

---

# Zware mineralen in zand:

## *het Donkere Zand van Ameland op de korrel genomen*

door J. Stemvers-van Bommel en P. Stemvers,  
met medewerking van Dr. L. Krook

---

### Zand verzamelen, een nieuwe hobby?

Het verzamelen van allerlei soorten zand is een rage en begint een aparte hobby binnen de amateur-geologie te worden. Er bestaan zelfs al enkele verenigingen op dit gebied, waarvan de leden door middel van onderling ruilen van zandmonsters uit alle windhoeken hele collecties opbouwen.

Fantastisch om te zien, al die kleuren: wit, zwart, rood, geel, oranje, bruin, grijs, in eindeloze schakeringen van korrels grof en fijn, hoekig of afgerond. Maar vroeg of laat zal toch bij velen de vraag rijzen: "wàt zie ik daar?"

Heel vaak zal het antwoord luiden: kwarts. Aardig onder de microscoop, maar op den duur niet opwindend meer. Wel vallen er tussen de kwartskorrels bepaalde partikel-tjes op, die géén kwarts zijn. En dan komen de moeilijke-heden, want de kleine, vaak door transport afgeronde mineraalkorrels hebben enkele van hun determinatie-eigenschappen verloren en zijn daarom niet zo gemakkelijk te bepalen. Zeker is er een goede microscoop voor nodig, maar dan nog staat er niemand achter je om je te vertellen wát het is, of je op fouten te wijzen. En zo dreigt een hobby, die zo interessant zou kunnen zijn, te "verzanden".

Maar nu hebben we dan het "Donkere Zand van Ameland" (DZA) ter beschikking: een zand met een groot percentage zware, niet-kwartsmineralen aan boord. Dit concentraat van zware mineralen is rijk aan soorten en is, door al het onderzoek dat erop is losgelaten, goed bekend. Hoe zijn de verkregen gegevens zó bruikbaar te maken voor een amateur, dat hij er zelf iets mee kan doen? Kan hij de mineralen leren onderscheiden? Zouden kleurenfoto's hierbij kunnen helpen? Het zou mooi zijn als hij een zekere vaardigheid kon opdoen, die hij naderhand ook kon toepassen op andere zanden.

Deze vragen kregen de mogelijkheid tot een antwoord toen we in contact kwamen met dr. L. Krook, sediment-petroloog, gespecialiseerd in zanden. Hij bleek bereid, zijn ruime kennis en rijke ervaring voor amateurs productief te maken en ging aan de slag, in eerste instantie om de samenstelling van het DZA voor Gea-lezers te ontrafelen.

### Zand in fracties

Een monster van het donkere zand van Ameland was ons door Prof.dr. R.D. Schuiling al enige tijd geleden voor onderzoek en het maken van foto's ter beschikking gesteld. Hiermee kon gewerkt worden. Een kleurenfoto van het onbewerkte monster staat op het omslag van dit Gea-nummer.

Het DZA is een fijn zand. De korrelgrootte valt grotendeels in de fractie van 105 - 210  $\mu\text{m}$  (0,105 - 0,210 mm), een kleiner deel

meet 77 - 105  $\mu\text{m}$ , terwijl er ook onder de 77  $\mu\text{m}$  nog enig materiaal aanwezig is. Het DZA bevat rond 72 % licht en 28 % zwaar materiaal, zoals in het voorgaande artikel werd gesteld. Onder zware mineralen verstaat men mineralen met een soortelijke massa hoger dan 2,9. De s.m. van kwarts is 2,65, die van veldspaten varieert van 2,54 tot 2,76. Daarmee behoren deze tot de lichte mineralen.

Het gewicht van het DZA, bijvoorbeeld een literblik vol, is op de hand geschat al duidelijk zwaarder dan "gewoon" zand, de kleur is aanzienlijk donkerder, wat vooral komt door een fors gehalte van het zwarte mineraal ilmeniet. Wel moet hier opgemerkt worden, dat niet alle zware mineralen donker zijn. Zirkoon bijvoorbeeld, is wel zwaar van gewicht, maar licht van kleur!

