dwarsdoorsnee; deze is afgerond driehoekig.

Toermalijn komt vaak in radiaalstralig gegroepeerde kristallen voor: "toermalijnzonnen" in graniet of pegmatiet. Ook is het wel massief. Als er ijzer in toermalijn zit is de kleur zwart (schörl, met chemische formule als boven vermeld). Zonder ijzer zijn er diverse kleuren mogelijk: bruin, blauw, groen, rood, kleurloos.

Ook kan toermalijn zonair zijn, of aan één einde een andere kleur vertonen. Het pleochroïsme is zeer sterk.

Toermalijn komt veel voor, vooral in graniet. Soms komt verdringing van biotiet door toermalijn voor: *toermalinisatie*. Het mineraal bevat borium en fluor, deze elementen worden in een late fase van de kristallisatie van het magma opgenomen. Toermalijn zit dan ook in pegmatietgangen en in mariolen, vooral samen met kwarts, muskoviët, fluoriet, apatiet, topaas. Losse korrels zijn een bestanddeel van zand, concentraties van korrels komen voor als placers. Er zijn diverse kleurvariëteiten:

schörl - zwart, het meest algemeen;

draviet - donkerbruin tot bruingroen, Mg-rijk; in metamorfe kalken en dolomieten;

elbaïet. Hiertoe worden gerekend: **achroïet**, kleurloos; **rubelliet**, rozerood; **verdeliet**, groen, en **morenkop**, die lichtgroen of -geel is met een zwarte top. Elbaïet wordt geslepen als edelsteen.

Foto BR: schörl, zwarte toermalijn; herkomst: Minas Gerais, Brazilië; afm. 57 mm.

Foto M: lichtbruine draviet, op dolomiet. De typische kleur voor toermalijn in de dolomiet van het Binntal. Herkomst: Holzerspitz, Binntal, Zw.; afm. 15 mm.

Foto MR: tweekleurige toermalijn; Golconda Mine, Minas Gerais, Brazilië; afm. 35 mm.

Topaas $\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F},\text{OH})_2$ orthorhombisch hh 8

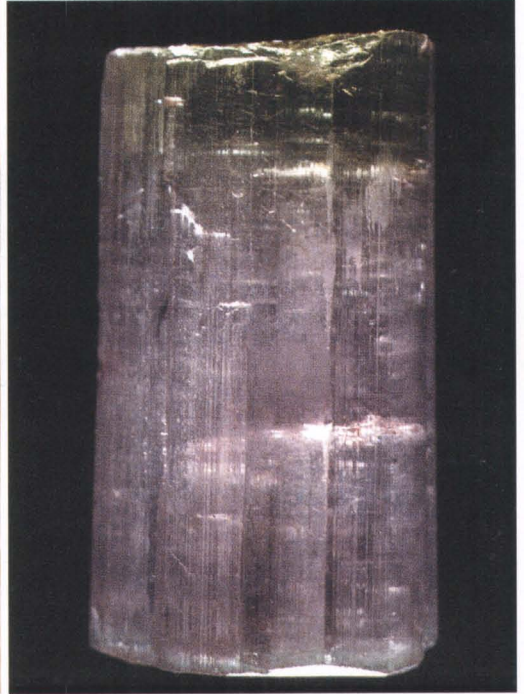
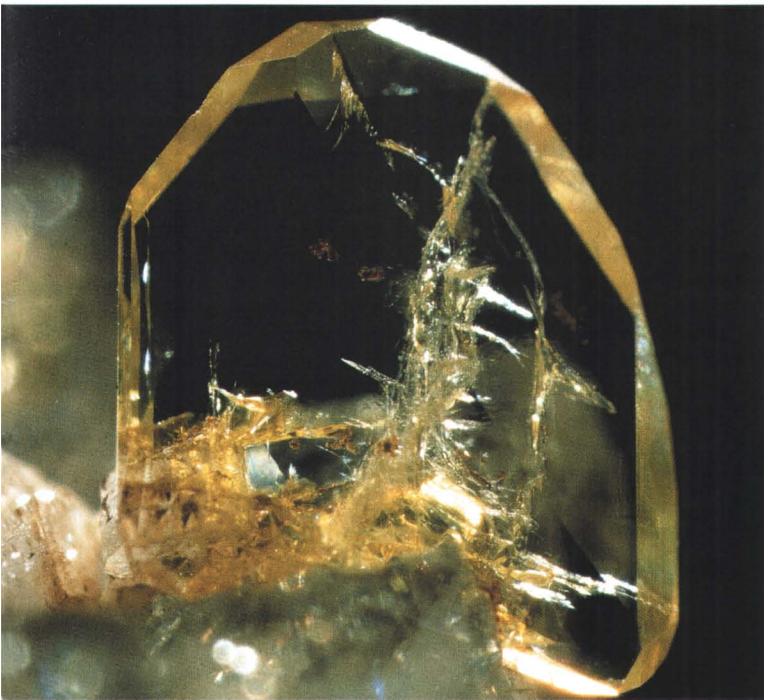
Topaas vormt goedontwikkelde, kort- tot langprismatische kristallen, die zeer groot kunnen zijn. Ze zijn vertikaal gestreept. Er zijn meer dan 140 kristalvormen bekend; bepaalde vormen zijn typisch voor de vindplaats. Ook is topaas wel grof- tot fijnkorrelig of vormt het stengelige aggregaten: **pykniet**. De splijting is volgens de basis en is zeer goed.

Het mineraal is kleurloos, wit, geelbruin-oranje (sherry-kleur); ook gelig of blauwig (door ijzer); roze-rood (door chroom). De kleur wordt door sporen van metalen veroorzaakt, of door radioactieve straling (blauw).

Topaas komt voor in pegmatieten en hogetemperatuur-kwartsaders, in associatie met "late" mineralen als kwarts, mikroklien, albiet, toermalijn, muskoviët, beryl, fluoriet, cassiteriet. Verder in holten in graniet en rhyoliet, in contactzones en alluviale afzettingen.

Foto OL: sherrykleurige topaas, met insluitsels en basale splijting. Thomas Range, Utah, USA; afm. 15 mm.

Foto OR: kleurloze topaaskristallen met spessartien in poreuze rhyoliet; Nathrop, Colorado, USA; afm. 5,5 mm.



