

MINERALENZAAL



Museum

Gids

2

Redactie : R. Van Tassel

Tekeningen en omslag : M. Leclercq

Uitgave van het

**Koninklijk Belgisch Instituut
voor Natuurwetenschappen**

Vautierstraat 29 B-1040 BRUSSEL

BRUSSEL

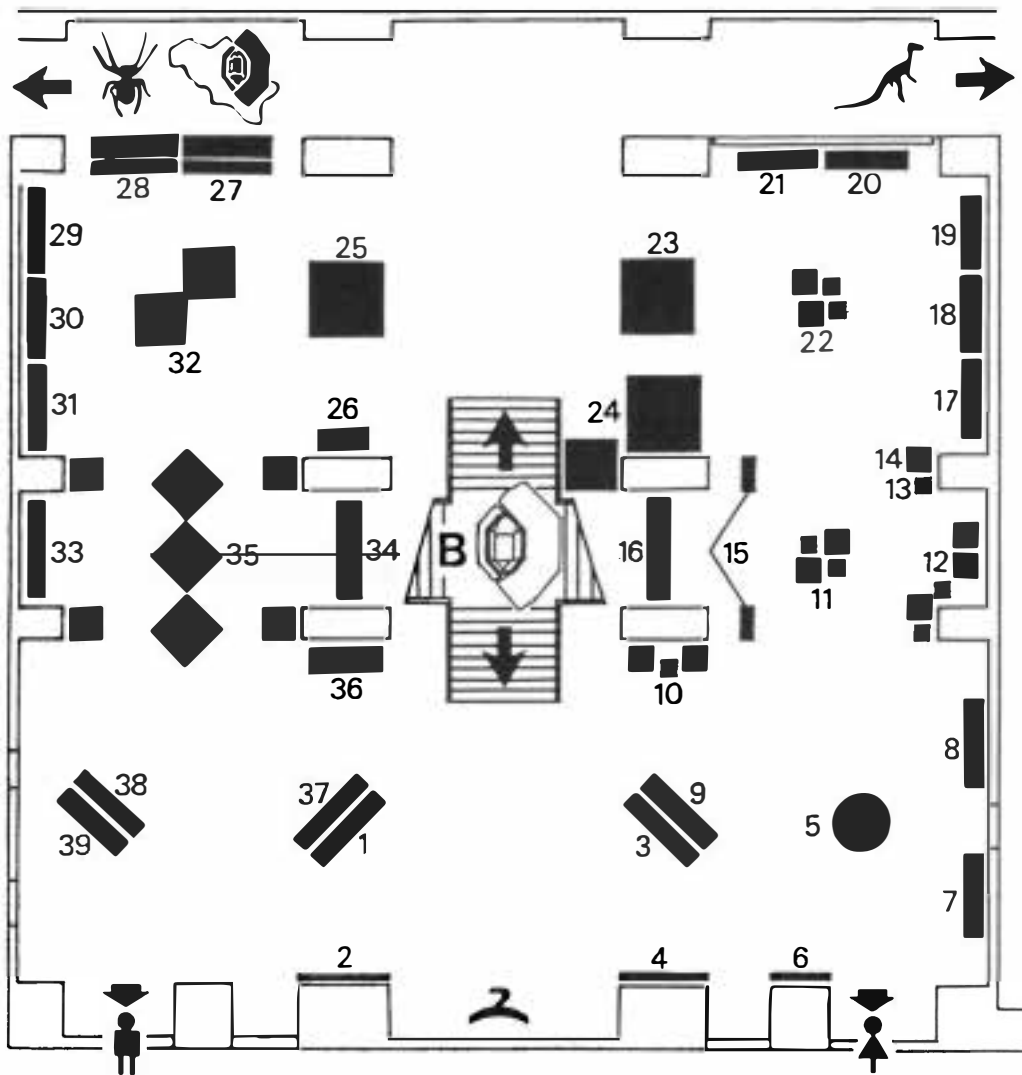
1992

Wettelijk depot : D/1992/0339/6

MINERALENZAAL

R. Van Tassel

D/1992/039/6



KONINKLIJK BELGISCH INSTITUUT VOOR NATUURWETENSCHAPPEN

Tentoonstellingszaal B

Algemene Mineralogie

Deze tekst is bedoeld als een beknopte aanvulling, voor de belangstellende bezoeker, van hetgeen in de vitrines en op de panelen te zien is. De nummering van vitrines en panelen in de brochure komt overeen met die van de tentoonstelling.

De tentoonstellingszaal bevat een **didactisch** gedeelte (vitrines en panelen nr. 1-4) en een **systematisch** gedeelte (vitrines en panelen nr. 25-38).

In het **didactisch** gedeelte worden behandeld:

- nr. 1-4: meteorieten en maangesteenten
- 5-6: opbouw en samenstelling van de aarde
- 7: mineralen en gesteenten
- 8-24: eigenschappen van mineralen
- 8-10: voorkomen, kristallijne opbouw, symmetrie
- 11-16: optische eigenschappen (kleur, glans, kristaloptica, fluorescentie)
- 17: mechanische eigenschappen (hardheid, splijting, breuk)
- 18: dichtheid, magnetisme, radioactiviteit
- 19: vorm van kristallen (isomorfie, polymorfie, pseudomorfie)
- 20-24: groeiverschijnselen (onregelmatige kristallen, insluitels, aggregaten)

Het teken * in de tekst verwijst naar voorwerpen (mineralen, gesteenten, replica's, modellen, figuren, foto's, kaarten) in de vitrines of op de panelen.

In het **systematisch** gedeelte worden verschillende mineraalsoorten per groep tentoongesteld:

- nr 25-26: elementen
- 27: sulfiden, arseniden
- 28: oxyden, hydroxyden, halogeniden
- 29: carbonaten
- 30: boraten en nitraten; sulfaten, molybdaten, chromaten en wolframaten
- 31: fosfaten, arsenaten, vanadaten
- 32: grote specimens uit vorige groepen
- 33: silicamineralen
- 34-38: silicaten

De vitrine 39 toont recente aanwinsten.

