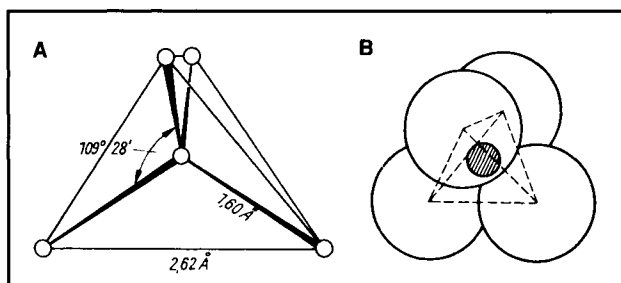


# De systematiek van mineralen: VIII SILICATEN (deel 1)

door W.R. Moorer

Meer dan 90 % van de aardkorst is opgebouwd uit mineralen die tot de silicaten behoren. We hebben er als het ware dagelijks contact mee; we lopen er letterlijk over. Sommigen van ons dragen de mooiste silicaten, in de vorm van edelstenen, ter versiering mee. Van andere silicaten, uit "gewone" gesteenten of door de mens gevormde stenen, bouwen we huizen, betegelen we de keukens, of maken we de chips voor elektronische apparaten. De bergkristallen, granaten en toermalijnen in onze verzamelingen behoren tot de silicaten. Maar ook zanden, kleien en het mineraal Talk bijvoorbeeld. De silicaten zijn opgebouwd uit  $\text{SiO}_4$ -groepen: silicium in het centrum van vier zuurstof (O), in de vorm van een tetraëder (afb.1).

Met deze  $\text{SiO}_4$ -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  $\text{SiO}_4$ -groepen.

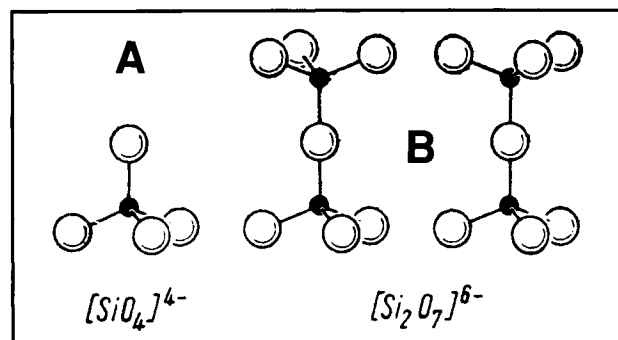


Afb. 1.  $\text{SiO}_4$ -tetraëder. A: schematisch, met de afmetingen; B: grootte van de bouwstenen in ongeveer juiste verhouding; 4 grote zuurstofionen met daartussen een klein Si-ion. Zie ook afb. 2 A.

## Eiland- of Neso-silicaten

Maar om te beginnen zijn er de silicaten waarin de  $\text{SiO}_4$ -groepen niet gekoppeld zijn en als individuele, losse, eenheden het kristal opbouwen. Dit zijn de nesosilicaten (neso = eiland). Afb. 2 A. De afzonderlijke (negatief geladen)  $\text{SiO}_4$ -tetraëders worden in het kristal bijeengehouden door de (positief geladen) metalen van het mineraal. Dit levert over het algemeen compact gebouwde, relatief zware en harde kristalstructuren op.

Er zijn ongeveer 150 nesosilicaten, waaronder opvallend veel edelsteenmineralen. Koning Willem I leeft voort in de naam van het zink-nesosilicaat Willemiet. In de formule van Willemiet:  $\text{Zn}_2\text{SiO}_4$ , herkennen we de  $\text{SiO}_4$ -groep en natuurlijk het metaal zink. Gezien de geringe hoeveelheden waarin Willemiet voorkomt is het zelden van belang als zinkerts. Maar verzamelaars kennen het vooral vanwege de spectaculaire fluorescentie die het kan vertonen. Tsumeb-liefhebbers en micromounters waarderen Willemiet om



Afb. 2 A. Afzonderlijke  $[\text{SiO}_4]^{4-}$ -tetraëder van een neso-silicaat (bv. olivijn, zirkoon, granaten).

