

Optische gesteentedeterminatie IV

P. Stemvers

Summary:

An introduction is given to the study of thin sections. The attention is drawn to use the polarisation-microscope at first without nicols. Treated are: opaque and transparent minerals, color, shape of crystals, cleavage, refraction, the Becke line and pleochroism. Attention is called for the systematism of nature, that groups together associations of minerals in the various types of rocks.

DE BESTUDERING VAN SLIJPPLAATJES

1. Inleiding

De polarisatie-microscop kan op de volgende wijzen gebruikt worden:

1. met opvallend licht (ertsmicroscopie),
2. met niet-gepolariseerd licht,
3. met gepolariseerd licht (één nicol),
4. met gepolariseerd licht (gekruste nicols),
5. als conoscoop.

In dit artikel zullen alleen de eerste drie mogelijkheden besproken worden. Determinatie zonder een goed studieboek, zoals *Optical Mineralogy* van Paul F. Kerr (1959), is onmogelijk. Teneinde Grondboor en Hamer niet tot een kopie van dit boek te laten vervallen, zal steeds naar dit werk verwezen worden.

2. Ondoorzichtige mineralen (*opaque minerals*)

De eerste observatie wordt verricht met doorvallend licht, waarbij geen nicols gebruikt worden. Hierbij is het gunstig met het diafragma van lichtbron en condensor te spelen. De lichthoeveelheid moet zó geregeld, dat het oog niet hoeft te accommoderen.

Verschillende eigenschappen van de mineralen komen nu aan het licht. Primair splitsen we de mineralen in twee groepen: a. ondoorzichtige, b. doorzichtige. De ondoorzichtige mineralen worden bekeken door een ongepolariseerde lichtbundel, liefst loodrecht, op het slijpplaatje te laten vallen. De waargenomen kleur en kristalvorm kunnen nu tot de identificatie van het mineraal leiden (Kerr, tabel 10-1).

Enkele voorbeelden:

mineraal	kleur in opvallend licht
grafiet (C)	zwart
pyriet (FeS_2)	messinggeel
hematiet (Fe_2O_3)	staalblauw, rood of zwart. Soms rood en doorschijnend, speciaal op de hoeken

magnetiet ($\text{Fe} \cdot \text{Fe}_2 \cdot \cdot \text{O}$)	staalblauw, zwart
limoniet ($\text{H}_2\text{Fe}_2\text{O}_4(\text{H}_2\text{O})_x$)	geelbruin

3. Doorzichtige mineralen (*transparent minerals*)

3.1. Kleur

Doorzichtige mineralen kunnen wederom verdeeld worden in twee groepen: gekleurde en ongekleurde. Kerr hanteert de kleur als één der sleutels tot de mineraalidentificatie (tabel 10-2). Dit houdt niet in, dat alleen op de kleur het mineraal bepaald kan worden. In een geval zoals perowskiet, dat 14 maal in de tabel voorkomt, biedt deze sleutel weinig houvast.

De waargenomen kleur wordt genoteerd; dit doet men met alle eigenschappen die men kan waarnemen.

3.2. Kristalvorm

De mineralen kunnen in drie vormen verschijnen:

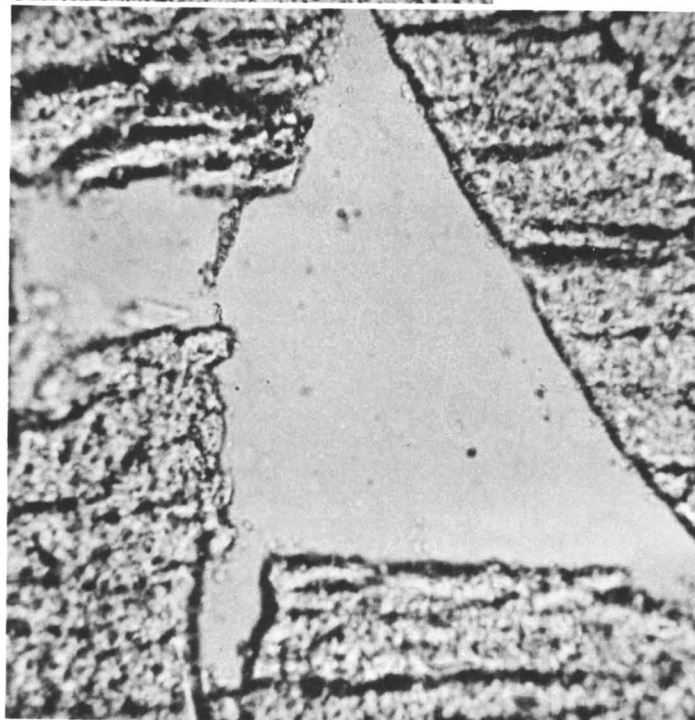
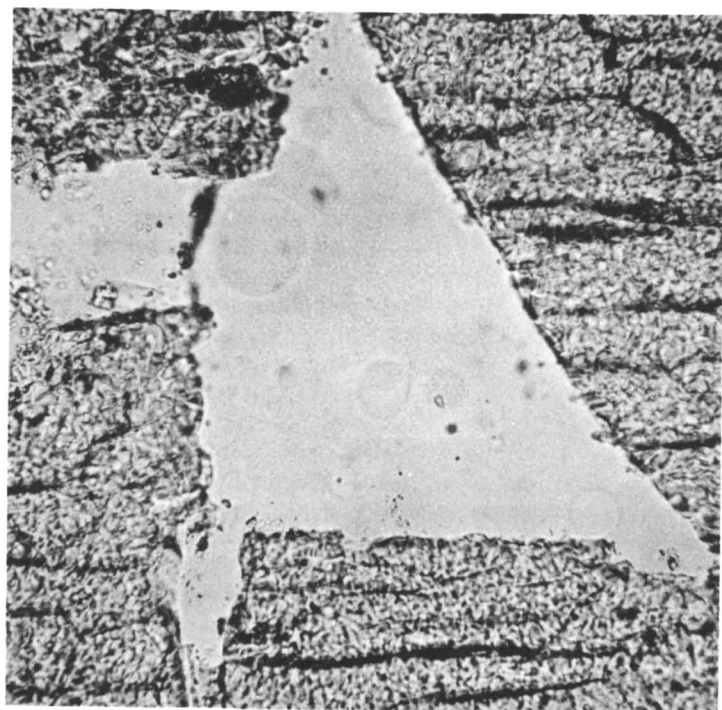
idiomorf (Gr. *idios* = eigen), Eng. *euhedral*: goed ontwikkelde kristallen met duidelijke kristalvlakken,

hypidiomorf (*hypo* = bijna) of subhedral: gedeeltelijk ontwikkelde kristallen, xenomorf (*xenos* = vreemd) of anhedral: geronde of ontbrekende kristalvorm. Van de idiomorfe kristallen worden tabellen gegeven (tabel 10-3). Tot de bestudering hiervan zijn we verplicht, omdat vorm en manier waarop een mineraal gekristalliseerd is ons veel van zijn ontstaan en afkomst kunnen vertellen. Zeer leerzaam is in dit verband ook hoofdstuk 2: *Morphologische Merkmale der Bildung und Umbildung der Gesteinsgemengteile* uit Karl Chudoba's boek *Gesteinsbildende Mineralen* (1932).