Na een schoonmaak van het zand (organische en andere verontreinigingen moeten eruit) moet de **primaire scheiding** plaatsvinden. De lichte mineralen: kwarts en veldspaat, worden van de zware mineralen gescheiden; dit gebeurt in het laboratorium met zg. zware vloeistoffen, in de industrie o.a. op schudtafels. Met het restant gaat het onderzoek verder. Het dient nu te worden gesplitst in verscheidene magnetische fracties.

Dat magnetiet magnetisch is, weten we allemaal, maar dat ook vele andere mineralen ietwat magnetisch zijn (omdat ze meer of minder twee- dan wel driewaardig ijzer bevatten) is minder bekend. Ilmeniet ( $\text{FeTiO}_3$ ) bevat behalve titaan ook ijzer, maar ook granaten zijn doorgaans tamelijk ijzerhoudend. Bij epidoot kan het ijzergehalte binnen de mineraalsoort sterk variëren, al is het over het algemeen niet zo hoog als bij granaat. Zirkoon en rutiel bevatten helemaal geen ijzer, al is de laatste ook nog zo donker gekleurd. \*)

Door hun magnetische eigenschap kunnen de zwaar-zandkorrels in fracties met afnemende magnetische sterkte worden gescheiden. Korrels uit deze fracties kunnen in een stroomonster onder

---

\*) De heer Krook tekent hierbij aan:

Om de mineralen van bepaalde soorten te concentreren kan men ze met behulp van een magneetscheider in fracties van verschillende magnetische susceptibiliteit scheiden. De meeste mineralen hebben magnetische eigenschappen. Deze eigenschappen hangen onder meer af van het ijzergehalte, maar ook de waardigheid van het ijzer in het mineraal speelt een rol. Verhit men bijvoorbeeld korrels van de matig-sterke hematiet of limoniet (met  $\text{Fe}^{+++}$ , driewaardig ijzer) tezamen met koolstof, dan wordt  $\text{Fe}^{+++}$  gereduceerd tot  $\text{Fe}^{++}$  (tweewaardig ijzer) en de korrels worden zeer sterk magnetisch. Niet alle Fe-houdende mineralen zijn magnetisch, waarbij als voorbeeld kan gelden pyriet,  $\text{FeS}_2$ , Pyrrhotien,  $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ , daarentegen, is wel magnetisch, maar hierbij geldt: hoe minder Fe, des te sterker is het magnetisme!

Overigens zijn er ook mineralen die in het geheel geen ijzer bevatten, maar toch magnetische eigenschappen hebben. Veel mineralen die zeldzame aarden of yttrium bevatten zijn magnetisch, zoals bijvoorbeeld xenotiem,  $\text{YPO}_4$  (matig magnetisch) en monaziet,  $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Y}, \text{Th})\text{PO}_4$  (licht magnetisch).

Het sterkst magnetisch is magnetiet, dan volgen ilmeniet, granaat, enz. Bij de niet-magnetische fractie vinden we onder meer zirkoon en de meeste rutiel.

de opvallend-licht-microscop (stereo-microscop) en in een preparaat onder de polarisatie-microscop worden bekeken. Nadat een fractie op zijn soorten is onderzocht en de volgorde van de hoeveelheid van de mineraalsoorten is geschat, komt een volgende fractie aan de beurt. Zo ontstaat een totaalbeeld van het onderzochte zand. Een voorbeeld van het resultaat geeft Tabel I. We laten nu de specialist Krook aan het woord over zijn onderzoek.