DIDACTISCH GEDEELTE

1. Meteorieten

Meteorieten zijn kosmische lichamen die, in het zonnestelsel, op aarde en ook op andere planeten en hun satellieten neerstorten. Indien ze daar op een vaste bodem vallen, vormen ze inslagkuilen (meteorietkraters). Op aarde worden ze benoemd naar de plaats van vondst of inslag. Zo werden een 3000-tal verschillende vindplaatsen opgetekend. Alhoewel er reeds lang meteorieten gevonden waren, kwam het slechts bij de eeuwwisseling 18de-19de eeuw wetenschappelijk vast te staan dat stenen werkelijk uit de lucht kunnen vallen. Het eerste wetenschappelijk betoog werd aangevoerd in 1794 door de Duitse natuurkundige E.F. Chladni. Een onweerlegbaar bewijs werd geleverd, als de proef op de som, in 1803 te L'Aigle in het departement Orne, Frankrijk: als een ware meteorietregen vielen toen 2000 tot 3000 stenen neer, tot 10 kg en met een totale massa van ongeveer 37 kg. Het nauwkeurig en omstandig verslag opgesteld door de fysicus J.B. Biot, lid van de Franse academie, wuifde alle twijfels weg.

Een meteorietval kan gekenmerkt worden door een enkel fragment of door meerdere, zelfs een hele zwerm*, zoals in het geval van L'Aigle, Frankrijk (1803), verspreid over een oppervlakte van 4 x 9,6 km en Sikhote-Alin, Siberië (1947) over een oppervlakte* van 7,5 km². Bij deze laatste inslag kwamen 8000 brokstukken (van 1 g tot 1750 kg) neer met een geschatte totale massa van 70 ton, waarvan 23 ton werd opgeraapt.

De afmetingen van meteorieten zijn zeer uiteenlopend en kunnen gaan van enige micrometer, zoals micrometeorieten* gevonden op de oceanobodem, tot blokken van tientallen ton, zoals Bacubirito* (25 ton), Mexico, gevonden in 1863, en Hoba* (60 ton), Grootfontein, Namibië, gevonden in 1920.

De ouderdom van meteorieten, gemeten op radioactieve elementen, is zeer groot, ongeveer 4500 miljoen jaar, zoveel als de aarde zelf, wat wijst op een gelijktijdig ontstaan in het zonnestelsel.

Meteorieten worden op grond van hun samenstelling ingedeeld in drie groepen:

1. **IJzermeteorieten**, die hoofdzakelijk uit ijzer en nikkel bestaan (ongeveer 90% Fe en 9% Ni)*. Deze meteorieten kunnen, op een gepolijst vlak, na etsing, kenmerkende figuren* (Widmanstättenfiguren) vertonen, die wijzen op een kristallijne structuur van ijzer-nikkellegeringen, b.v. Arispe*, Mexico. (Fig. 1)

Voorbeelden:

- Caperr (afgietsel*), Argentinië, gevonden in 1869, één steen van 114 kg,
- Braunau (afgietsel*), Duitsland, gevallen op 14 juli 1846, 2 stenen: 17 en 22 kg,
- Arispe (1305 g*), Mexico, gevonden in 1896, 3 stenen, totale massa 185 kg,
- Canyon Diablo (209 g* en 4025 g*), Arizona, USA, gevonden in 1891, ontelbare stenen tot 640 kg, totale massa meer dan 30 ton.
- Sikhote-Alin, Siberië, gevallen op 12 februari 1947, ongeveer 8000 stenen, verzamelde massa 23 ton.

2. **Steenijzermeteorieten**, bestaande uit ijzer, nikkel en silicaten in verschillende verhoudingen.

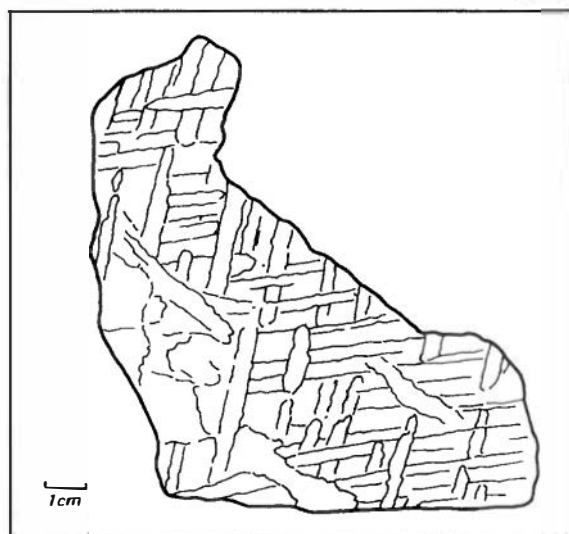


Fig. 1: Gepolijst vlak van ijzermeteoriet, met Widmanstättenfiguren.

Voorbeelden:

- Mincy (50 g*), Missouri, USA, gevonden in 1857, één steen van 90 kg,
- Santa Rosalia (230 g*), Mexico, gevonden voor 1950, één steen van 1,6 kg.

3. Steenmeteorieten, hoofdzakelijk bestaande uit silicaten, met de mineralen pyroxeen, olivien, veldspaat.

Deze groep is sterk overheersend en vertegenwoordigt 94% van alle meteorietinslagen. De gemiddelde chemische samenstelling* is: 33% O (zuurstof), 14% Mg (magnesium), 2% Al (aluminium), 17% Si (silicium), 2% S (zwavel), 2% Ca (calcium), 27% Fe (ijzer) en 2% Ni (nikkel).

Voorbeelden:

- Richardton (313 g*), Noord-Dakota, USA, gevallen op 30 juni 1918, verscheidene stenen tot max. 8 kg, totale massa 91 kg,
- Pultusk (795 g*), Polen, gevallen op 30 januari 1869, wellicht 100.000 stenen tot max. 9 kg, totale massa meer dan 200 kg,
- Mauerkirchen (325 g*), Oostenrijk, gevallen op 20 november 1768, één steen van 19 kg,
- Krähenberg (afgietsel*), Duitsland, gevallen op 5 mei 1869, één steen van 16,5 kg,
- Plainview (1065 g*), Texas, USA, gevonden in 1917, een twaalfstal stenen, totale massa 31 kg,
- L'Aigle, Frankrijk, gevallen op 26 april 1803, 2000 tot 3000 stenen, totale massa 37 kg.

Meteorieten vertonen aan de buitenkant een dunne, donkerbruine tot zwarte **korst*** van oxydatieproducten van ijzer of van gesmolten silicaten. Steenmeteorieten van deze korst ontdaan (b.v. Plainview, 1065 g) zijn niet zo gemakkelijk van aardse gesteenten te onderscheiden. Het buitenoppervlak van meteorieten is glad* (door afsmelting) of hobbelig met kenschetsende deuken* (door wervelende lucht bij doorgang in de atmosfeer).