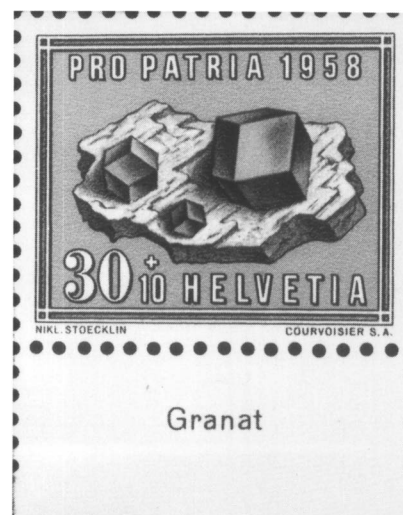
B. Twee tetraëders met één gemeenschappelijk zuurstofatoom geven de formule  $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$  van de soro-silicaten (bv. epidoot).

zijn interessante kristalletjes. Een mangaanhoudende en rose Willemiet wordt wel met de naam "troostite" aangeduid.

Phenakiet bevat geen zink maar beryllium:  $\text{Be}_2\text{SiO}_4$ , en wordt voor de liefhebber/verzamelaar wel als bijzondere edelsteen geslepen. Eucryptiet:  $\text{LiAlSiO}_4$ , is een erts van het superlichte metaal lithium. Het fluoresceert net als Willemiet en het lood- en zinkbevattende nesosilicaat Esperiet onder kortegolf-UV.

## Olivijnen

Hele gesteentepakketten kunnen zijn opgebouwd uit het mineraal Olivijn: de zogenaamde peridotieten. Ook in kimberlieten, bazalten, diabazen en in de vulkanische tuffen ervan kan Olivijn gesteentevormend optreden, zoals in de bekende Olivijn-"bommen" uit de Eifel. Grote kristallen van Olivijn worden geslepen tot de licht olie-groene edelsteen, dan meestal peridoot of chrysoliet genoemd. Olivijn:  $(\text{Mg,Fe})\text{SiO}_4$  is verreweg het bekendste mineraal uit de reeks Forsteriet:



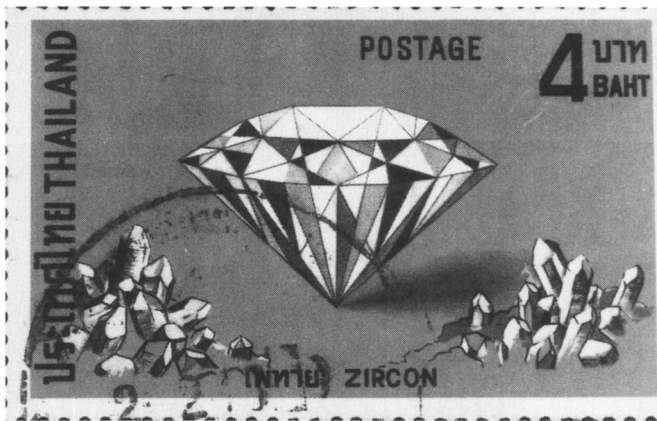
Afb. 3. Zwitserse postzegel van almandien-kristallen op schist.

$Mg_2SiO_4$  / Fayaliet:  $Fe_2SiO_4$ . Vuurvast materiaal wordt vaak uit min of meer zuiver Forsteriet (smeltpunt 1890 °C) vervaardigd. Behalve de Forsteriet / Fayaliet-reeks is er de ijzer-mangaan Fayaliet / Tephroiet-reeks. In sommige Olivijnen komt een beetje nikkel voor, dat bij de omzetting van Olivijn tot serpentijn-gesteente wordt geconcentreerd en als grasgroen Garnieriet een echt nikkelerts vormt.

Een tiental calcium-nesosilicaten, waaronder Spurriet, Larniet, Thaumaset en Orientiet zijn verwant aan Olivijn.

## Granaten

Na de olivijn "bommen" de granaten. De bekende granaten Pyroop, Almandien (afb. 3), Spessartien, Grossulaar, Andradiet en Uwarowiet, aangevuld met hun zeldzame zusters Calderiet, Knorringiet, Goldmaniet, Majoriet, Kimzyiet en de hydrogranaten werden besproken in Gea, vol. 16 (1983), nr. 4. Ook in ieder leerboek staan veel gegevens over deze interessante familie binnen de nesosilicaten. Het verzamelen van de granaten, met alle (kleur)variëteiten, typische moedergesteenten en de edelsteen-soorten ervan kan op zich al een kamervullende hobby opleveren. In de formules van alle granaten vinden we de bouwsteen  $SiO_4$  steeds terug.