### Determinatie van de zware fractie van het zand

"Van een deel van de zware mineralen werd een preparaat gemaakt voor het determineren met behulp van een polarisatie-microscop. Hierbij worden de mineralen op een verhit glazen plaatje met canadabalsem gestrooid en, na uitdamping, toegedekt met een dun dekplaatje. Voor de bestudering van de zware mineralen van Ameland werd het percentage opaak bepaald en van de doorzichtige mineralen werden 500 korrels geteld. Dit leverde het volgende beeld op:

#### Opaak:

geheel opaak, grotendeels ilmeniet en iets magnetiet	19,9 %
opaak, maar herkenbaar als leucoxene, een verweringsprodukt van ilmeniet	1,7
	21,6 %

Doorzichtige mineralen 78,4 %.

De verdeling van deze **doorzichtige fractie** is als volgt:

granaat	59,2 %	monaziet	0,4
zirkoon	22,2	sillimaniet	0,4
epidoot	7,8	augiet	0,2
rutiel	3,6	topaas	0,2
stauroliet	2,0	distheen	0,2
hoornblende	1,8	chloritoid	X
toermalijn	1,2	andalusiet	X
titaniet	0,4	enstatiet	X
spinel	0,4	zoisiet	X
		Totaal:	100,0 %

(X = spoor, waargenomen na het determineren van 500 korrels).

N.B.: 0,2 % komt overeen met één korrel in de zware doorzichtige fractie!

Indien we opaak en doorzichtig samen nemen als 100 % en dit vergelijken met de reeds eerder verstrekte gegevens van Prof. Schuiling dan krijgen we:

	A. (Schuiling)	B. (Krook)
granaat	58,2	46,4 %
ilmeneit	12,5	± 19,5
zirkoon	11,8	17,4
epidoot	6,1	6,1
rutiel	3,2	2,8
leucoxene (niet weergegeven)		1,7
toermalijn	0,7	0,9
magnetiet	0,36	± 0,4
monaziet	< 0,36	0,3
andere mineralen	6,8	4,5
	100,0 %	100,0 %

Deze resultaten komen buitengewoon goed met elkaar overeen als we in aanmerking nemen dat de verdeling van A is gegeven in gewichtpercentages en die van B in telpercentages. Dat het gewichtpercentage van granaat groter is dan het telpercentage is een gevolg van het feit dat de granaatkorrels relatief grof zijn. Bij ilmeniet en zirkoon is het omgekeerde het geval: deze mineralen zijn relatief fijnkorrelig."

De beide onderzoekers vonden, in de kleine aantallen, dus niet precies dezelfde mineralen; hier zal het toeval een rol gespeeld hebben. Van verscheidene mineraalsoorten vonden ze één korrel, en één korrel is géén korrel, wordt wel geredeneerd. Bij de duizenden korrels die hij onder ogen kreeg miste Krook anataas en brookiet. Daartegenover zette hij leucoxene apart. Deze is een verweringsvorm van ilmeniet (waaruit het ijzer geheel of grotendeels is verdwenen); het is een cryptokristallijne rutiel (TiO<sub>2</sub>) geworden, die nog een kern van ilmeniet kan bevatten. Behalve stauroliet en spinel zijn de overige van Schuiling afwijkende mineralen hier buitenbeentjes: topaas, zoisiet, chloritoid, andalusiet, enstatiet. Ook Schuiling vond zeldzame vogels: anataas en cassiteriet.

### Wat laten de kleurenfoto's zien?

Krook voorzag de Gea-fotograaf van een serie buisjes met acht magnetische fracties, waarvan drie in twee korrelgroottes. Uitgesplitst naar magnetische fractie had hij globaal de volgende mineralen gevonden:

- fractie 1: magnetiet;
- fractie 2: ilmeniet;
- fractie 3: ilmeniet, granaat en iets bruine en groene hoornblende;
- fractie 4: ilmeniet, granaat, epidoot, stauroliet, toermalijn, blauwgroene hoornblende;
- fractie 5: epidoot, ilmeniet, granaat, stauroliet, toermalijn, spinel;
- fractie 6: epidoot, leucoxene, toermalijn, monaziet, titaniet, rutiel, enstatiet;
- fractie 7: ongeveer als 6, + zoisiet;
- fractie 8: zirkoon en rutiel, iets distheen en andalusiet.