Veldspaat-groep

De veldspaat-groep omvat alkaliveldspaat en plagioklaas. Deze aluminium-silicaten vormen samen meer dan de helft van het materiaal waaruit de aardkorst is opgebouwd: plagioklaas 39 massa% en alkaliveldspaat 12% (kwarts ook 12%). De kennis van de gesteenten (petrologie) is dus voor een groot deel aangewezen op de hoedanigheid van de aanwezige veldspaten. Deze is zeer complex. Veldspaat komt hoofdzakelijk gesteentevormend voor, zowel grof-kristallijn als in een grondmassa – vrije kristallen zijn schaars. Heel vaak komen in een gesteente beide groepen veldspaten voor. Een van de belangrijkste eigenschappen is de vertweeljing, die bij beide groepen in verscheidene vormen optreedt. Zowel bij alkaliveldspaat als plagioklaas komt zeer vaak de Karlsbad-tweelingsvorm voor, waarbij twee individuen elkaar gedeeltelijk doordringen (foto BL). Bij plagioklaas is, behalve de Karlsbad-tweeling, ook de albiet-tweeling algemeen, deze vormt parallelle lamellen (foto MR).

* Alkaliveldspaat, KAlSi_3O_8 , monoklien, triklien, hh 6–6,5

De kristallen zijn doorgaans blokvormig, ook wel tabulair. Meestal bevat alkaliveldspaat behalve kalium ook wat natrium. Dit verklaart ook de naam: kalium en natrium zijn alkalimetalen. De volgende alkaliveldspaten zijn de belangrijkste:

sanidien	monokl.	Karlsbad	kleurl., grijs/wit
orthoklaas	monokl.	Karlsbad (foto BL)	wit, rose
mikroklien	triklien	Karlsbad, albiet, periklien	wit, rose, groen

Bij mikroklien (en ook wel bij plagioklaas) treden periklientweelingen op, deze staan ongeveer haaks op de albietslamellen, zodat een "schaakbordstructuur" ontstaat. Deze is soms met een loep te zien.

Amazoniet is een groene mikroklien (foto BR).

Adulaar is een orthoklaas met kalium en natrium en heeft een eigen kristalvorm en paragenese. In Alpiene rekspleten. Foto ML.

Is het gehalte aan natrium groter dan in het kristalrooster kan worden ingepast, dan treedt er ontmenging op in de vorm van sliertjes en lensjes van natriumveldspaat: albiet. Dit is vaak het geval bij mikroklien en orthoklaas, deze structuur wordt *perthiet* genoemd.

Sanidien is de hoge-temperatuurvorm van alkaliveldspaat. Deze komt voor in zure lava's: rhyoliet, trachiet bijv., als fenokristen in de grondmassa. Snel afgekoeld en niet ontmengd.

Orthoklaas is langzamer afgekoeld. Is o.a. algemeen in granitische gesteenten, gneizen.

Mikroklien is uitgesproken een lage-temperatuurvorm. Door de langzame afkoeling kon een geordende, trikliene structuur ontstaan. Veel in granieten, granietpegmatieten (soms kristallen van meters groot), hydrothermale gangen, gneizen.

Schriftgraniet is gelijktijdig uitgekristalliseerde alkaliveldspaat (veelal mikroklien) en kwarts, geörienteerd vergroeid.

Alkaliveldspaat zet hydrothermaal en door verwerking gemakkelijk om naar **kaoliniet**: porseleinaarde.

Foto BL: Karlsbad-tweeling van orthoklaas; Marina di Campo, Elba; afm. 18 x 27 mm.

Foto BM: gepolijst oppervlak van schriftgraniet, met rose mikroklien en grijze kwarts; Frikstad, omg. Evje, Z-Noorw.; afm. 30 x 45 mm.

Foto BR: blauwgroene amazoniet; Labrador, Canada; 35 x 50 mm.

Foto ML: adulaar+ chloriet; Albrun-pas, Binntal, Zw.; afm. 35x50 mm.

* Plagioklaas, $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 - \text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, triklien, hh 6 – 6,5

Plagioklaaskristallen zijn doorgaans lat-, plaat- of blokvormig en worden niet groot: hooguit 1 – 2 cm.

De samenstelling van de plagioklaas kan variëren tussen albiet en anorthiet, de eerste is het natriumhoudende en de laatste het calciumhoudende eindlid van de mengreeks. Tusseliggende samenstellingen hebben aparte namen; hoe calciumrijker de plagioklaas is, hoe "basischer" zijn samenstelling wordt, en hoe "basischer" ook het gesteente is waarin hij voorkomt.

Achtereenvolgens worden onderscheiden: **albiet**, **oligoklaas**, **andesien**, **labradoriet**, **bytowniet**, **anorthiet**. Met het blote oog zijn de verschillen doorgaans niet te zien, wel met de polarisatiemicroscop, aan de hand van de al genoemde albiertweeljing. Plagioklaas komt in zeer veel gesteenten voor. In zure stollingsgesteenten zoals granieten, heeft hij een laag anorthiet-gehalte en is dan vaak een oligoklaas. Bij basische stollingsgesteenten, zoals bazalten, gabbro's, is het anorthietgehalte veel hoger, en is de

plagioklaas bijv. een labradoriet. In metamorfe gesteenten is de voorkomende plagioklaas mede een indicator voor de metamorfosegraad.

De lamellaire albiertweelingen werden al genoemd. Deze zijn in gunstige gevallen met de loep of zelfs het blote oog op bepaalde kristalvlakken zichtbaar, evenals de zeer veel voorkomende Karlsbad-vertweeljing.

Rode aventurijn of zonnesteen is een kleurloze oligoklaas met ingesloten bruinrode hematietblaadjes, die de oranje kleur aan het gesteente geven (foto MR).

Foto M: plagioklaaskristal en donkergroene epidoot, vrij gegroeid in holte; herkomst: omgeving Lom, Noorwegen; hoogte 28 mm.

Foto MR: oligoklaas met lamellaire albiertweelingen; de kleurverschillen ontstaan door de verschillende lichtinval. Zonnesteen, met enkele hematietblaadjes. Zuid-Noorwegen; afm. 7 x 10 mm.

Foto OL: vrijstaande albietskristallen, met Karlsbad-tweelingen. Rossaas, Iveland, Zuid-Noorwegen, afm. ca. 3 x 4 cm.