Afb. 4. Postzegel uit Thailand met zirkonen.

## Zirkoon

Op het eerste gezicht een eenvoudig nesosilicaat van het metaal zirconium:  $ZrSiO_4$ . Zirkoon is tevens het belangrijkste zirconium-erts (vacuüm- en medische techniek, corrosievaste legeringen, magneten, vuurvaste keramiek, spindoppen, gloeidraden, slaghoedjes). Bijna alle zirkonen bevatten een beetje Y, Zr, Ca, Hf, Nb, Ta en soms wat U en Th. De tetragonale kristalletjes van zirkoon komen wijd verbreid maar dun gezaaid voor in vooral graniet- en syenietpegmatieten. Bij verwerking is zirkoon, nog veel beter dan de granaten, bestendig en komt dan terecht in zanden en placers, waaruit het gemakkelijk gewonnen kan worden. Ook de heldere zirkonen die als edelsteen dienen komen uit dit soort afzettingen. Afb. 4. Als geologische graadmeter voor allerlei processen in gesteenten worden de preciese samenstelling, de inclusions en vorm in en van de zirkoonkristalletjes gebruikt. Zogenaamde "cubic zirconia" is een synthetisch product (zirconiumoxide) dat als diamantvervanger in de handel is. Het is in zijn samenstelling tot Zirkoon geen nesosilicaat, niet eens een mineraal.

Thoriet:  $ThSiO_4$  en Coffiniet:  $USiO_4$  zijn vrij zeldzame zelfstandige nesosilicaten van het radioactieve thorium resp. uranium.

## 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 - Kyaniet, alle drie



Afb. 5. Doorsneden van langgerekt kristal van chiastoliet (andalusiet) met geöriënteerde inwendige pigmentverdeling (schematisch, naar Rösler).

$Al_2(O/SiO_4)$ . 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. Andersom kan de geoloog aan gesteenten die Andalusiet, Sillimaniet of Kyaniet bevatten veel te weten komen over de ontstaanswijze van die gesteenten. De mineralen dienen als geologische thermometer en barometer (zie Gea, vol. 23 (1990), nr. 3, p. 94).

"Chiastoliet" is een leuke, spectaculaire Andalusietvariëteit: op doorsnee zijn de kristallen kruisvormig gekleurd door inclusions. Afb. 5.

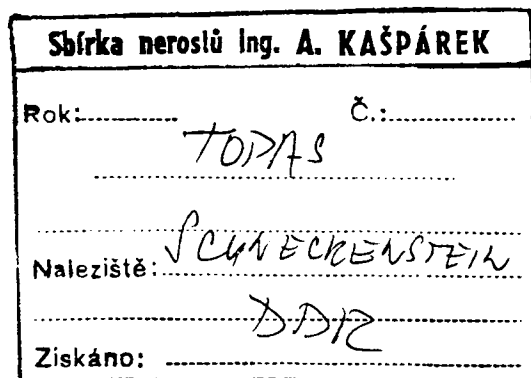
De oude naam Distheen (letterlijk: twee hardheden) voor Kyaniet (kyanos = blauw) verwijst naar de grote verschillen in krashardheid, afhankelijk van de krasrichting aan het kristal. Overigens zijn er ook grijze Kyanieten. Afb. 6.

Alle drie  $Al_2(O/SiO_4)$ -mineralen worden gewonnen en gebruikt voor de vervaardiging van vuurvaste materialen.



Afb. 6. Postzegel uit Malawi van kyaniet.