Van de meeste fracties werden kleurendia's gemaakt. Zes ervan, te weten fractie 3, 4, 5, 6, 7 en 8, zijn hier als kleurenfoto's A tot en met F afgebeeld. De mineralen die door de stereo-microscop konden worden herkend zijn samengebracht in de bijschriften bij de foto's en in Tabel I.

Het zal u opvallen, dat bv. granaat en epidoot in meer dan één fractie voorkomen. Dit duidt op een verschillend ijzergehalte ervan in de diverse magnetische fracties. Ook de kleur wordt lichter naarmate het magnetisme zwakker wordt: de epidoot in de fracties 6 en 7 is nagenoeg kleurloos.

**Tabel I. Zware mineralen in verschillende magnetische fracties, afgebeeld in kleurenfoto's A - F**

Fr. 3	Fr. 4	Fr. 5	Fr. 6	Fr. 7	Fr. 8
ilmeneit granaat	ilmeneit granaat epidoot stauroliet toermalijn augiet?	ilmeneit granaat epidoot stauroliet toermalijn leucoxene spinel	epidoot toermalijn leucoxene spinel titaniet	epidoot toermalijn leucoxene titaniet rutiel andalusiet?	leucoxene rutiel zirkoon distheen

Fractie 3: matig-sterk magnetisch;  
fractie 4 en 5: matig magnetisch;  
fractie 6 en 7: zwak magnetisch;  
fractie 8: niet magnetisch.

Zowel bij het determineren als bij het fotograferen werd uit hetzelfde buisje een zg. strooimonster gebruikt. Deze monsters liepen wat korrelsamenstelling betreft iets, maar niet veel, uiteen.

## Hoe te determineren?

Uit het voorgaande blijkt dat een vakman, met alle zeilen bij de mast, de samenstelling van een zand als het DZA precies te weten komt. Hoe moet een amateur dit aanpakken, met het weinige zeil waarover hij beschikt? Hier volgen de voornaamste mogelijkheden.

1. Allereerst zal hij over een goede (stereo)microscop dienen te beschikken, die zeker 30 - 40 x vergroot. Micromounters hebben die doorgaans al.
2. De primaire scheiding (lichte mineralen van zware mineralen) moet uitgevoerd worden. (Later te behandelen).
3. Door zorgvuldig zeven valt het materiaal uiteen in verschillende korrelgroottes, waarin significante mineraalgezelschappen voorkomen. Bijvoorbeeld: titaniet en monaziet, die veel op elkaar lijken (allebei geel), zitten dikwijls in sterk uiteenlopende zeeffracties.
4. Magneetscheiding, waardoor de verkregen zware mineralen in bepaalde gezelschappen uiteenvallen, bijvoorbeeld ilmeniet + veel granaat. Met eenvoudige middelen is dit al te realiseren, waarover later meer.
5. Bekijken op kleur onder de microscoop. Rose korrels zijn over het algemeen granaat, veel groene korrels zijn epidoot (al kan dit mineraal ook kleurloos optreden). Oranje-getinte mineralen zijn er echter verscheidene, zoals stauroliet; zwarte eveneens. Bij het determineren onder de opvallend-lichtmicroscop alléén liggen dan ook voetangels en klemmen.
6. Bekijken met gepolariseerd licht. Enkele eenvoudige manipulaties zullen later aan bod komen.

## Scheidingsmethoden

"Makkelijke" mineralen zijn al gauw te traceren, het zijn juist de moeilijke waarvoor verscheidene eigenschappen moeten worden bepaald. Samenvattend zijn er de volgende korreleigenschappen waarop gelet kan worden. Zie Tabel II.