Veldspaatvervangers

Veldspaatvervangers of veldspatoiden of foïden komen voor in gesteenten waarin de bouwsteen siliciumoxide (SiO_2) niet voldoende aanwezig is om veldspaten te vormen - en al helemaal geen vrije kwarts. Er ontstaan (eventueel naast wat veldspaten) mineralen met een lager gehalte aan silicium en zuurstof. Bijvoorbeeld: in plaats van $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (albiet) wordt NaAlSiO_4 (nefelien) gevormd, en in plaats van kaliveldspaat, zoals sanidien, is leuciet het resultaat. Gesteenten met veldspatoiden worden onderverzadigde gesteenten genoemd. Onderverzadigde gesteenten zijn bijvoorbeeld nefelien-syenieten, leuciet-fonolieten en haüyn-bazalten. De Langesundfjord (Z-Noorw.), de vulkanische Eifel en Auvergne zijn enkele voorkomens van zulke gesteenten.

* Leuciet KAlSi_2O_6 tetragonaal hh 5,5 – 6

Leuciet heeft zijn naam gegeven aan de leucitoëder, de regelmatige 24-vlakkige kristalvorm of trapezoëder. Dit mineraal komt alleen in onderverzadigde, vulkanische gesteenten voor, niet in dieptegesteenten. In het magma kristalliseert het aanvankelijk kubisch uit; daalt de temperatuur tot de kritische grens dan is er een omslag naar tetragonale structuur, waarbij de uiterlijke kubische vorm behouden blijft. Inwendig ontstaan er segmenten met parallelle lamellen van herhalingsveelingen, die mogelijk als streping op de kristalvlakken te zien zijn. Vaak bevat leuciet veel insluitels, die in regelmatige patronen staan.

Een andere veldspatoid: **analcim**, heeft dezelfde leucitoëdervorm. Dit mineraal is wél kubisch; het is doorzichtig, helder, kleurloos of iets getint.

Leuciet is over het algemeen gesteentevormend, maar er zijn ook losse leucietkristallen bekend. Deze zijn kleurloos, wit of grijs, de vlakken zijn ruw, vaak gestreepd.

Foto OM: troebel kristal van leuciet in zijn karakteristieke kristalvorm. Monte Somma, Vesuvius, Italië; afm. 51 mm.

* Haüyn, $(\text{Na,Ca})_{4-8}\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}(\text{SO}_4)_{1-2}$, kubisch, hh 5,5 – 6

Haüyn is een mineraal uit de sodalietgroep, samen met sodaliet en noseaan. De kristalvorm is de dodekaëder of de octaëder. Gewoonlijk komt het voor in afgeronde korrels. De kleur is gewoonlijk (licht)blauw, ook wit en grijstinten komen voor.

Het is een schaars bestanddeel van onderverzadigde vulkanische gesteenten: nefelienbazalten, nefelinieten, fonolieten, en bekend van Laacher Seegebied (Eifel) en Monts Dore (Auvergne).

Foto OR: helderblauwe haüyn; Ettringer Bellerberg, Eifel, BRD; afm. 12 mm.

* Nefelien NaAlSiO_4 hexagonaal hh 5,5 – 6

Nefelien vormt eenvoudige, korte hexagonale prisma's met een ruw oppervlak. De kleur is kleurloos, wit, grijs, gelig, ook wel groenig, blauwig, donkergroen, bruinrood. Het heeft een vette glans, waardoor het, hoewel moeilijk, van kwarts te onderscheiden is. Nefelien en kwarts komen nooit samen voor!

Nefelien is de algemeenste veldspaatvervanger en is algemeen in onderverzadigde vulkanische gesteenten en dito dieptegesteenten met hun pegmatieten.

Foto pag. 23, BL: perovskiet met nefelien.



De mineralen van de kleurenfoto's:

Vesuvianiet, $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH},\text{F})$, tetragonaal, hh 6 – 7
Vesuvianiet, ook wel idokraas genoemd, vormt korte prisma's; vaak zijn deze kristallen mooi idiomorf gegroeid. Dikwijls is het mineraal echter korrelig, of vormt het grofgestreepte, stralige aggregaten. De kleur is groen, bruin, geel, rood, zelden blauw.
Vesuvianiet komt voor in metamorfe kalkgesteenten, nefelien-syenieten, in aders en pockets van ultrabasische gesteenten, als gesteentebestanddeel of in en op spleten. Begeleiders zijn grossulaar, epidoot, diopsied, calciet, phlogopiet.

Foto BL: bruingle vesuvianiet met chloriet (klinochloor); herkomst: oostflank Egginer, Saas Fee, Zw.; afm. 5 mm.

Zeoliet-groep

De zeolieten bezitten wijdmazige kristalroosters met ruimtes en kanalen waarin kationen als natrium, kalium, calcium, barium en watermoleculen gemakkelijk een plaats vinden. Maar bij verhitting kunnen deze ook weer snel verdwijnen of omgeruild worden. In de moderne technologie wordt deze eigenschap voor vele doeleinden benut en worden zeolieten op grote schaal gesynthetiseerd. Maar ook in de natuur komen ze in allerlei soorten voor. Zo zijn er naaldvormige zeolieten, die orthorhombisch (pseudotetragonaal) zijn, zoals natroliet. Dan zijn er bladvormige zeolieten, pseudohexagonaal. Verder zijn er nog blokvormige zeolieten, met een pseudokubische habitus.

Tot de zeolieten behoren er vele die vezelige aggregaten vormen.

* **Natroliet**, $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, orthorhombisch, hh 5 – 5,5
De kristallen van natroliet zijn prismatisch, vooral langgerekt, dun tot naald- en haarvormig. Ze vormen vaak vezelige bosjes of radiaal-stralige, bolvormige aggregaten, maar ook korrelige of compacte massa's. Ze zijn kleurloos, wit, grijs, gelig of soms roodachtig. Natroliet komt o.a. voor in holten van basalt, in hydrothermale aders, als verweringsproduct van plagioklaas of van nefelien en sodaliet in nefelien-syenieten.

Foto BR: groep natrolietkristallen. Herkomst: Ardglan, New South Wales, Australië; afm. 16 mm.

* **Stilbiet**, $\text{NaCa}_2\text{Al}_5\text{Si}_{13}\text{O}_{36} \cdot 14\text{H}_2\text{O}$, monoklien, hh 3,5 – 4
Stilbiet is een veel voorkomende zeoliet; het mineraal heet ook wel **desmien**. Het vormt altijd doorkruisingstweelingen. Het bestaat uit kruisvormige en schoofvormige aggregaten, ook is het wel radiaal-stralig, bolvormig, massief. Stengelige of warrige structuren zijn eveneens mogelijk. De kleur is kleurloos, wit, grijs, gelig, roze, honingbruin tot donkerbruin, baksteenrood. Kenmerkend is een parelmoerglans op de splijtvlakken. Stilbiet wordt gevormd in holten van bazalten, van graniet, schisten en ertsaders.