3.3. Spleijting (*cleavage*)

Door het slijpen ontstaan in het kristal krassen, waarvan scherpte en verloop veroorzaakt worden door de meer of mindere mate waarin het mineraal in de desbetreffende doorsnede spleijtbaar is. Van *volkomen* spleijting spreken we, indien de krassen praktisch ononderbroken scherp verlopen. Tussen volkomen (*perfect*) en onvolkomen (*imperfect*) spleijting zijn alle gradaties mogelijk. Spleijting is niet altijd vlot te zien. Bij kleurloze mineralen moet de condensor gedeeltelijk afgedekt worden of een weinig zakken voordat de spleijting zichtbaar wordt. Overmaat van licht speelt een nadelige rol bij het opsporen van de spleijting. Het komt vaak voor dat de spleijting evenwijdig aan een bepaald kristalvlak volkomen is, evenwijdig aan een ander vlak onvolkomen of zelfs afwezig is. Daarom wordt in de literatuur de spleijting altijd opgegeven ten opzichte van een bepaald kristalvlak. Veel mineralen vertonen in een bepaald kristalvlak spleijting in meerdere richtingen.

Spleijting in twee richtingen komt o.a. voor bij de *pyroxenen*: de spleijtingsrichtingen staan onder een hoek van 90° , en bij de *amfibolen*, waarbij de spleijtingsrichtingen onder een hoek van 124° staan. Alleen indien het kristalvlak, waarin deze spleijtingen voorkomen, evenwijdig ligt aan de microscoopafel, kan men pyroxenen door bepaling van de spleijtingshoek van amfibolen onderscheiden. Scheef aangesneden kristalvlakken kunnen tot foutieve determinatie leiden. Een kristalvlak is



alleen bruikbaar voor hoekmeting van de splijting indien de krassen tijdens op en neer bewegen van de tubus niet verschuiven. De ervaring leert, dat weinig of geen aangeslepen kristallen hieraan kan voldoen. Een mineraal, waarvan alle kristallen in het slijpplaatje geen splijting in twee richtingen vertonen, kan daarom nog best een pryoxeen of een amfibool zijn.

Voorts komt splijting in 3, 4 en 6 richtingen voor.

Soms is de splijting zo sterk, dat in het mineraal een breuk optreedt. De breuk treedt meestal op langs de vlakken van vertweelining. Dit verschijnsel wordt *parting* genoemd. Splijting en parting kunnen in elkaar overgaan. In geval van *fracture* is de scheiding tussen de kristaldelen volledig.

3.4. Brekingsindex (refraction)

De voortplantingssnelheid van licht in de verschillende vloeistoffen en vaste stoffen is niet gelijk. De lichtsnelheid in vacuum (V_0) stelt men op 1, de lichtsnelheid in de te onderzoeken stof op V_1 . Het begrip brekingsindex, aangeduid met de letter N , voldoet aan de volgende waarde: $V_0/V_1 = 1/V_1 = N$. De brekingsindex van canadabalsem is 1,537.

3.5. Reliëf

In het slijpplaatje liggen de mineralen gevat tussen canadabalsem. De verschillende mineralen hebben t.o.v. elkaar en t.o.v. balsem een andere brekingsindex. Is dit verschijnsel t.o.v. balsem groot (bv. fluoriet $N = 1.434$) of extreem groot (rutiel $N = 2,9$) dan steekt dat mineraal duidelijk af tegen de balsem. Dit afsteken wordt het reliëf genoemd. Het wordt verdeeld in:

N	reliëf
<1.35	zeer sterk negatief
1.35-1.48	duidelijk negatief
1.48-1.54	laag negatief
1.54-1.59	laag positief
1.59-1.66	matig positief
1.66-1.74	hoog positief
1.74-2	zeer hoog positief
>2	uiterst hoog positief

Het reliëf is een belangrijk middel om een mineraal te karakteriseren en wordt daarom altijd bepaald. Indien mogelijk wordt het bekeken t.o.v. balsem: langs de randen van het plaatje, of waar barsten opgevuld zijn met balsem.