Tabel II

Eigenschap	Methode	Mineraalscheiding
I. licht of zwaar	primaire scheiding	kwarts + veldspaat of anderszins
II. grof of fijn	zeven	in gezelschappen met bepaalde grootte-voorkeur
III. magnetisme	magneetscheiding	in gezelschappen met gelijk magnetisme
IV. kleur	stereo-microscop	enkele duidelijke soorten herkenbaar
V. vorm: afgerond/plat/lang	" "	" " " "
VI. optische eigenschappen: 1. doorschijnend of niet 2. pleochroïsme? 3. lage of hoge brekingsindex 4. isotroop of dubbelbrekend 5. recht of scheef uitdovend? 6. assenbeeld?	polarisatie-microscop	opake mineralen: ilmeniet, magnetiet enkele min., bv. toerm., hoornbl., epidoot, andalusiet o.a. onderscheid lichte en zware mineralen isotroop: granaat en spinel aanvullende eigenschap voor de specialist belangrijk kenmerk voor de specialist

Laten we voor de vijf meest voorkomende mineralen in het DZA eens kijken, welke eigenschappen voor de determinatie nodig zijn. Dan hebben we ruim 92 % al thuisgebracht.

**1. ilmeniet:** in sterk magnetische fracties, in alle zeeffracties, kleur zwart (in grote concentratie blauwzwart), afgerond, opaak. Magnetiet is nog sterker magnetisch.

**2. granaat:** in matig sterk en matig magnetische fracties, in grove en middelfijne zeeffracties (105 - 210 µm en 77 - 105 µm), kleur rose in diverse tinten, hoekig, optisch isotroop.

**3. zirkoon:** in niet-magnetische fractie, in middelfijne en fijne

## Apparatuur en gereedschap

De te gebruiken hulpmiddelen bij het hier geschetste zandonderzoek variëren van een serie keukenzeven tot een gestandaardiseerde zevenset, van een uit een oude luidspreker gesloopte, sterke magneet tot een geavanceerde laboratorium-magneetscheider. Met vindingrijkheid en handigheid kan veel zelf gemaakt worden en kunnen hoge kosten van aanschaf achterwege blijven. Zelfs het moeilijkst te verwezenlijken punt: het werken met gepolariseerd licht, kan bij een voorzichtige benadering goede resultaten opleveren. Stereo-microscopen kunnen simpel uitgebreid worden, zodat ze voor de bepalingen onder VI. in Tabel II bruikbaar zijn tot en met punt 4.

Er zullen trouwens altijd wel korrels overblijven die niet benoemd kunnen worden.

Het moet gezegd, dat alle resultaat afhankelijk is van de persoonlijke inzet van de zandonderzoeker. De specialist vertrouwt zijn determinatie pas voor de volle 100 % als hij van zijn twijfelgeval een assenbeeld door de polarisatie-microscop heeft gezien. De zandamateur kan ook heel wat aan.

Er is stof te over voor een volgend artikel in de serie over ZAND.

## Literatuur

H.B. Milner (1962): Sedimentary petrography, deel II. Allen & Unwin, Londen.

P. Devismes (1978): Atlas photographique des minéraux d'alluvions. Mém. BRGM no. 95. In Fr. en Eng. Goede foto's, met opvallend licht genomen.

W. Boeningk (1983): Schwermineralanalyses. Enke Verlag, Stuttgart.

M.A. Mange en H.F.W. Maurer (1991): Schwerminerale in Farbe. Enke Verlag, Stuttgart. Voortreffelijk boek, met kleurenfoto's, vele in gepolariseerd licht.