Foto ML: stilbiet; Teigarhorn (Berufjördur), IJsland; afm. 17 x 20 mm.

* **Phillipsiet**, $\text{KCaAl}_3\text{Si}_5\text{O}_{16} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, monoklien, hh 4 – 4,5
Ook phillipsiet komt voor in holruimten van bazalten, ontstaan uit omgezette veldspaten. Ook is het wel in zoute meerafzettingen of in

afzettingen van hete bronnen te vinden. Het mineraal vormt kleine kristallen, die een markante vertweeling vertonen. Enkelkristallen vormen doordringingstweelingen met prismatische vorm; twee van zulke prisma's doordringen elkaar tot een prisma met nagenoeg vierkante dwarsdoorsnee; drie van deze vierlingen doorkruisen elkaar onder ongeveer rechte hoeken, zodat een twaalfing ontstaat zoals op foto M staat afgebeeld. De kleur is ook bij phillipsiet kleurloos, wit, grijs, gelig, soms rood- of blauwachtig.

Foto M: twaalfing van phillipsiet, op een aggregaat van vierlingen. Herkomst: Schellkopf bij Brenk, Oost-Eifel; hoogte 2,6 mm.

* **Thomsoniet**, $\text{NaCa}_2\text{Al}_5\text{Si}_5\text{O}_{20} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, orthorh., hh 5 – 5,6
De naaldvormige kristalletjes van thomsoniet, die wit zijn en ook wel roodachtig, komen in aggregaten voor. De aggregaatvorm is heel vaak radiaal-stralig-bolvormig, maar ook dicht-bolvormig of waaivormig komt voor. Het mineraal lijkt op natroliet, maar de kristallen zijn meestal dikker en blokkiger. Het komt voor in holtes van lava's; in het bijzonder als een omzetting van nefelien.

Foto MR: thomsoniet-aggregaten in bazaltgeode; herkomst: Punarum, Tahiti; afm. 12 mm.

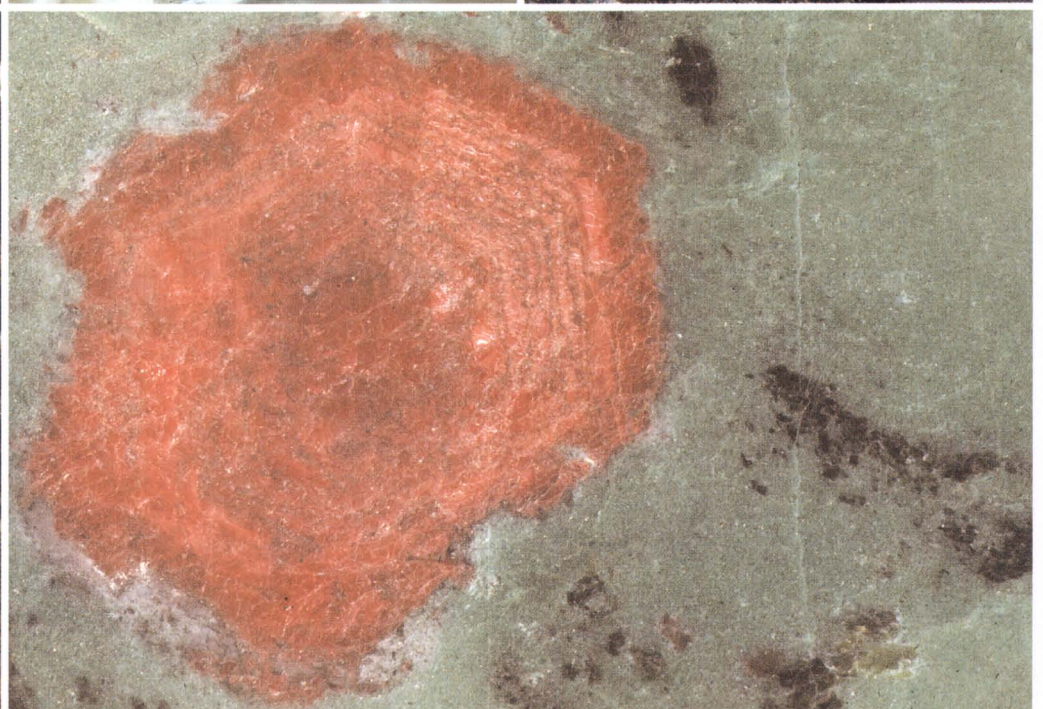
Zirkoon ZrSiO_4 tetragonaal hh 7,5
Hoewel zirkoon bekend is in zijn hoedanigheid als heldere edelsteen, komt dit mineraal meestal in troebele staat in gesteenten voor. Het is daarin een accessorisch mineraal en door zijn enorme bestendigheid alom tegenwoordig. De kristalvorm is een vierkant prisma met aan weerszijden een piramide; soms heeft het kristal geen prisma en is het een bipiramide. Tweelingen, ook knievormig geknikte, komen voor. De kleur is heel vaak lichtbruin tot roodbruin. Ook roze, geel, groen, blauw en kleurloos komen voor. De heldere typen zijn zoals gezegd als edelsteen geliefd.

Zirkoon komt als gesteentebestanddeel rijkelijk en relatief groot voor in nefelien-syeniet-pegmatieten (Langesundfjord, Kola-schiereiland; zirkoonsyeniet), maar ook is het o.a. te vinden in schisten en gneizen, in bazalten en in sedimentgesteenten. Ook is het door zijn bestendigheid en hoge soortelijke massa vaak aangerijkt in fijn zand. Door aanwezigheid van uranium en thorium in het kristalrooster is zirkoon licht radioactief.

OL: zirkoonkristal op nefelien-syeniet-pegmatiet; wegkant omgeving Tvedalen, Langesundfjord, Z-Noorwegen; afm. 5 mm.