In meteorieten worden een vijftigtal mineralen waargenomen, waarvan een groot deel ook in aardse gesteenten voorkomt.

Voor het **Belgische grondgebied** staan amper drie meteorietinslagen vast. Het zijn alle steenmeteorieten, namelijk:

- Sint-Denijs-Westrem, provincie Oost-Vlaanderen, gevallen op 7 juni 1855, één steen van 0,7 kg,
- Tourinnes-la-Grosse, provincie Brabant, gevallen op 7 december 1863, twee stenen: 7 en 7,5 kg,
- Lesve (afgietsel* van doorgezaagd fragment 0,4 kg), provincie Namen, gevallen op 13 april 1896, één steen van 2 kg. (Fig. 2)

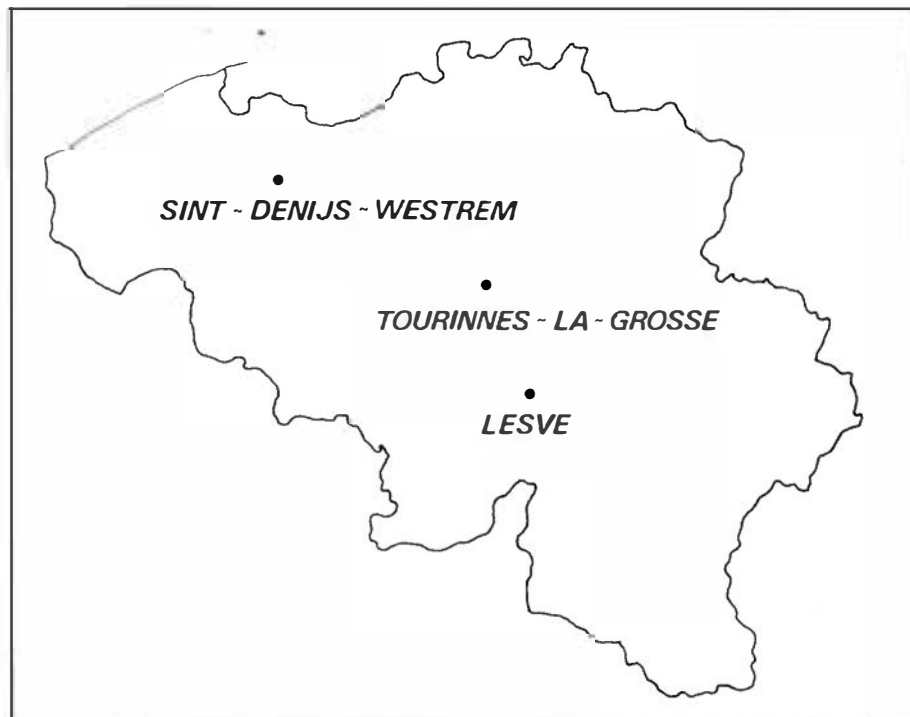


Fig. 2: Meteorietinslagen in België.

2. Meteorieten (vervolg)

Een **meteoor*** (of vallende ster) is het lichtverschijnsel opgewekt door de verhitting van een natuurlijk voorwerp bij zijn doorgang in de atmosfeer. Door wrijving met de lucht wordt het voorwerp zodanig verhit dat het licht uitzendt. Dit lichtend voorwerp kan volledig verbranden alvorens het aardoppervlak bereikt wordt of het kan, als **meteoriet**, op de aarde neervallen, na eventueel nog uiteengespat te zijn in meerdere fragmenten.

De meteoriet met de oudste nauwkeurige geschiedkundige gegevens is deze van Ensisheim*, Elzas, Frankrijk, gevallen op 16 november 1492. Het betreft een steenmeteoriet van 127 kg, waarvan nu nog een brokstuk van 54 kg bewaard wordt in het gemeentehuis van Ensisheim. Een **houtgravure*** uit die tijd stelt de val voor. Men heeft echter tot in het begin van de 19de eeuw moeten wachten, vooraleer ingezien werd dat de steen een meteoriet was.

De grootste uit één stuk bestaande meteoriet (monoliet) bevindt zich te Hoba*, Grootfontein, Namibië. Het betreft hier een ijzermeteoriet, gevonden in 1920. Zijn massa wordt geschat op 60 ton.

Als een meteoriet op de grond neerkomt, ontstaat er een kuil en de merktekens van zulke meteorietinslag vallen des te meer op naarmate de massa van de meteoriet groter is. Zo kunnen zeer grote kraters ontstaan. De merkwaardigste krater is de ongeveer cirkelvormige "Meteor Crater" in Arizona, in een vlak gebied bij de Canyon Diablo, USA. Deze krater, die een diameter heeft van 1300 m en een diepte van 150 m, is in 1891 als meteorietkrater erkend. Hij is vermoedelijk 30.000 jaar geleden gevormd. In de krater zelf is geen meteoriet opgegraven, maar overtalrijke ijzermeteorietfragmenten, gevonden in de onmiddellijke nabijheid*, wijzen wel op een meteorietinslag.

Andere voorbeelden van meteorietkraters zijn op de wereldkaart* aangeduid:

-	Wolf Creek, West-Australië	diameter 850 m
-	Aouelloul, Mauretanië, Afrika	250 m
-	Henbury, Midden-Australië	220 m
-	Boxhole, Midden-Australië	170 m
-	Odessa, Texas, USA	160 m
-	Wabar, Arabië	100 m
-	Kaalijarv, Estland	100 m
-	Campo del Cielo, Argentinië	70 m
-	Sikhote-Alin, Siberië	25 m
-	Dalgaranga, West-Australië	22 m
-	Haviland, Kansas, USA	17 m

De aanwijzingen dat het bij deze kraters wel degelijk om meteorietinslagen gaat zijn te vinden in de aanwezigheid van meteorietfragmenten, van verglazingsverschijnselen (door smelten) van de gesteenten in de krater en van mineralen en structuren die enkel gevormd worden onder invloed van hoge druk en schokgolven (inslag).

3. Maangesteenten.

De kennis van de aard en de samenstelling van het maanoppervlak werd voor 1959 enkel voorzichtig benaderd door het gebruik van telescopen, spectroscopen en andere fysische toestellen. Het onderzoek met al of niet bemande ruimtetuigen heeft hierin een fantastische vooruitgang gebracht.