De grens tussen twee doorzichtige stoffen is vaak moeilijk te vinden. In een dergelijk geval schakelen we de nicols in, waardoor we de grens beter kunnen opsporen. Hieronder volgt een indeling van verschillende mineralen naar de brekingsindex. Het begrip + en - reliëf wordt in 3.6. behandeld. De carbonaten vormen een uitzondering; deze bezien we met ingeschakelde polarisator. Is het reliëf positief t.o.v. balsem, dan kan het na 90° draaien negatief zijn (calciet).

hoog +	granaten, rutiel, cassiteriet, zirkoon, vesuviaan, titaniet, epidootgroep, zoisiet, stauroliet, distheen, chloritoiden, olivijn, pyroxenen, amfibolen, sillimaniet en carbonaten (in één stand).
matig +	toermalijn, apatiet, sideriet, amfibolen, andalusiet, prehniet, wollastoniet, glimmers.
laag + geen reliëf	kwarts, glimmers, chlorieten, serpentijn, cordieriet, plagioklaas. nefelen.
laag —	leuciet, analcim, sodaliet, hauyn, veldspatoiden, carbonaten (in één stand), cancriniet, alkaliveldspaten, zeoliet.
duidelijk—	fluoriet

3.6. Lijn van Becke

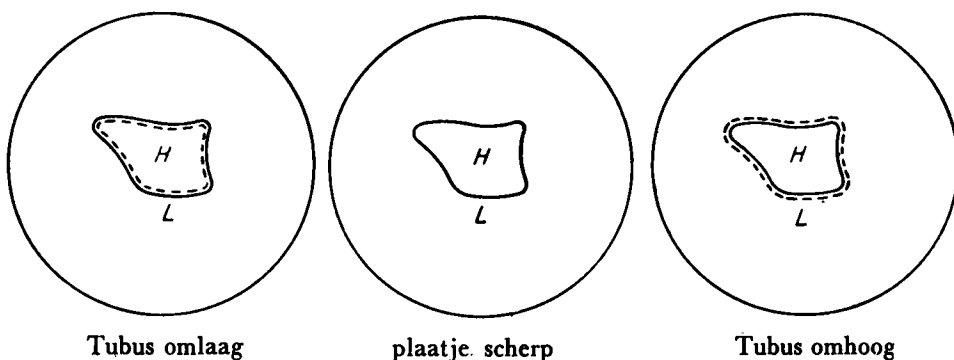
Met behulp van de lijn van Becke kan bepaald worden of een mineraal de brekingsindex (groter (+) of kleiner (—) is dan die van balsem.

Voor de bepaling nemen we een kristal, dat ergens door balsem begrensd is. Na centrering wordt op het grensvlak ingesteld met $40\times$ objectief en $10\times$ oculair. Het diafragma wordt dichtgedraaid tot de kleinste opening (hiertoe monteerden we in de goedkope microscoop een microdiafragma). Wordt, na scherpstellen, de tubus omlaaggedraaid, dan zien we, indien de brekingsindex groter is dan balsem, een witte lijn vanaf het grensvlak de balsem in schuiven (afb. 1). Draaien we de tubus omhoog, dan verschijnt de witte lijn (Lijn van Becke) in het kristal (afb. 2). Hieruit volgt de volgende vuistregel:

Tubus omlaag: Lijn van Becke verschijnt in medium met de *laagste* brekingsindex.

Tubus omhoog: Lijn van Becke verschijnt in medium met de *hoogste* brekingsindex (afb. 3).

Hoe groter het verschil in brekingsindex is, des te makkelijker is de Lijn van Becke waar te nemen. Met de microscoop is het niet mogelijk de brekingsindex als een waarde met vier cijfers op te geven.