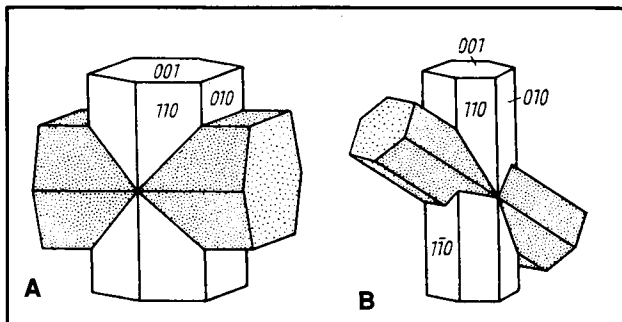
Van de eerder genoemde Phenakiet:  $Be_2SiO_4$ , komen we via Euklaas:  $BeAl(OH)SiO_4$  (kleurloze, "goed splijtende" kristallen, soms ook als edelsteen geslepen) bij Topaas:  $Al_2F_2SiO_4$  terecht. Kleurloze Topaaskristallen lijken erg op die van de veel zeldzamer Euklaas. Topaas is een typisch mineraal van pneumatolytische processen, waarbij het ontstaat door toevoer van fluor aan aluminumsilicaten. Afb. 7. Gekleurde Topazen zijn edelstenen van allure,



Afb. 7. Etiket voor topaas van de Schneckenstein, voormalige DDR. Dit voorkomen staat nu onder natuurbescherming; vroeger was dit de enige vindplaats van edelsteen-topaas in Europa.

hoewel ook deze stenen betrekkelijk gemakkelijk splijten in een richting loodrecht op de lengte-as van het kristal. Jammer is, dat, net als bij Zirkonen en Saffieren, een kunstmatige bestralings- en hittebehandeling van de natuurlijke stenen nodig is om de commerciële aantrekkelijke blauwe en rose kleuren te produceren. Nog veel erger is de verkoop van geelbruine Kwarts als "goudtopaas". De edelsteenhandel en de juweliers maken het vaak wel erg bont. Sapphirien is een natuurlijk, zeldzaam, Mg-Al-nesosilicaat, niet te verwarren met de naam saffier.

De kruisvormige, rechte en scheve tweelingkristallen van Stauroliet zijn iedere verzamelaar bekend. Afb. 8. Stauroliet heeft een gecompliceerde samenstelling en structuur en komt vaak samen voor met granaten (geen tweelingen bekend) en de Andalusiet-mineralen. Geologisch is Stauroliet zeer kenmerkend voor bepaalde gesteente-typen. Kosmochloor is een felgroen, chroom bevattend nesosilicaat dat niet alleen in meteorieten voorkomt. Tranquillityiet is een Fe-Zr-Y-Ti-nesosilicaat van de maan.



Afb. 8. Stauroliet-tweelingen. A: naar (032); B: naar (232).

Bij contactmetamorfose ontstaan, in kalkstenen of dolomieten, de geelbruin gekleurde mineralen van de humietgroep: Humiet, Clinohumiet, Chondrodiet en Norbergiet. Alle vier zijn het magnesium-hydroxy-nesosilicaten met wat fluor.

Titaniet, wijd verbreid als accessorisch mineraal in allerlei gesteente-typen komt voor in gele, groene, bruine of zwarte kristallen. De scherpkantige, steile kristallen ("Spheen") zijn makkelijk te herkennen. Hoewel de formule van Titaniet er eenvoudig uitziet:  $\text{CaTi}(\text{O}/\text{SiO}_4)$  zijn er, net als bij Zirkoon en Stauroliet, veel metalen die in het kristalrooster nog een plaatsje vinden. Malayaiet is  $\text{CaSn}(\text{O}/\text{SiO}_4)$ , een Sn- (tin-) mineraal dus. Cerium en de andere zeldzame-aardmetalen vinden we geconcentreerd in het nesosilicaat Ceriet, dat ook wel als erts wordt gewonnen.

## Borosilicaten

Het element borium vormt een opvallend gezelschap silicaten. Datoliet:  $\text{CaB}(\text{OH})\text{SiO}_4$ , Kornerupien, Howliet en Dumortieriet zijn de bekendste (boro)nesosilicaten. Datoliet vormt vaak mooie, veelvlakige kristallen. Kornerupien wordt voor de edelsteenliefhebber geslepen (Kornerupien-katoog). Howliet wordt kunstmatig blauw gekleurd en ten onrechte als turkoois verkocht. Dumortieriet is van zichzelf blauw (soms paars of rose) en wordt wel tot siersteen verwerkt.