Zoisiet $\text{Ca}_2\text{Al}_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$ orthorhombisch hh 6,5
Zoisiet is een lid van de epidootgroep (zie pag. 51). Het bevat geen ijzer en is dan ook wat lichter van kleur. Het heeft dezelfde wijze van voorkomen als epidoot, maar komt zelden als vrije kristallen voor. Meestal vormt het ruwe massa's met brede stengels en grove streping of vezelige platen. Gewoonlijk is het asgrijs, bruingrijs, groenachtig. Bekend is de rode zoisiet (**thuliet**) uit Telemarken, N., waarin mangaan de kleur veroorzaakt. Heldere, blauwe zoisiet (**tanzaniet**) komt voor in Tanzania. En dan is er ook nog de **anyoliet** uit Longido, Tanzania (foto OR). Dit is een bijna monomineralisch, groen zoisietgesteente, met weinig donkere amfibool en grote kristallen van robijn.

Foto OR: zoisiet (groen), met robijn (rode korund) en de zwarte amfibool ferrotschermakiet. Herkomst: Longido, Arusha, Tanzania; afm. 88 mm.



Klasse IX. ORGANISCHE VERBINDINGEN

De levende natuur bestaat, materiaalkundig en chemisch beschouwd, voornamelijk uit stoffen met koolstof-koolstof-bindingen. De koolstof-koolstof- (-C-C-) binding staat aan de basis van honderdduizenden biologische, "organische" verbindingen. Een zeer klein aantal daarvan wordt tot de mineralen gerekend.

Planten- en bodemzuren. Oxaalzuur, citroenzuur, azijnzuur en mellinezuur kunnen "op geochemische wijze" aanleiding geven tot zouten die dan algemeen tot de mineralen worden gerekend. Whewelliet is verreweg de beroemdste en bekendste. Dit oxalaat vormt mooie kristallen en tweeling-kristallen. Melliet is geelbruin (wordt daarom ook wel honingsteen genoemd) en kan in fraaie, grote kristallen voorkomen.

Stikstof-houdende stoffen. Ureum en Kladnoiet worden soms gevonden in bruinkoolafzettingen (vaak samen met Zwavel en Salmiak).

Koolwaterstoffen, paraffinen. Eigenaardige en interessante mineralen van deze groep zijn Kratochvilliet (mooie, parsee plaatjes), Hoeliet (zeer mooie, fijne gele naaldjes) en Idrialiet. Het laatste mineraal is bijna altijd een mengsel van Cinnaber (kwiksulfide), klei en de eigenlijke koolwaterstof Idrialiet. Het is dan massief en bruinrood.

Aardwassen. Volgens sommigen worden stoffen zoals Evenkiet en Ozokeriet tot de mineralen gerekend. Deze mengsels van stoffen zijn min of meer zuivere aardwassen, die ook uiterlijk op mineralen lijken. Ozokeriet werd vroeger massaal ontgonnen, onder erbarmelijke sociale omstandigheden, bij Boryslav, Karpaten, in het tegenwoordige grensgebied tussen Rusland en Roemenië. Het materiaal werd voornamelijk gebruikt als kaarswas van hoge kwaliteit voor de kerken.

Harsen. Barnsteen is fossiel boomhars, dat op vele vindplaatsen en in vele variëteiten wordt gevonden. Er is geologisch zeer oude en zeer jonge Barnsteen bekend. Het Barnsteen van de Oostzeekusten, al ver vóór de Romeinse tijd gewonnen, is bij ons het bekendst, en geliefd als het insluitsels bevat van prachtig geconserveerde insecten of spinnen. Copaliet is een soort hars van recente vorming. Barnsteen en zijn vele variëteiten, zoals Walchowiet, leveren bij

verhitting barnsteen zuur en aromatische producten op. Maar er zijn ook harsen die geen barnsteen zuur leveren, de zg. Retinieten.
Kolen. Tegenwoordig worden de vele koolsoorten: anthraciet, bruinkool, ligniet, shungiet, etc. niet meer tot de mineralen gerekend. Een mogelijke uitzondering kan gemaakt worden voor Git (Engels: *Jet*), een soort compacte kool, die goed gepolijst kan worden en niet zwart afgeeft. Vroeger werd Git veel toegepast als rouwsieraad.

De mineralen van de kleurenfoto's

Barnsteen hars geen kristalklasse hh 2 – 2,5
Barnsteen is een fossiel hars met variabele C : H : O – verhouding (gemiddeld 78 % C, 10 % H, 11 % O en wat S). Het heeft een onregelmatige vorm: ronde, doffe knollen en korrels, plaatvormig, stalactisch. Soms komen er in barnsteen insluitsels voor, o.a. insecten en plantendelen. De kleur is vooral honinggeel, bruin- en roodachtig, gevlamd; blauwe en groene tinten zijn zeldzaam. Het kan elektrostatisch worden opgeladen door wrijven met een doek. De breuk is schelpvormig. De glans is vetglans. Het is brandbaar met een lucifer, daarvandaan komt de naam: bernsteen van *bemen* © barnsteen. Het is lichter dan zeewater, vandaar dat het aan stranden aanspoelt en in strandafzettingen voorkomt. Barnsteen kan goed gepolijst worden en is dan in trek als edelsteen. Men hoede zich echter voor de vele soorten vervalsingen en kunstmatig aangebrachte verfraaiingen.

Foto BL: langpootmug in barnsteen. Herkomst: Oostzeegebied. Afmeting van het insect: 2 cm.

Whewelliet $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ monoklien hh 2,5
Dit organische mineraal vormt kortprismatische, tabulaire kristallen. Tweelingen zijn algemener dan enkelkristallen. Ook komt het in grof-kristallijne massa's voor. Het mineraal heeft een duidelijke splijting en een glas- tot parelglans. De kleur is kleurloos, wit, geel- of bruinachtig. Het is een zout van het organische zuur oxaalzuur: calciumoxalaat; het komt daarom in organische omgeving voor, zoals in koollagen, aardolieafzettingen, bruinkool en in de mens als bestanddeel van nierstenen.

Foto BR: whewelliet; Kladno, Tsjechië; afm. 19 mm.

Over mineralen in Gea

Vaktermen en moeilijke woorden zijn niet altijd te voorkomen. In deze mineralen-atlas kon aan de verklaring van mineralogische begrippen echter maar een bescheiden plaats worden ingeruimd. Via enkele afbeeldingen op de volgende pagina hopen we in ieder geval de in de mineraalbeschrijvingen gebruikte termen aanschouwelijk te hebben gemaakt. Maar wij moeten voor zaken als determinatie-mogelijkheden en kristallografische begrippen verwijzen naar de mineralogische boeken, waarvan onder het hoofdstuk **Literatuur** een keuze is samengebracht. Vele werken zullen inmiddels helaas nog moeilijk of niet meer te verkrijgen zijn.