Bij maanlandingen, op de maankaart* (Fig. 3) aangeduid, tijdens 6 Amerikaanse bemande ruimtevluchten (Apollo 11, juli 1969; Apollo 12, november 1969; Apollo 14, januari 1971; Apollo 15, juli 1971; Apollo 16, maart 1972 en Apollo 17, december 1972) en 3 Russische onbemande vluchten (Luna 16, september 1970; Luna 20, september 1972 en Luna 24, augustus 1976) werd respectievelijk 390 kg en 0,2 kg maangesteente verzameld en naar de aarde overgebracht. Laboratoriumonderzoek wees uit dat er twee grote groepen gesteenten op het maanoppervlak voorkomen:

- **Stollingsgesteenten**, als silicaatgesteenten gestold uit een vloeibare massa (magma), ingedeeld in:
 - een **helder gesteente**, anorthosit geheten, voorkomend op of afkomstig van de lichtgekleurde maangebergten. Dit gesteente bestaat vooral uit lichtgekleurde silicaatmineralen, met als veldspaat anorthiet.
 - Voorbeelden:
 - Apollo 15, nr. 15.415, 269 g, de zgn. "Genesis Rock" (afgietsel*), Mare Imbrium,

Apollo 16, nr. 64.455, 56,7 g (afgietsel*), maangebergte in de buurt van krater Descartes, op 250 km van Mare Nectaris.

een **donker gesteente**, basalt, voorkomend op de "maanzeeën". Deze "zeeën" zijn geen zeeën zoals op de aarde, maar donkerkleurige vlakke gebieden, die van ouds als "zeeën" betiteld werden. De basalten bestaan uit donkergekleurde mineralen: silicaten (pyroxeen, olivien) en oxyde (ilmeniet).

Voorbeelden:

Apollo 11, 980 g (afgietsel*), Mare Tranquillitatis,

Apollo 15, nr.15.555, 9614 g (afgietsel*), Mare Imbrium,

Apollo 17, nr.70.017, 2957 g, de zgn. "Goodwill Rock" ingebed fragment*), uit de Taurus-Littrow-vallei aan de rand van de Mare Serenitatis.

Puingesteenten, bestaande uit zeer grote brokstukken (tot verscheidene m³) tot zeer kleine korrels, op het hele maanoppervlak verspreid en afkomstig van de vergruizing van reeds bestaande gesteenten, door inslag van kleine en grote meteorieten. Het puinmateriaal komt voor als:

los materiaal, nl. **maangruis of maanstof**, het maangruis is zo **fijnkorrelig*** dat de voetsporen van de astronauten er gemakkelijk in achter blijven (Apollo 12, Oceanus Procellarum).

Voorbeeld:

Apollo 11, 4 fragmentjes ingebed*, Mare Tranquillitatis.

aaneengekit puin, nl. **breccie**.

Puinmateriaal wordt aaneengekit door sintering bij meteorietinslagen.

Voorbeelden:

Apollo 17, nr. 76.015, 2819 g (afgietsel*), Taurus-Littrow-vallei aan de rand van Mare Serenitatis,

Apollo 17, 76.055, 5727 g (afgietsel*), zelfde herkomst

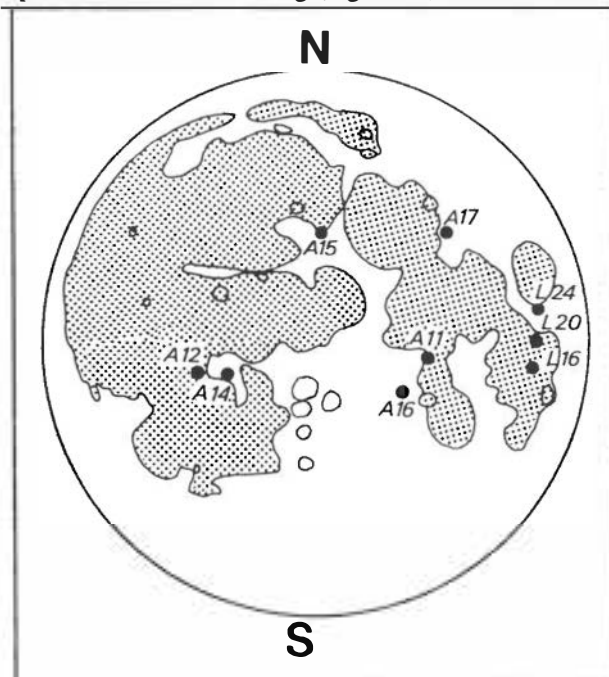


Fig. 3: Maanlandingen van 6 Amerikaanse (A) en van 3 Russische (L) ruimtevluchten.

De **stollingsgesteenten**, b.v. basalt, geven een **microscopisch beeld** dat lijkt op dat van gelijknamige aardse gesteenten. Het **maangruis** toont onder de microscoop een **mengsel van hoekige*** (gesteente-, mineraal- en glasfragmenten) en **afgeronde korrels*** (glaskogeltjes).

Een honderdtal **mineralen** zijn in de maanstalen erkend en vele zijn vergelijkbaar gebleken met aardse mineralen.

Ouderdomsbepalingen op de maangesteenten, gemeten op radioactieve elementen, leveren gegevens die gaan van 4400 miljoen jaar, voor het lichtkleurig stollingsgesteente (anorthosit) van het maangebergte, tot 3200 miljoen jaar voor donkerkleurige gesteenten, namelijk de basalten van de Mare met ouderdom van 3800 tot 3200 miljoen jaar.

Het gesteentemateriaal dat op de maan verzameld werd is zo kostbaar voor later onderzoek, dat enkel natuurgetrouwe afgietsels beschikbaar zijn voor didactische doeleinden, behalve de 4 fragmentjes **maangruis** van Apollo 11, 1969 en het fragment **basalt** van Apollo 17, 1972 die door de president van de Verenigde Staten van Amerika geschonken werden aan het Belgische volk, door tussenkomst van Koning Boudewijn. De Belgische vlaggetjes*, die beide giften vergezellen, hebben de maanreizen meegemaakt. Deze giften dragen respectievelijk als oorspronkelijke toelichtingen*: *"Presented to the people of the kingdom of Belgium by Richard Nixon, President of the United States of America. This flag of your nation was carried to the Moon and back by Apollo 11, and the fragment of the Moon's surface was brought to Earth by the crew of that first manned lunar landing"* en *"This fragment is a portion of a rock from the Taurus-Littrow Valley of the Moon. It was given as a symbol of the unity of human endeavor and carried with it the hope of the American people for a world of peace. The flag of your nation was carried to the Moon aboard Spacecraft America during the Apollo XVII mission, December 7-19, 1972. Presented to the people of the Kingdom of Belgium from the people of the United States of America; Richard Nixon, 1973."*

Enige puingesteenten, die bij een meteorietinslag uit kraters weggeslingerd werden, vertonen merkwaardige oppervlakkige **verglazingsverschijnselen**. Een gladde glaslaag, uiteraard het gevolg van smelten, bedekt een gedeelte van het gesteente.