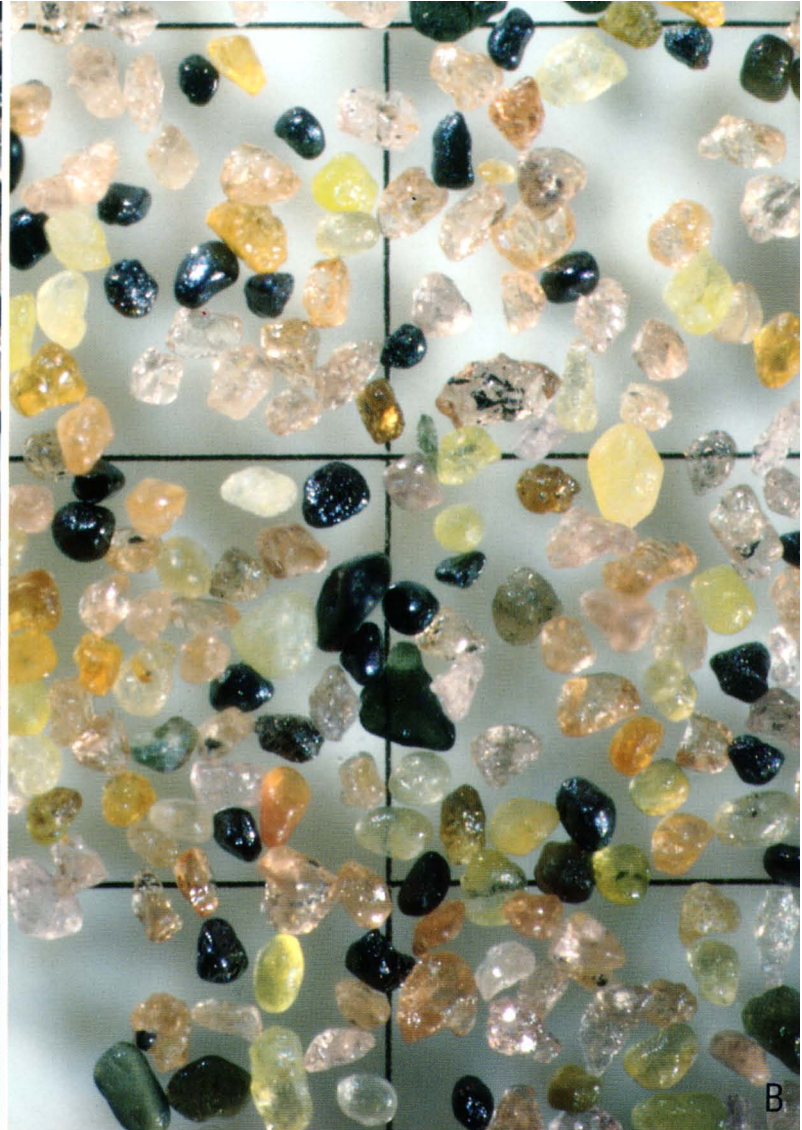
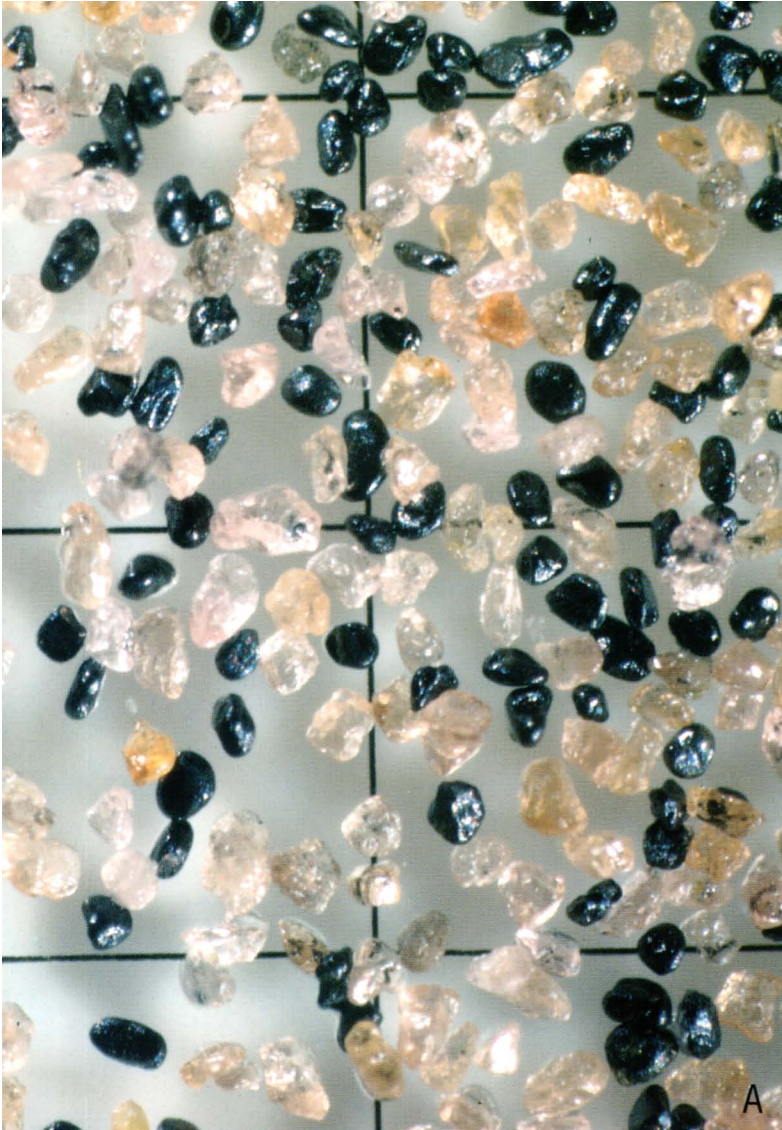
Idem (1991): Heavy minerals in colour. Chapman and Hall, London. Vertaling van voorgaand boek.