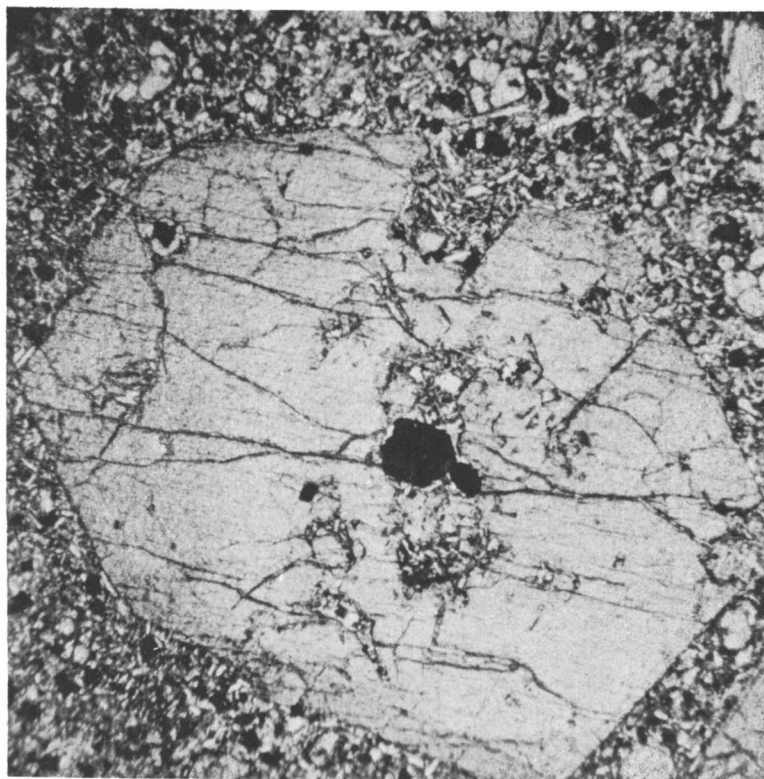
Afb. 3. Kerr, Optical Mineralogy.

In gevallen waarin de Lijn van Becke zeer moeilijk waarneembaar is moet het mineraal niet dogmatisch onder de gevonden positieve of negatieve waarde ingedeeld worden, daar de brekingsindex van balsem, afhankelijk van de wijze van behandeling, kan zwenken tussen 1.535 en 1.55. De in het eerste artikel opgegeven infrarood-montagemethode zal tot constantere waarden komen dan montage boven een gasvlam. Er zijn vele slijpplaatjes in omloop, die niet met balsem gekit zijn en waarvan de brekingsindex van het kitmiddel niet is opgegeven, wat eveneens aanleiding tot vergissingen kan geven.