Vele van de genoemde nesosilicaten zijn harde, stabiele, goed tegen vertering bestendige mineralen, die derhalve ook te vinden zijn in zanden en placers.

## Uranium en water

Uranium vormt wel 15 verschillende waterhoudende nesosilicaten. Fel geel zijn Kasoliet, Soddyiet, Uranophaan en Sklodowskiet. Cuprosklodowskiet is smaragdgroen.

## Groep- of Sorosilicaten

Als twee  $\text{SiO}_4$ -tetraëders een O delen, krijgen we een gekoppelde  $\text{Si}_2\text{O}_7$ -groep (afb. 2 B). In de formules van de sorosilicaten (soros = zuster) zien we deze  $\text{Si}_2\text{O}_7$ -eenheid terug. Er bestaan ongeveer 100 mineralen van.

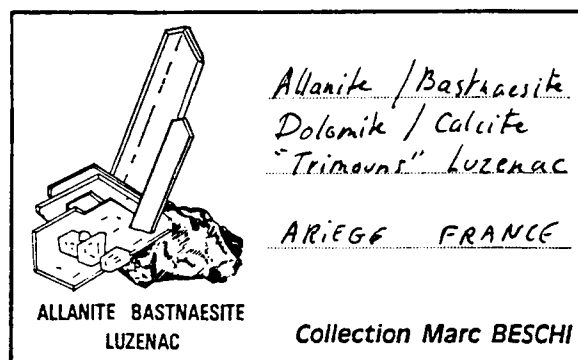
We beginnen met een buitenbeentje: Thortveitiet ( $\text{Sc}, \text{Y}\text{Si}_2\text{O}_7$ ), een sorosilicaat van het uitzonderlijke metaal scandium. Minder exotische metalen vinden we in Gehliniet, Leucophaan, Melinophaan, Hardystoniet.

## Extra zuurstof

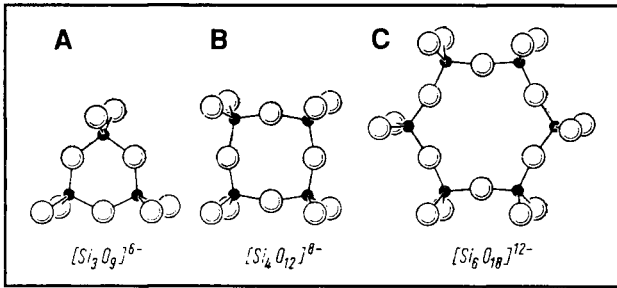
Ook bij de sorosilicaten vinden we, ongeveer in de helft der gevallen, vaak extra zuurstof, meestal in de vorm van O of OH. Het bekende zinkmineraal Hemimorfiet:  $\text{Zn}_4(\text{OH})_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$  hoort hier thuis. Scandinavië-, Groenland- of Sovjet Unie (?)-verzamelaars vinden hier ook Ilvriet, Wöhleriet, Laveniet, Mosandriet, Rosenbushiet, Lamprophylliet, Lomonosoviet, Murmaniet, Epistoliet, Komaroviet, Nenadkevichiet, Chevkiniet, Melanotekiet en Kentrolith.

## $\text{SiO}_4$ én $\text{Si}_2\text{O}_7$

Er zijn ook sorosilicaten die zowel ongekoppelde als gekoppelde  $\text{SiO}_4$ -eenheden in het kristal voeren. Een aantal belangrijke en bekende mineralen vinden we hier: Epidoot, Zoisiet, Clinozoisiet, Allaniet (afb. 9), Vesuviaan en Pumpellyiet. Zoeken we, bijvoorbeeld, de formule van Vesuviaan op:



Afb. 9. Etiket voor: allaniet (= orthiet, lid van de epidootgroep), als latvormige kristallen, samen met zeshoekige plaatjes van bastnaesiet, een carbonaat, afkomstig van de bekende talkgroeve Trimouns in de Franse Pyreneeën.



Afb. 10. Ring-silicaten.

A. Driering met drie  $SiO_4$ -tetraëders:  $[Si_3O_9]^{6-}$ -groep.

B. Vierring met vier tetraëders:  $[Si_4O_{12}]^{8-}$ -groep.

C. Zesring met zes tetraëders:  $[Si_6O_{18}]^{12-}$ -groep.

Afb. 11. Postzegel uit de U.S.A. met toermalijn (midden) en kwarts.