zeeffracties (77 - 105 µm en < 77 µm), kleurloos tot zeer licht gekleurd, afgerond tot prismatisch, zeer hoge brekingsindex, recht uitdovend in gepolariseerd licht.

**4. epidoot:** in matig en zwak magnetische fracties, in grove en middelfijne zeeffracties, kleur groen, geelgroen, geel tot kleurloos (naar afnemend ijzergehalte), afgerond tot hoekig, hoge brekingsindex, gelig pleochroïsme.

**5. rutiel:** in niet-magnetische fractie, in middelfijne en fijne zeeffracties, kleur donkerbruin tot zwart, vaak prismatisch, zeer hoge brekingsindex, recht uitdovend (als dubbelbreking te zien is, eigen kleur is erg donker) bij gepolariseerd licht.





## Bijschriften bij de kleurenfoto's

(zie voor samenvatting Tabel I)

**A. Fractie 3.** **Ilmeniet:** zwart, afgerond. **Granaat:** diverse tinten rose, hoekig tot afgerond. Geen magnetiet, deze is in fractie 1 al met een handmagneet "gevangen".  
Fractie 3 is een grote fractie; de ilmeniet en granaat geven het donkere aanzicht en de rossige tint aan het DZA.

**B. Fractie 4.** **Ilmeniet:** zwart. **Granaat:** rose. **Epidoot:** groengeel, geel, lichtgeel, afgerond tot prismatisch. **Stauroliet:** geeloranje, vooral in ML- en LB-vak. **Toermalijn:** o. a. helder geelbruin op lijn boven snijpunt LB en RB; liggende bruingrijze korrel in LO-vak. **Augiet** (ws.): grijsbruin, schuinliggend groot kristal in LO-vak. Augiet (pyroxeen i.h.a.) en hoornblende (amfibool i.h.a.) zijn in geconcentreerde zware zanden ondervetegenwoordigd t.g.v. hun vorm en gemakkelijke splijtbaarheid. Fractie 4 is een grote fractie, evenals 3; de overige fracties zijn kleiner tot veel kleiner van omvang.