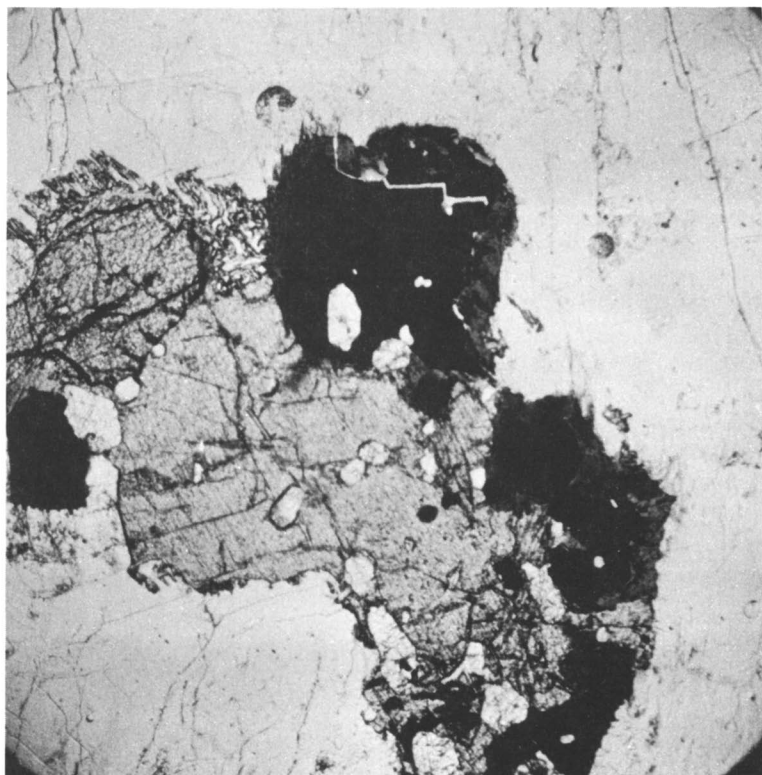
3.7. Pleochroïsme

In tegenstelling tot een *isotoop* medium, waarin het licht naar alle richtingen gelijkmatig verzwakt wordt, is de absorptie in een *anisotroop* medium in verschillende richtingen ongelijk. Niet alleen wordt de totale lichthoeveelheid in de verschillende richtingen ongelijk verzwakt, doch ook de absorptie per golflengte kan verschillend zijn. Hierdoor treden kleurverschuivingen op die pleochroïsme genoemd worden.

Voor pleochroïtisch onderzoek schakelen we de polarisator in en verkrijgen daar-



Afb. 4. Idiomorf augietkristal met ingesloten magnetiet. Grondmassa fijnkristallijn. Augietbasalt (Cantal).



Afb. 5. Magnetiet met ingesloten apatiet, omgeven door xenomorfe biotiet. Grote augiet-kristallen, hier en daar micrografische vergroeiing met alkaliveldspaat. Larvigiet.

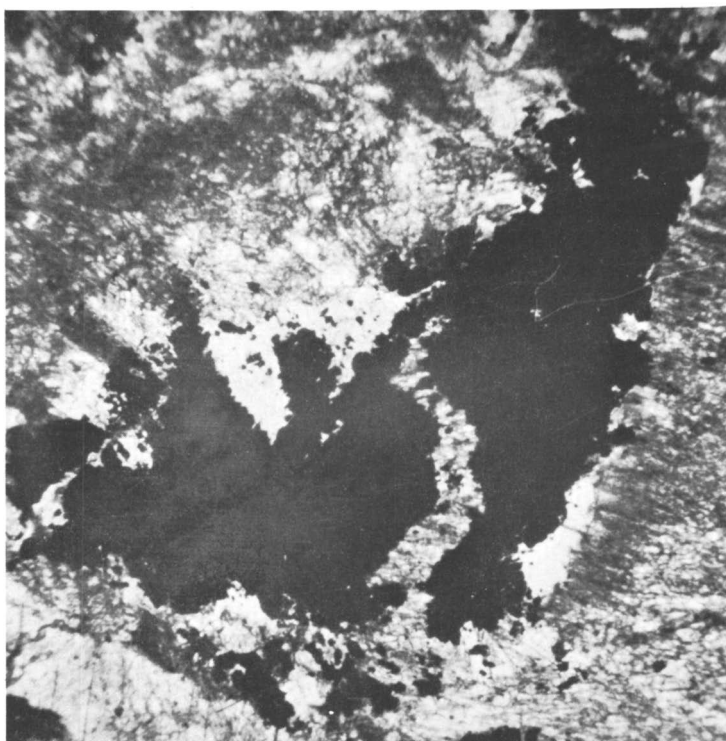
door rechtlijnig gepolariseerd licht. Wordt de tafel 90° gedraaid dan kunnen we de volgende waarnemingen doen:

A. Er wordt geen kleurverschuiving waargenomen. Het mineraal is niet pleochroïtisch (of we kijken in het verlengde van de optische as van een anisotroop mineraal),

B. Er worden twee verschillende kleuren waargenomen, wat *dichroïsme* genoemd wordt. Dichroïtische mineralen behoren tot de optisch eenassige kristallen (biotiet, toermalijn). Uitzondering: tweeassige kristallen, waarvan 2 van de 3 kleuren praktisch aan elkaar gelijk zijn, zie C.

C. Er worden drie verschillende kleuren waargenomen: *trichroïsme*. De mineralen behoren tot de optisch tweeassige kristallen (hoornblende).