$Ca_{10}Mg_2Al_4(SiO_4)_5(Si_2O_7)_2(OH)$ , dan hoeven we niet te schrikken maar lezen er integendeel juist gemakkelijk de genoemde bouwstenen van de kristallen uit af. Erg moeilijk zijn die formules eigenlijk helemaal niet. Het interessante "Belgische" mineraal Ardenniet behoort ook tot de gemengde sorosilicaten, zoek de mooie lange formule maar eens op.

## Ring- of Cyclo-silicaten

Drie, vier of zes (nooit 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 90 cyclosilicaten, 60 ervan bezitten de zesring. Afb. 10.

Benitoiet:  $BaTiSi_3O_9$ , Catapleiet:  $Na_2ZrSi_3O_9 \cdot 2H_2O$  en Cyclo-wollastoniet:  $Ca_3Si_3O_9$  dragen overduidelijk de driering. Axiniet (er wordt onderscheid gemaakt tussen Ferroaxiniet, Manganaxiniet, Magnesio-axiniet en Tinzeniet) kan geschreven worden als  $Ca_2(Fe,Mn,Mg)Al_2(BO_3)(OH)(Si_4O_{12})$  en is een borosilicaat met vierring. De rest van de dertig kleine ringsilicaten zijn nogal exotische mineralen die we zelden tegen komen.

## Zesringen

Met Beryl:  $Be_3Al_2Si_6O_{18}$ , inclusief de edelstenen aquamarijn, smaragd, heliodoer, morganiet en gosheniet, komen we in bekend en geliefd vaarwater. 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) die net als Beryl ook nog vrijwel alle kleuren kunnen vertonen. Afb. 11. Kijk eens naar de lange formules van Toermalijn en vergelijk ze met die van de Axinieten. De systematiek is af te lezen uit een hoopje letters en cijfers! Tot de zesring-silicaten behoren verder nog Cordieriet, Sekaninaiet, Steenstrupien, Dioptaas, Chrysocolla, Milariet, Osumiliet, Eiffeliet, Sugiliet en Sogdianiet. Ook hier dus weer een aantal tophits voor de verzamelaar.

Tot slot het mooie mineraal Eudialyt, dat zowel  $Si_3O_9$ - als  $Si_6O_{18}$ -ringen schijnt te bevatten.

# Micromounts ruilen, hoe doe je dat?

door Jaap Graaff

Micromounters, die nog nooit hebben deelgenomen aan een ruilbeurs of ruildag voor micromounts, zullen waarschijnlijk met veel vragen zitten, waar ze niet gemakkelijk uitkomen. Zijn zij lid van een van de Micromount-werkgroepen, dan hebben zij vast wel met andere leden geruild, maar zelf een tafel bemannen op een ruilbeurs is toch heel iets anders.

In dit artikel zal ik proberen enige veel voorkomende vragen te formuleren en zo goed mogelijk te beantwoorden.

## 1. Heb ik voldoende ruilmateriaal en is het interessant genoeg?

Voldoende materiaal heb je al als de zo'n 100 micromounts meebrengt, daar is altijd wel iets van iemands gading bij.

Om na te gaan of uw ruilmateriaal voldoende interessant is, kunnen we eerst een kwalificatie aanbrenge:

A = zeldzaam en fraai;

B = zeldzaam en minder fraai;

C = algemeen en fraai;

D = algemeen en minder fraai.

Onder "fraai" versta ik dan: duidelijke kristallen, vrijwel onbeschadigd en schoon.

Het zal een ieder duidelijk zijn, dat mensen met een aanbod van hoofdzakelijk D-materiaal niet hoeven in te schrijven: zij zullen weinig of geen kans hebben.

Deelnemers met een aanbod van A-, B-, of C-materiaal kunnen praktisch altijd ruilen. De meeste micromounters bieden niet uitsluitend A-, of B-, of C-materiaal aan, maar een combinatie uit deze groepen. Zij hebben dan meer kansen op gelijkwaardige ruilmogelijkheden.