Voorbeelden van met glas bedekte gesteenten zijn:

- Apollo 12, Oceanus Procellarum:
 - kristallijn gesteente, nr. 12.017, 53 g (afgietsel*),
- Apollo 16, maangebergte in de buurt van krater Descartes op 250 km van Mare Nectaris:
 - kristallijn gesteente, nr. 60.135, 138 g (afgietsel*),
 - anorthosit, nr. 60.015, 5574 g (afgietsel*),
 - anorthosit, nr. 64.455, 57 g (afgietsel*).

4. Maan.

Het maanoppervlak is onder meer gekenmerkt, zoals op de maanfoto* te zien is, door opvallende donkere velden, de zgn. **Zeeën of Mare**, en door **kraters**. Voorbeelden van de zeeën zijn: Serenitatis 7000 km max., Crisium 450 x 550 km, Fecunditatis 550 x 900 km. Tranquillitatis 180.000 km², Imbrium Ø 1200 km max., Humorum 400 x 450 km, Nubium, Frigoris. Nectaris 350 x 425 km, Cognitum, Oceanus Procellarum. Voorbeelden van kraters zijn: Smith* Ø 10 km, Langrenus* 140 km, Bruno Ø 20 km, Copernicus Ø 90 km, Descartes Ø 70 km. De kraters zijn overwegend sporen van meteorietinslagen; enige daarentegen, zoals Langrenus*, zijn wellicht van vulkanische oorsprong. Ongeveer tussen 3800 en 4200 jaar geleden sloegen reusachtige meteorieten diepe kuilen in het oorspronkelijke, lichtgekleurde anorthositgesteente van het maangebergte. De zo ontstane **maanzeeën** werden dan, tot ongeveer 3200 miljoen jaar geleden, opgevuld met invloeiende lava*. Door verdere inslagen* van meteorieten van allerlei afmetingen is het oppervlaktegesteente verder verpulverd en is tot op heden het maanoppervlak herhaaldelijk omgewoeld. Het gevormde fijn puin stapelt zich op tot een meterdikke laag maangruis (4 tot 16 m, wat ongeveer overeenkomt met 1 mm puinlaag per miljoen jaar).

Alhoewel de **ouderdom** van de maan en die van de aarde gelijk gesteld worden (ongeveer 4500 miljoen jaar), hebben beide een zeer uiteenlopende **ontwikkelingsgeschiedenis**, omwille van fysische en chemische factoren (b.v. afmeting: maan Ø 3400 km en aarde Ø 12.800 km; dichtheid: maan 3,3 en aarde 5,5; samenstelling: op de maan is er onder meer geen atmosfeer, geen water, en dus ook geen erosie in waterig milieu die zo belangrijk is voor de aarde. Voor beide wordt een **tijdschaal** opgesteld, gekenmerkt door totaal verschillende verschijnselen.

Voor de maan zijn de grote tijdvakken:

- **Prenectariaan:**
periode meer dan 4200 miljoen jaar geleden, oudst gedateerd maangesteente (anorthosiet, 4400 miljoen jaar) afkomstig van maangebte,
- **Nectariaan:**
periode van 4200 tot 3800 miljoen jaar geleden, inslag van reusachtige meteorieten en ontstaan van maanzeeën,
- **Imbrium:**
periode van 3800 tot 3200 miljoen jaar geleden, opvulling van de maanzeeën, onder meer Mare Imbrium,
- **Eratostheniaan:**
periode van 3200 tot 1000 miljoen jaar geleden, verpulvering van oppervlaktegesteente door meteorietinslagen en opstapeling van maangruis, vorming van de inslagkrater Eratosthenes Ø 60 km,
- **Coperniciaan:**
periode van 1000 miljoen jaar geleden tot heden, verpulvering van oppervlaktegesteente door meteorietinslagen en opstapeling van maangruis, ontstaan van inslagkraters met straalvormige, helder gekleurde slierten, b.v. Copernicus Ø 90 km, Tycho Ø 80 km, Bruno Ø 20 km.

Voor de aarde zijn de grote tijdvakken:

- **Precambrium:**
periode meer dan 570 miljoen jaar geleden, oudst gedateerd gesteente: ijzerafzettingen in Groenland (3800 miljoen jaar), eerste sporen van leven (3500 miljoen jaar),
- **Paleozoïcum:**
periode van 570 tot 225 miljoen jaar geleden, Caledonische gebergtevorming (tot ongeveer 450 miljoen jaar geleden), b.v. Schotland, en Hercynische gebergtevorming (ongeveer 340 tot 260 miljoen jaar geleden), b.v. de Ardennen,
- **Mesozoïcum:**
periode van 225 tot 65 miljoen jaar geleden; continentverschuivingen, het oercontinent Pangaea verbreekt (van 200 tot ongeveer 150 miljoen jaar geleden) in Laurasia (ongeveer omvattend Eurazië, Noord-Amerika, Groenland) en Gondwana (ongeveer omvattend Zuid-Amerika, Afrika, Antarctica, Indië en Australië),
- **Cenozoïcum:**
periode van 65 miljoen jaar geleden tot heden, alpiene gebergtevorming (ongeveer 65 tot 10 miljoen jaar geleden, b.v. Alpen, Himalaja); continentverschuivingen.

Het **uitzicht** van de maan is in de laatste 3000 miljoen jaar weinig veranderd, terwijl het **huidige** **uitzicht** van de aarde eerder in de laatste 200 miljoen jaar werd bepaald.