Allochromatische kristallen, waarvan de kleur veroorzaakt wordt door pigmenten, vertonen geen pleochroïsme, *idiochromatische* kristallen, waarvan de kleur samenhangt met de kristalbouw, vertonen dit verschijnsel vaak wel. Pleochroïsme is vaak moeilijk waarneembaar. Er moet een redelijk aantal kristallen onderzocht worden alvorens besloten wordt dat het mineraal *niet* pleochroïtisch is. In moeilijke gevallen heeft overmaat van licht een nadelige invloed.



Afb. 6. Magnetiet in ophicalciet (serpentijnmarmer).

4. Gesteente-indeling

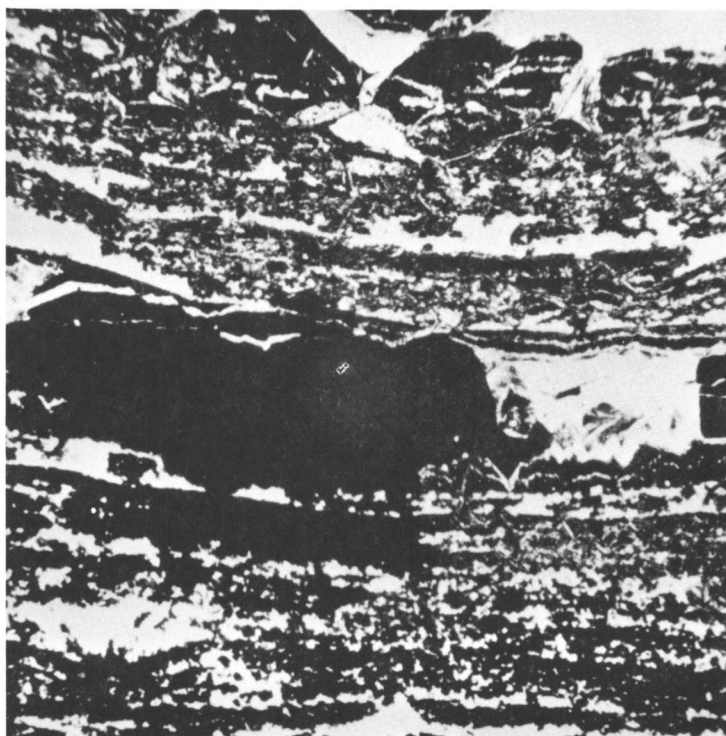
Geen der gesteenten die wij kennen is afkomstig van de eerste korst, die onze aarde heeft omgeven. De materie heeft een lange reeks processen achter de rug, voor zij verstarde in de vorm zoals wij haar nu aantreffen. Processen, die identiek aan elkaar verlopen, leveren dezelfde eindprodukten op, d.w.z. dat de structuren van de mineralen en de mineraalverhoudingen min of meer aan elkaar gelijk zijn. De gesteenten worden primair in drie hoofdgroepen verdeeld. De hoofdgroepen worden, behalve door hun structuur, gekenmerkt door hun mineralen.

gesteente	stollingsgest.	metamorfe gest.	sedimenten
mineralen	magnetiet apatiet olivijn augiet amfiboliet biotiet plagioklaas alkaliveldspaat kwarts microklien	1200 °C granaat stauroliet distheen epidoot talk serpentijn chloriet sillimaniet grafiet 700 °C	chloriden sulfaten (gips, bariet) carbonaten (calciet, dolomiet) kleimineralen limoniet

De „ortho“-gesteenten (van stollingsgesteenten afkomstige metamorfe gesteenten) zullen uiteraard gedeeltelijk samengesteld zijn uit mineralen, waaruit zij in hun oorspronkelijk stollingsfase waren opgebouwd. Omgekeerd komen mineralen, die bij de metamorfose gevormd worden, slechts sporadisch in stollingsgesteenten voor. De mineralen van de stollingsgesteenten zijn gegeven in volgorde van kristallisatie bij dalende temperatuur. De accessorische mineralen, die het eerst uit de smelt kristalliseren, kunnen zich ongestoord ontwikkelen en zijn dan ook idiomorf. Later uitkristalliserende mineralen gaan elkaar hinderen, de kristalvorm wordt anders dan bij vrije ontwikkeling het geval geweest zou zijn en wordt daarom xenomorf genoemd. In een zuur magma kristalliseert de kwarts als laatste uit en vult daarvoor de beschikbare ruimte tussen de reeds aanwezige kristallen op.