In eerder verschenen Gea-artikelen is in de loop van dertig jaren heel wat mineralogische basiskennis aangedragen. Omdat de nummers waarin de bewuste artikelen werden geplaatst nog wel leverbaar zijn, geven we hier een opsomming van wat zoal verschenen is. Voor de wijze van bestellen: zie de Gea-Bijlage onder GEA-Boeken-service.

In de eerste plaats is er het themanummer

Mineralen-determinatie, door onze adviseur voor mineralogie, drs. E.A.J. Burke. Dit nummer is voorzien van een losse determinatieschijf, de Mineralenwijzer, samengesteld door W.F.K. Mann; Gea 1984, vol. 17, nr. 3. Dan het themanummer

Kristalvormen, een inleiding in de kristallografie, door drs. E.A.J. Burke, met losbladige kristalmodellen door J.J. Galama; Gea 1985, vol. 18, nr. 3. Verder artikelen, allemaal van drs. E.A.J. Burke:

Gestreepte kristalvlakken	Gea 1982, nr. 2
Tweelingkristallen	Gea 1982, nr. 4
Epitaxie	Gea 1985, nr. 4
Polymorfie	Gea 1987, nr. 2

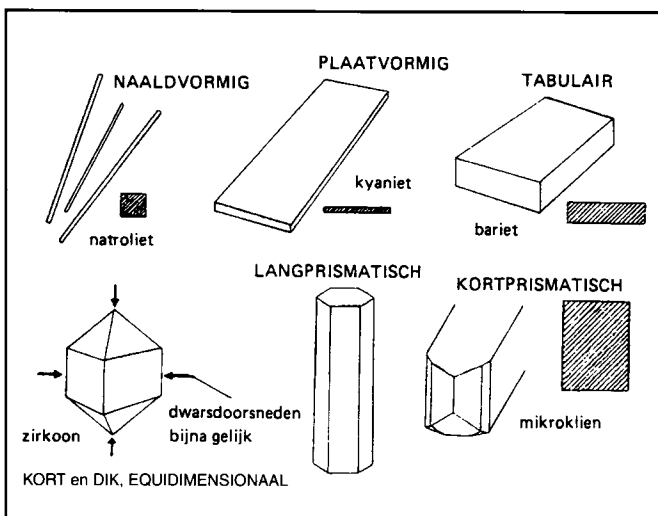
Mozaiekkristallen	Gea 1987, nr. 4
Mineralen als edelstenen	Gea 1988, nr. 3
Mineralogische naslagwerken	Gea 1993, nr. 4
Wat is een mineraal?	Gea 1995, nr. 2
Op losse schijven of vissen in 't net?	Gea 1997, nr. 3
Asbest, een ongezond mineraal?	Gea 1999, nr. 4

En dan is er de serie **De systematiek van mineralen**, door drs. W.R. Moorer, waaruit voor deze uitgave veel geput is. In tien afleveringen werd een beknopt overzicht gegeven van de meest gangbare indeling van de mineralenwereld, die gebaseerd is op chemische en kristallografische eigenschappen.

Achtereenvolgens verschenen in Gea de volgende delen:

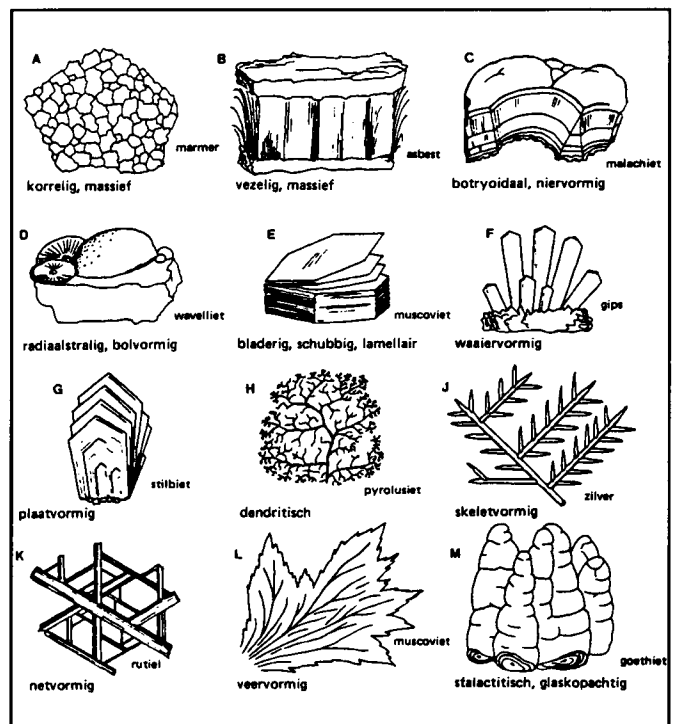
I. Mineralen in soorten en klassen (Elementen)	1987, nr. 2
II. Sulfiden	1987, nr. 4
III. Halogeniden	1988, nr. 3
IV. Oxiden en hydroxiden	1989, nr. 3
V. Carbonaten, boraten, nitraten	1989, nr. 4
VI. Sulfaten, chromaten, molybdaten, wolframaten	1990, nr. 4
VII. Fosfaten, arsenaten, vanadaten	1991, nr. 2
VIII. Silicaten (deel 1)	1992, nr. 2
Silicaten (deel 2)	1992, nr. 3
IX. Organische stoffen	1992, nr. 4

Samen met deze uitgave **Mineralen** is voor uw mineralenkennis in Gea een aardige basis gelegd!



Verskillende typen van habitus in kristallen

Verskillende typen van aggregaatvormen



Literatuur

Het is momenteel met mineralenboeken in de Nederlandse boekhandel slecht gesteld. Verscheidene *evergreens* zijn uitverkocht (Welk mineraal is dat?, Bauer en Trz; Tirions gids voor stenen en mineralen van Schumann, De grote encyclopedie der mineralen, van de Rebo Productions). Wel vonden we nog Tirions Stenengids, door A.C. Bishop, A.R. Woolley en W.R. Hamilton, uitg. Tirion (vroeger: Elseviers Stenengids) 319 pag., 11,5 x 19 cm; 145 mineralen, verder gesteenten en fossielen, met goede mineraalbeschrijvingen; veel kleurenfoto's, maar de herkenbaarheid via foto's is matig; f 27,50. Ook is er een A4-plaatjesboek gesignaleerd: Geïllustreerde gids van Edelstenen en Mineralen, uitg. Atrium (9061138604NUG1 817). Het verschijnen van een andere uitgave uit de Rebo Productions: Mineralen-encyclopedie, door P. Korber en M. Novak, f 17,95, is aangekondigd. En misschien heeft De Slegte nog iets. Wie een nieuw boek over mineralen zoekt is dan ook verder op buitenlandse literatuur aangewezen, waar wel aantrekkelijke uitgaven met mineralenfoto's in voorraad zijn. We verwijzen daarvoor naar het internet; daar is tegenwoordig van alles te vinden, bv. onder www.amazon.com en dan intikken "mineralogy" en "books", voor zo'n 900 titels.