5. De Aarde.

De aarde wordt hier voorgesteld door een bol* van 1,6 m diameter (schaal 1/8.000.000). De dwarsdoorsnede toont, van het aardoppervlak tot de aardkern, de verschillende concentrische schillen (Fig. 4):

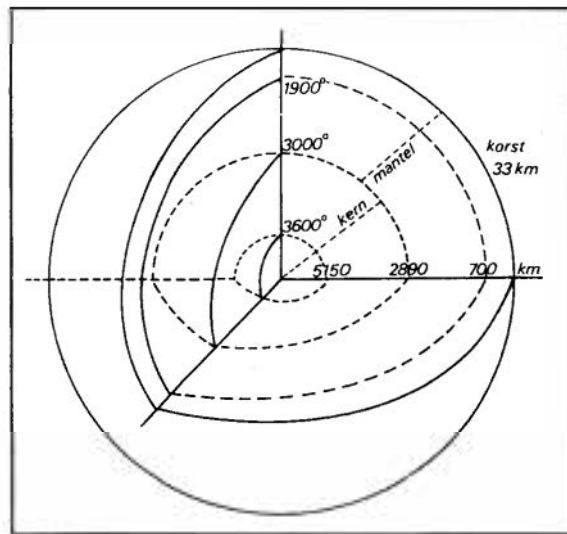


Fig. 4: Inwendige structuur van de aarde.

Schil	Diepte	Temperatuur	Dichtheid
- aardkorst	gemiddeld 33 km	tot 1000° C	2,67 tot 3,3 gemiddeld 2,9
onderscheiden in:			
- continentale aardkorst			
25 tot 90 km dik,			
- oceanische aardkorst			
5 tot 8 km dik.			

De **continentale aardkorst** is overwegend samengesteld uit **granitisch** gesteente en de **oceanische aardkorst** uit **basaltisch** gesteente.

Het **scheidingsvlak** tussen aardkorst en mantel is het **discontinuïteitsvlak van Mohorovicic**.

De **lithosfeer** omvat de aardkorst en ongeveer de eerste 100 km van de mantel.

- mantel*			
opgedeeld in:			
- buitenmantel	33 tot 700 km	1000°C tot 1900°C	3,3 tot 4,3
- binnenmantel	700 tot 2890 km	1900°C tot 3000°C	4,3 tot 5,5

Het **scheidingsvlak** tussen mantel en kern is het **discontinuïteitsvlak van Gutenberg**.

- **kern***

opgedeeld in:

- buitenker	2890 tot	3000°C tot	10 tot 12,3
(vloeibare toestand)	5150 km	3600°C	
- binnenker	5150 tot	3600°C tot	13,3 tot 13,6
(vaste toestand)	6371 km	3900°C	
	(gemiddelde aardstraal)		

In de aardkorst doen zich dikwijls **vulkanische verschijnselen** voor. De beelden* van de uitbarsting van de vulkaan Nyiragongo in Zaïre, van de basaltische touwlava op Hawaï en van de basaltzuilen (the Giant's Causeway) in Noord-Ierland zijn weergaven van zulke activiteit.

De **buitenste schil** van de aarde kan gezien worden als een **mozaïek van bewegende platen**, zoals op de wereldkaart aangeduid, met onder meer: de Euraziatische, de Australische, de Filippijnse, de Pacifische, de Cocos-, de Nazca-, de Caraïbische, de Antarctische, de Noordamerikaanse, de Zuidamerikaanse, de Afrikaanse, de Iraanse en de Arabische plaat.

Twee schematische voorstellingen tonen hoe de **platenbewegingen*** zich voordoen, enerzijds aan de oostrand van Azië tussen de Euraziatische en Pacifische platen (lijn A) en anderzijds aan de westrand van Zuid-Amerika en in de Atlantische Oceaan tussen de Nazca-, de Zuidamerikaanse en de Afrikaanse platen (lijn B).

Bewegende platen zijn meestal begrensd door een **oceanische rug** waar de platen aangroeien en een **diepzeetrog** waaronder ze afgebroken worden. De platen verplaatsen zich met een snelheid van ongeveer 1 tot 20 cm per jaar. De platen omvatten de aardkorst en het bovenste deel van de mantel en vormen de **lithosfeer** (lithos: steen). Daaronder ligt de plastische **asthenosfeer** (asthenes: zwak) tot ongeveer 270 km diepte.

De plaatbewegingen zijn het gevolg van **convectiestromen** in de aarde. In de ruggen duwt **basaltisch magma uit de mantel** de platen uit elkaar en deze platen schuiven over de asthenosfeer. Onder de **troggen** duiken de oceanische platen onder de continenten en smelten geleidelijk weg in de **asthenosfeer** (de Pacifische plaat duikt b.v. onder de Euraziatische plaat in de Japanse trog). **Andesitisch magma** (etymologie: Andes) scheidt zich hierbij af en kan eilandenbogen (b.v. Japan) of vulkanische bergketens (b.v. de Andes) vormen.

Op de andere kant van de aardbol zijn de oudste getuigen van de aardkorst, de aardbevingszones en recente vulkanen aangegeven.

In bepaalde gebieden, b.v. Noord-Amerika, Zuid-Afrika, Indië en Australië, bevinden zich de **oudste getuigen van de aardkorst**, van 2,3 tot 3,8 miljard jaar oud (in grijs gekleurde zones*). Deze zijn zowel samengesteld uit stollingsgesteenten, als uit afzettingsgesteenten gevormd in een marien milieu. Over de afmetingen van deze oudste continenten en oceanen is maar zeer weinig bekend. Het vermoeden is echter groot dat het aardoppervlak in die tijd voornamelijk met water bedekt was.

De aardbol is gekenmerkt door **zones van instabiliteit** (gestreepte zones*), waar de meeste en hevigste aardschokken worden waargenomen. In deze gebieden komen bovendien de meeste vulkanen voor. Een zeer belangrijke en langgerekte vulkanische gordel bevindt zich rond de Stille Oceaan (de "Vuurring") en een andere strekt zich uit van het Middellandse Zeegebied naar het Himalajagebied. Meer dan honderd **belangrijke recente vulkanen** (rode cirkeltjes*) zijn op de aardbol aangeduid.

De **oceananbodems** vertonen een uitgesproken reliëf. Op de diepzeebodem (meer dan 5000 m onder de zeespiegel) bevinden zich geïsoleerde vulkanen. Ze zijn duizenden meters hoog en reiken soms tot ver boven het waterniveau, b.v. de Pico de Teide (3718 m) op de Canarische eilanden.