Het enige gesteentetype dat na bestudering en analysering door de polarisatiemicroscopie in een duidelijk schema kan worden ingedeeld is het stollingsgesteente. De meeste aandacht wordt in de optische gesteentedeterminatie dan ook aan de stollingsgesteenten gegeven.

De stollingsgesteenten bevatten mineralogisch gemiddeld 60 % veldspaat, 12 % kwarts, 17 % pyroxeen en amfibool en de indeling van deze gesteenten berust voornamelijk op de bepaling van deze mineralen. Helaas worden de gesteenten constant belaagd door verwerking, waaraan alleen kwarts ontkomt. Stollingsgesteenten, waarvan de veldspaten enz. omgezet zijn, zijn zeer zeker voor de beginner

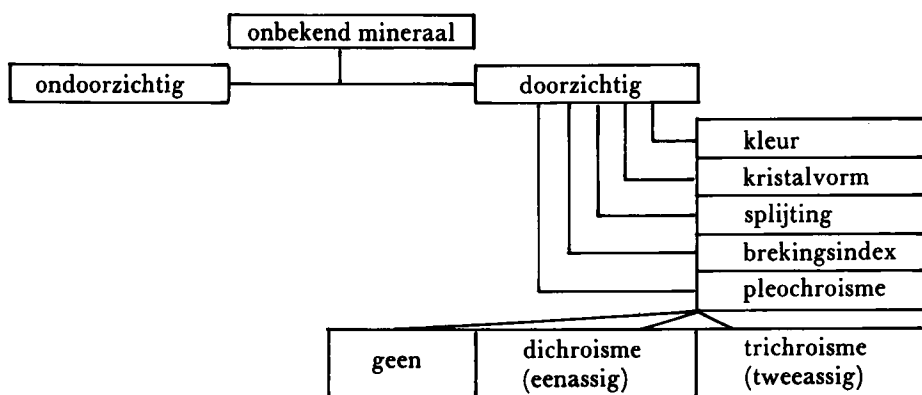


Afb. 7. Magnetiet, omgeven door xenomorfe hematiet en kwarts (wit).

niet meer te klassificeren. Zij wekken verwarring en doden het enthousiasme. We gaan daarom steeds uit van onverweerd materiaal.

5. Systematisch onderzoek

Mineralogisch onderzoek moet systematisch gebeuren. Het aantal mineralen, dat de hoofdmassa van een gesteente uitmaakt en bepalend is voor de classificatie, is gering. Van elk van deze mineralen moeten we verscheidene kristallen onderzoeken alvorens tot een bepaling te komen. Een voorlopige leidraad voor systematisch onderzoek volgt hieronder.



Uit bovenstaand schema blijkt, dat de beginner in staat is zonder een grote voorstudie en zonder een dure microscoop aardig al wat gegevens uit zijn slijpplaatje te halen. Helaas is de beginnening meestal dermate gefascineerd door de polarisatie-effecten, dat hij zijn hele onderzoek hiermee verricht en vergeet, het slijpplaatje als gesteente te bezien. De kristalvorm, de wijze van rangschikking, veranderingen e.d. zijn begrippen waar over heengelopen wordt, maar die beter eerst bepaald kunnen worden alvorens tot verder onderzoek over te gaan. Systematisch is gelukkig de natuur geweest. Uit een zuur magma kristalliseren andere mineralen uit dan uit een basisch. Op den duur leren we welke groepen van mineralen bij elkaar horen. Accessorische mineralen, belangrijk voor de geoloog, behoeven we niet te bepalen om de naam van het gesteente vast te stellen, wat niet wegneemt, dat we het wel proberen.