**C. Fractie 5.** Nog steeds **ilmeniet**. **Granaat** (zeer lichtrose, nog maar weinig ijzer aanwezig) treedt terug. **Epidoot**, heel talrijk, vnl. lichtgeel en kleurloos, is eveneens lichter dan in fractie 4. **Stauroliet:** lichtoranjegeel, midden op lijn tussen M- en MO-vak (links en rechts liggen gele epidootkorrels). **Spinel:** blauwgroene korrel in LB, ook bovenaan in MB rechts van het midden. **Toermalijn:** is in deze fractie sterk aangerijkt en ijzerrijk, ws. schorliet; links in MB grijsbruin (rechtsonder zwarte ilmeniet); ook prismatisch onder snijpunt RB, bovenaan lijn tussen M en MR; ook vierde korrel links hiervan (grijsbruin); ook linksboven in MO, grijs en glanzend. **Leucoxeen:** vlak onder laatstgenoemde toermalijnkorrel ligt er een met zwarte ilmenietresten; ook rechtsboven eerstgenoemde toermalijn (in MB-vak) ligt zo'n leucoxeen.

**D. Fractie 6.** Nog nauwelijks **ilmeniet**, deze is grauw, gedeeltelijk omgezet naar leucoxeen. **Leucoxeen** is grijsbruinachtig, zoals even links van het midden van vak LB. **Toermalijn:** bruinig, ligt o.a. rechts van genoemde leucoxeen, en ook middenonder in vak LO. **Granaat** ontbreekt, wel veel **epidoot:** geelbruin, lichtgeel, kleurloos; o.a. een groep rechts van het midden in vak LO. **Spinel:** donkergroene korrel linksboven in vak LO. **Titaniet:** oranjegeel, net onder het midden in vak RO. In deze fractie zitten van de ijzerbevattende mineralen nog slechts ijzerarme korrels.

**E. Fractie 7.** De ilmeniet is grotendeels omgezet in **leucoxeen**, zoals twee doffe, gevlekte, grijs-geelbruine korrels, een liggend en een staand, links boven het midden in vak MB, ze vertonen nog ilmenietresten. **Epidoot** is lichtgekleurd. **Toermalijn** (lichtgrijsbruin, Fe-arm) ligt bovenin vak MO, links van een grote kleurloze korrel (rechts daarvan weer leucoxeen). **Titaniet**, groot en geelbruin, ligt ongeveer op dezelfde hoogte, langs lijn tussen MO en LO; titaniet lijkt veel op monaziet, zit in dezelfde magnetische fractie, maar is grover van korrel. **Rutiel**, glanzend lichtbruin, ligt o.a. onder lijn RB en RO (helemaal midden rechts); ook linksonder daarvan ligt er een. **Andalusiet** (ws.): linksboven de het eerst genoemde rutiel, kleurloos transparant, met zwarte insluitels.

**F. Fractie 8.** Dit is de "zirkoon-fractie", er zit **geen kwarts** in! **Zirkoon:** kleurloos, lichtgeel, lichtrose, glans veel hoger dan kwarts, vaak duidelijk prismatisch van vorm (kwarts is in zand niet prismatisch). Verder **leucoxeen:** grote korrel in MO rechtsboven (liggend, oranjebruin) en linksonder het midden (geelbruin). **Rutiel:** bruin, prismatisch, o.a. onderaan op lijn tussen MO en LO, maar ook wel zwart (tussen bovengenoemde leucoxeenen bv.). **Distheen:** het grote lichtgele, transparante kristal linksonder in vak MB.

Elk vierkant vakje is 1 mm<sup>2</sup>. Gebruikte afkortingen: ML - vak middenlinks; RB - vak rechtsboven; LO - vak linksonder; enz.

Determinaties: Dr. L. Krook. Kleurenfoto's: P. Stemvers.