De **middenoceanische rug** is het voornaamste reliëfkenmerk van de diepzeebodem (Fig. 5). Deze 3000 m hoge bergketen strekt zich uit over alle oceanen, is ongeveer 65.000 km lang en gemiddeld 1500 km breed. Ze omgordt de aarde volledig en is gekenmerkt door tal van dwarse breuken, die een gevolg zijn van de bewegingen van de oceanische aardkorst.

In de oceanische rug grijpen zeer belangrijke verschijnselen plaats. Er worden daar onophoudelijk nieuwe gesteenten gevormd door stolling van opstijgend magma uit de aardmantel. Door de beweging van de oceananbodems verwijderen deze gesteenten zich van elkaar, symmetrisch ten opzichte van de as van de middenoceanische rug. Hun ouderdom neemt dan ook toe naarmate ze van deze as verwijderd zijn.

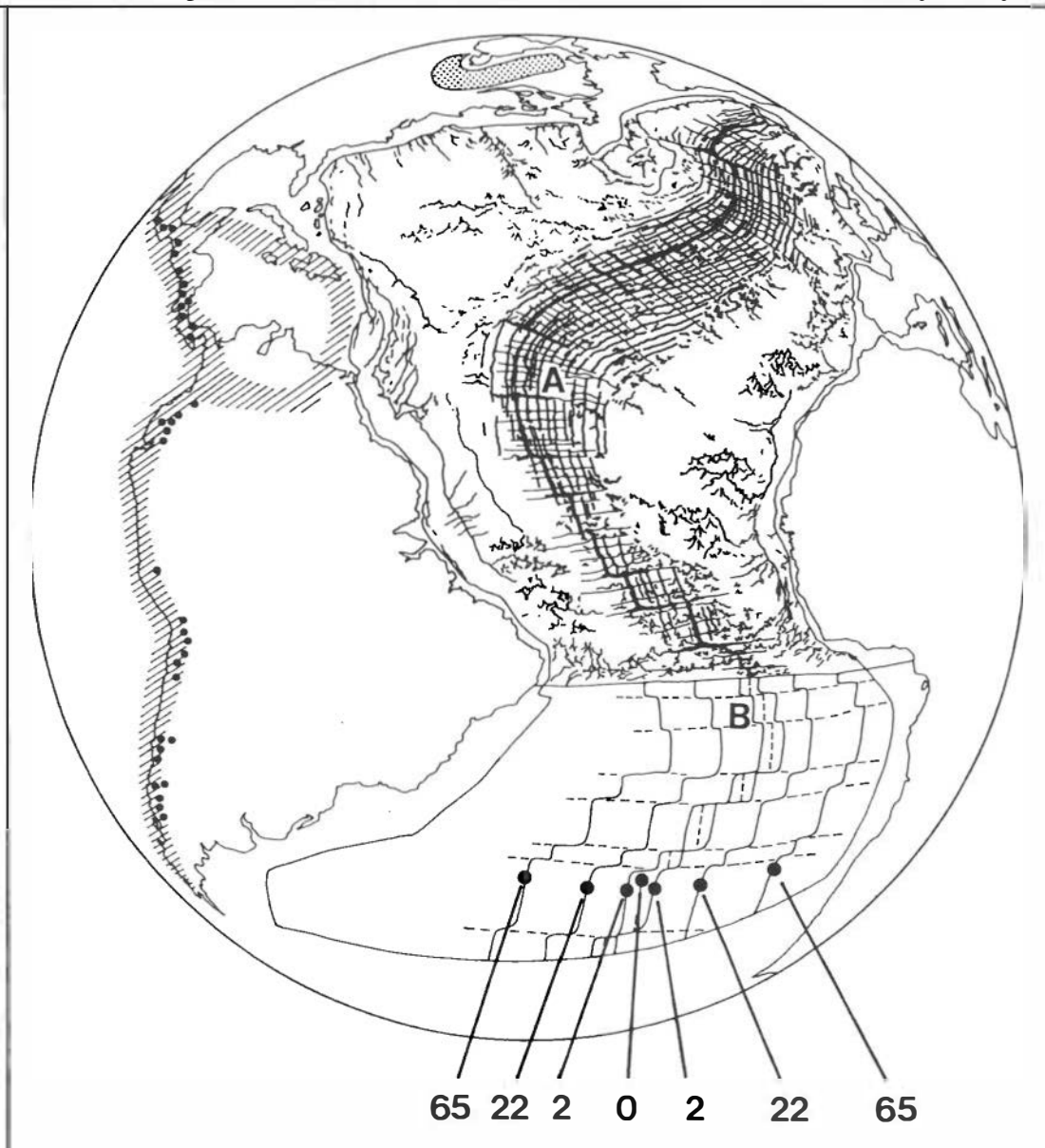


Fig. 5: Atlantische rug op de oceananbodems (A) en ouderdom van de bodemgesteenten (B).

De bodem van de Atlantische Oceaan is op de wereldbol weergegeven op twee manieren: enerzijds wordt het **reliëf*** getoond (gedeelte A) en anderzijds de **ouderdom*** van de bodemgesteenten (gedeelte B). Het noordelijk gedeelte A toont de oceanische rug die praktisch in het midden loopt van de oceaan tussen Europa en Afrika in het oosten en het Amerikaanse continent in het westen. IJsland bevindt zich op deze rug en de aanwezigheid van vulkanen, onder meer de Hekla, is gemakkelijk te begrijpen. Het zuidelijke gedeelte B duidt de ouderdom van de gesteenten aan. De isochronen (lijnen die punten van gelijke ouderdom verbinden) zijn aangegeven voor bodemgesteenten die zich 2, 22 en 65 miljoen jaar geleden gevormd hebben. De oudste op de oceaانبodems waargenomen gesteenten zijn ongeveer 200 miljoen jaar oud.

6. De chemische samenstelling van de aarde.

De drie grote delen waaruit de aarde is opgebouwd, zijn zoals op de aardbol aangeduid: de aardkorst, de mantel en de kern.

De **aardkorst*** is onmiddellijk toegankelijk en haar samenstelling is dan ook met een goede benadering bekend door bemonstering van overvloedig materiaal aan de oppervlakte, in gebergten, in door rivieren diep uitgesuurde dalen, in uitgravingen (mijnen, tunnels) en in diepteboringen. Alhoewel een honderdtal chemische elementen bekend zijn, zoals in het **periodiek systeem van de elementen*** aangegeven, wordt de aardkorst voor 99,5% gevormd door slechts **8 chemische elementen**: zuurstof (O) 46%, silicium (Si) 28%, aluminium (Al) 8%, ijzer (Fe) 6%, magnesium (Mg) 4%, natrium (Na) 3%, calcium (Ca) 2,5%, kalium (K) 2%.