Echte, "degelijke" mineralogiehandboeken in het Nederlands waren er trouwens toch al niet. Daarvoor waren en zijn we aangewezen op Engels- of Duitstalige werken, waarvan hier enkele belangrijke titels volgen. Voor de leverbaarheid verwijzen we weer naar het internet.

Determinatieboeken, handboeken

Manual of mineralogy, door C. Klein en C.S. Hurlbut Jr., John Wiley & Sons, New York/Londen, 1998, 21e druk. Ook voor amateurs met enige voorkennis goed bruikbaar. Kristallografie, chemische en fysische eigenschappen van mineralen en uitvoerige beschrijving van ongeveer 200 soorten met voorkomen en gebruik. Met CD-ROM. Tot en met de 18e druk: Dana's Manual of mineralogy.

Encyclopedea of minerals, door W.L. Roberts, G.R. Rapp en J. Weber, Van Nostrand Reinhold Comp., New York, 2e druk; voorname-lijk fysische gegevens en voorkomen van meer dan 2200 mineralen. Volgorde: alfabetisch. In 2001 moet de opvolger van dit werk verschijnen: International Encyclopedia of Minerals, door 60 auteurs, o.l.v. J.A. Mandarino; uitg. Kluwer.

Mineralogy, door J. Sinkankas, Van Nostrand Reinhold Comp., New York, 1964, 585 pag., 19 x 25 cm, met zwart/witfoto's. Eenvoudige maar zeer uitvoerige inleiding tot de mineralogie. Goede beschrijving van 250 mineralen. Speciaal voor amateurs die het beginnerschap voorbij zijn. Zeer aanbevolen voor wie de taal geen probleem is. *Fleischer's Glossary of mineral species 1999*, door J.A. Mandarino, The Mineral Record Inc., Tucson.

De Fleischer's Glossary is toonaangevend. Het bevat een lijst van alle als zodanig gedefinieerde mineralen.

Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie, door P. Ramdohr en H. Strunz, Ferd. Enke Verlag, Stuttgart, 16e herziene druk 1978, 876 pag. Het volledigste en uitgebreidste mineralogieboek, met kristallografie, kristalchemie, mineraalchemie, chemische en fysische eigenschappen, ontstaan van mineralen, enz. Ook een uitgebreide beschrijving van alle mineralen die in 1978 bekend waren.

Lehrbuch der Mineralogie, door H.J. Rösler, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1979, 832 pag. Uitgebreid en duidelijk, ook voor amateurs. Afwijkende volgorde en indeling in kristalchemische klassen (o.a. silicaten bij oxiden). Opvolger van de verouderde "Betehtin".

Lehrbuch der speziellen Mineralogie, door A.G. Betehtin, VEB Dt. Verlag für Grundstoffind., 7. Aufl., 1977, Leipzig.

Tafeln zum Bestimmen der Minerale nach ausseren Kennzeichen, door H. von Philipsborn, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1967, 2e druk, 319 pag. Zeer goede en uitgebreide determinatietabellen voor ongeveer 500 mineralen, op basis van glans, kleur, streepkleur, hardheid. Ook hulptabellen naar morfologie, aggregaatvormen en chemische eigenschappen.

Mineralogische Tabellen, door H. Strunz, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. Een nieuwe druk verschijnt waarschijnlijk in 2000.

Das grosse Lapis Mineralienverzeichnis, door S. Weiss en R. Hoch-

leitner; Chr. Weise Verlag, 1990 (inmiddels herdrukt), München. Ook de Lapis Mineralienverzeichnis bevat een mineralenlijst en is handig voor een overzicht van de moderne systematiek.

Op CD-ROM en Internet

The Photo-Atlas of Minerals, CD-ROM door A.R. Kampf en G. Gerhold. En vele andere.

Voor amateurs is de beste website voor mineralen: www.minerant.org van de Mineralogische Kring Antwerpen, met links naar van alles en nog wat.

Met dank aan drs. E.A.J. Burke voor gegevens over de stand van zaken.

Verantwoording van de collectiestukken

Deze tentoonstelling-op-papier van Nederlandse collectiestukken zou nooit hebben bestaan als niet talloze mineralenverzamelaars hun topstukken aan de fotograaf hadden uitgeleend. Welgeteld 38 collectioneers hebben zo letterlijk hun steentje bijgedragen. Onder hen zijn verscheidene auteurs van Gea-artikelen en ware specialisten op hun gebied, zoals W.J. Lustenhouwer (Binntal, Zw.Alpen); A. Schrander (Lavriion, Gr.); W.R. van den Berg (slakkenmineralen); W.J.M. Scheres (Panasqueira, Port.); M.A. Zakrzewski (Polen) en vooral W.R. Moorer (mineralensystematiek).

Wij later hier een gedetailleerde opsomming van de collectiestukken en hun eigenaars volgen:

J.J. van den Berg: 23 OR.

W.R. van den Berg: 13 BR, 13 OR, 27 BR, 29 BR, 31 OL, 33 BM, 33 BR, 33 ML, 35 OR, 37 ML, 37 OM, 39 ML, 43 BL, 43 BR, 43 M, 43 MR, 49 BL, 57 OL, 59 M.

H. Bierman: 35 MR.

R.J. Bongers: 31 BM.

H. van Dennebroek: 9 OR, 11 BM, 15 MR, 27 ML, 45 M, 59 BL.

H. Dillen: 41 BL.

H.Y. Doornveld: 37MR, 37 OL, 47 LO.

H. Drost: 5 OM.

Hr. en mw. Estourgie-Hertman: 9 MR.

Mw. W. van der Giessen: 47 OM.

J.J. Graaff: 59 BM.

H.K. Groenenboom: 15 OR.

Hr. en mw. W. en F. Heermans: 21 BR.

P. Horninge: 49 OR.

Instituut voor Aardwetensch. VU: 11M, 19 BL, 51 OR, 59 BR, 59 MR.

H. Jansen: 13 M, 27 MR.

H. Kaper: 47 OR.

Mw. E. Keuker-Hardenberg: 27 OR.

B. de Koning: 21 MR.

D.C. Kranen: 45 MR.

C.D. van Loon: 7 BM, 31 ML, 41 OL, 43 ML.

W.J. Lustenhouwer: 9 ML, 11 BR, 11 OM, 17 BM, 19 ML, 19 M, 19 MR, 21 BL, 21 OL, 23 BR, 23 ML, 35 OL, 49 BR, 49 ML, 51 MR, 53 BL, 53 OL, 55 BR, 57 BR, 57 M, 59 MC, 61 BL.

D. Luxen: 5 MR.

Mw. G. Matthijsen: 27 OM.

Nation. Natuurhist. Museum Naturalis: 31 BR, 39 OM, 51 OL, 63 BL.

H. Otter: 23 BL, 31 MR, 61 M.

Hr. en mw. Reiding-Zwart: 15 BL, 15 OL, 15 OM.

W.J.M. Scheres: 7 BR, 9 BL, 9 BR, 17 MR, 33 OR, 35 BR, 51 BR.

A. Schrander: 5 BR, 19 BM, 29 OL, 33 BL, 37 BM, 41 BM, 41 ML, 43 OR, 53 MR.

Hr. en mw. G. en C. Smit: 51 BM.

Hr. en mw. Stemvers-van Bommel: 5 M, 7 BL, 9 OL, 15 BR, 15 ML, 17 OR, 27 M, 31 OR, 37 OR, 45 BL, 45 BR, 55 M, 59 OL, 61 OL.

P. Tambuyser: 39 OL, 41 BL.

Mw. A. Weitzel-Vergouwen: 51 BL.

R. Werner: 47 BL, 47 BR.

F.C.A. de Wit: 11 MR, 29 MR, 35 BL, 55 BL.

M.A. Zakrzewski: 5 OR, 7 M, 11 OL, 13 OL, 19 OR, 51 M.

P. Zijlstra: 19 BR.

De overige collectiestukken, 80 in getal, zijn van W.R. Moorer.

MINERALEN volgens alfabet

(de paginacijfers
verwijzen naar de
afbeelding)

adamiet	41	carnalliet	13	kakoxeen	35	rockbridgeiet	37
adulaar	59	cassiteriet	17	kämmereriet	49	rosasiet	29
aegirien	55	celestien	31	klinochloor	49	rutiel	23
agaat	21	cerussiet	25	klinoklaas	41	sageniet	23
agardiet	41	chalcedoon	21	konichalciet	41	schalenblende	11
aktinoliet	45	chalcopryiet	11	koper	5	scheeliet	33
albiet	59	chalcosien	7	korund	19	schörl	57
albiet-tweelingen	59	chalcotrichiet	17	krokoiet	33	schriftgraniet	59
almandien	53	chiastoliet	45	kryoliet	13	scorodiet	43
amazoniet	59	chrysocol	49	kunziet	55	serpieriet	33
amiant (asbest)	45	chrysopraas	21	kwarts	21	sfaleriet	11
anataas	17	chrysotiel-asbest	45	kwik	5	sideriet	29
andalusiet	45	cinnaber	5	kyaniet	53	skutterudiet	5
anhydriet	31	cobaltien	7	lapis lazuli	53	smaragd	47
ankeriet	25	colemaniet	29	laurioniet	13	smithsoniet	29
annabergiet	41	connelliet	13	lazuliet	53	sphaerocobaltiet	29
antimoniet	7	cornetiet	25	legrandiet	43	spinel	23
apatiet	35	covellien	11	lengenbachiet	11	spodumeen	55
apophylliet	45	cupriet	17	lepidoliet	51	stauroliet	55
aquamarijn	47	cyanotrichiet	31	leuciet	59	stilbiet	61
aragoniet	25	descloiziet	39	libetheniet	37	strengiet	37
argentiet	7	diamant	5	linariet	33	strontianiet	29
arsenopyriet	7	diopsied	55	magnesiet	27	strunziet	37
asbest	45	dioptraas	49	magnetiet	19	sylvien	13
astrophylliet	47	dolomiet	27	malachiet	27	talk	55
atacamiet	13	draviet	57	markasiet	9	tennantiet	11
augiet	55	edelopaal	21	mikroklien	59	thomsoniet	61
aurichalciet	25	epidoot	51	milleriet	11	thorianiet	23
auripigment	7	erythrien	41	mimetesiet	43	titaniet	57
autuniet	35	ettringiet	31	mixiet	43	toermalijn	57
azuriet	25	eudialyt	51	molybdeniet	11	topaas	57
bariet	31	euxeniet	19	monaziet	37	torbernieet	39
barnsteen	63	fluoriet	15	muskoviet	51	trapiche-smaragd	47
bastnäsiet	25	fosgeniet	25	natroliet	61	tridymiet	21
berauniet	35	galeniet	11	nefelien	23	tripliet	37
beryl	47	garnieriet	51	oliveniet	43	turkoois	39
betafiet	17	gibbsiet	19	olivijn	53	ulexiet	29
biotiet	51	gips	31	opaal	21	uraniniet	23
bismut	5	glaucockeriniet	31	orthoklaas	59	vaalerts	11
borniet	7	goethiet	19	pennien	49	vanadiniet	39
botallackiet	13	goud	5	perovskiet	23	varisiet	39
boulangeriet	7	goyaziet	35	pharmacoliet	43	vesuvianiet	61
bournoniet	7	grafiet	5	phillipsiet	61	wavelliet	39
brochantiet	31	granaat	53	picropharmacoliet	43	whewelliet	63
brookiet	17	grossulaar	53	pimeliet	51	wolframiet	23
calciet	27	haliet	13	plagioklaas	59	wroewolfeiet	33
campylit	43	häüyn	59	prehniet	55	wulfeniet	33
		hematiet	19	pyriet	9	ijzer	5
		hemimorphiet	53	pyrolusiet	19	zilver	5
		hessoniet	53	pyromorfiet	37	zirkoon	61
		hiddeniet	55	pyrrhotien	9	zoisiet	61
		hoornblende	45	realgar	11	zwavel	5
		hyaliet	21	rhpidoliet	49		
		ilmeniet	19	rhodochrosiet	29		
		jarosiet	33	robijn	19		