De **mantel*** is vooralsnog ontoegankelijk voor bemonstering. De dichtheid, berekend uit seismische gegevens, en de vergelijking met gesteenten van dezelfde dichtheid bepalen de vermoedelijke samenstelling* van de mantel: zuurstof (O) 44%, silicium (Si) 21%, magnesium (Mg) 23%, ijzer (Fe) 6,5%, calcium (Ca) 2%, aluminium (Al) 2%. Dichtheidsverschillen in de mantel worden toegeschreven aan de variabele mineralenstructuur.

De **kern*** is uiteraard ontoegankelijk voor rechtstreekse waarneming. Zijn berekende dichtheid benadert deze van ijzermeteorieten, zodat voor de kern een gelijkaardige samenstelling wordt aangenomen, met overwegend ijzer (Fe) en nikkel (Ni). Het verschil in dichtheid tussen buitenkern en binnenkern wordt verklaard door het voorkomen van lichte elementen in de buitenkern, onder meer waterstof (H), koolstof (C), zuurstof (O), silicium (Si) en zwavel (S). De vermoedelijke samenstelling* van de buitenkern is: Fe 75%, Ni 5% en H, C, O, Si, S samen 20%, en deze van de binnenkern: Fe 94%, Ni 6%.

7. Mineralen en gesteenten.

De vorming van de vaste aardkorst kan voorgesteld worden als een geleidelijke **opbouw** van uitermate kleine stofdeeltjes (atomen en ionen) tot reusachtige rotsen in het landschap (Fig. 6). Een sprekend voorbeeld kan gegeven worden met de twee belangrijkste chemische elementen van de aardkorst: zuurstof (O) en silicium (Si).

Atomen:

Het **zuurstofatoom*** kan voorgesteld worden als een sfeer van 0,000.000.12 mm (12×10^{-11} m) diameter, bestaande uit een kleine positieve kern omgeven door een wolk van 8 negatieve elektronen, verdeeld over 2 schillen; het **siliciumatoom*** als een sfeer van 0,000.000.23 mm (23×10^{-11} m) diameter, bestaande uit een kleine positieve kern omgeven door 14 negatieve elektronen, verdeeld over 3 schillen.

Atoomgroep:

Al of niet geïoniseerde atomen kunnen zich verenigen tot atoomgroepen en verder tot molekulen. Zuurstof (O) en silicium (S) verenigen zich b.v. in een groep (SiO_4) in tetraëdervorm* met telkens een

zuurstof (O) als ion op iedere hoek en met een silicium (Si) als ion in het centrum. Deze tetraëder heeft een ribbe van 0,000.000.26 mm (26×10^{-11} m).

Kristal als mineraal:

Al of niet geïoniseerde atomen, complexe ionen en molekulen kunnen zich ruimtelijk ordenen in een kristal volgens een bepaald rooster.

Kristalrooster: door een bepaalde regelmatige binding van (SiO_4) -groepen vormt zich een bepaald kristalrooster*, b.v. van kwarts SiO_2 .

Kristalvorm: het kristalrooster leidt tot uiterlijke kristalvormen*, b.v. prisma en piramiden van kwarts*.

Gesteente:

Mineraalkorrels verenigen zich in een gesteente*. Zo b.v. vormen kwartskorrels* een zandsteen* die, bij uitsluiting van vreemde bestanddelen, een samenstelling heeft, evenals kwarts, van 100% SiO_2 .

Rotsen:

Gesteenten komen in het landschap voor als rotsen. Zo komt zandsteen* in het landschap voor als zandsteenrots*, b.v. de bekende zandsteenrotsen van "Klein Zwitserland" in de omgeving van Echternach, Groothertogdom Luxemburg.

Het is absoluut noodzakelijk de begrippen **mineraal** en **gesteente** duidelijk te stellen. Een **mineraal** is overwegend in vaste en kristallijne toestand en is fysisch-chemisch homogeen.

Voorbeelden:

kwarts* SiO_2 , sfaleriet* ZnS , malachiet* $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$, calciet* CaCO_3 , gips (woestijnroos) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, pyriet* FeS_2 , zwavel* S, toermalijn* $\text{Na}(\text{Mg,Fe})_3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{OH})_4$. Mineralen worden uitvoerig getoond in het systematisch gedeelte van de zaal "Algemene Mineralogie".

Een **gesteente** is een mengsel van mineraalkorrels. Zo is kwarts een mineraal, maar een door kwartskorrels gevormde zandsteen is een gesteente. De gesteenten worden ingedeeld in **drie grote groepen**:

- **stollingsgesteenten**, gestold uit een vloeibare massa;

Voorbeelden:

- porfier*, hoofdzakelijk bestaande uit de mineralen kwarts en veldspaat (silicaatmineraal),
- graniet*, hoofdzakelijk kwarts en silicaatmineralen: veldspaat en glimmer (mica),
- basalt*, hoofdzakelijk silicaatmineralen: veldspaat en augiet.

- **afzettingsgesteenten**, afgezet door mechanische, chemische en organische factoren;

Voorbeelden:

- krijt*, hoofdzakelijk calciet,
- zandsteen*, hoofdzakelijk kwarts,
- kalksteen*, hoofdzakelijk calciet,

- **metamorfe gesteenten**, ontstaan door omvorming van bestaande gesteenten.

Voorbeelden:

- gneis*, hoofdzakelijk veldspaat, kwarts en glimmer,
- glimmerschist*, hoofdzakelijk kwarts en glimmer,
- marmer*, hoofdzakelijk calciet,
- leisteen*, hoofdzakelijk kwarts en silicaatmineralen: glimmer en chloriet.

Gesteenten worden tentoongesteld in de zaal "Petrografie".

Er zijn een 3300-tal mineralen, d.w.z. **mineraalsoorten**, bekend; slechts enkele, vooral silicaatmineralen, overheersen. Zo zijn in de aardkorst vertegenwoordigd: veldspaat* 60%, kwarts* 17% en glimmer 4%. Deze drie mineralen treden veelal samen op, b.v. in een granitisch gesteente*.

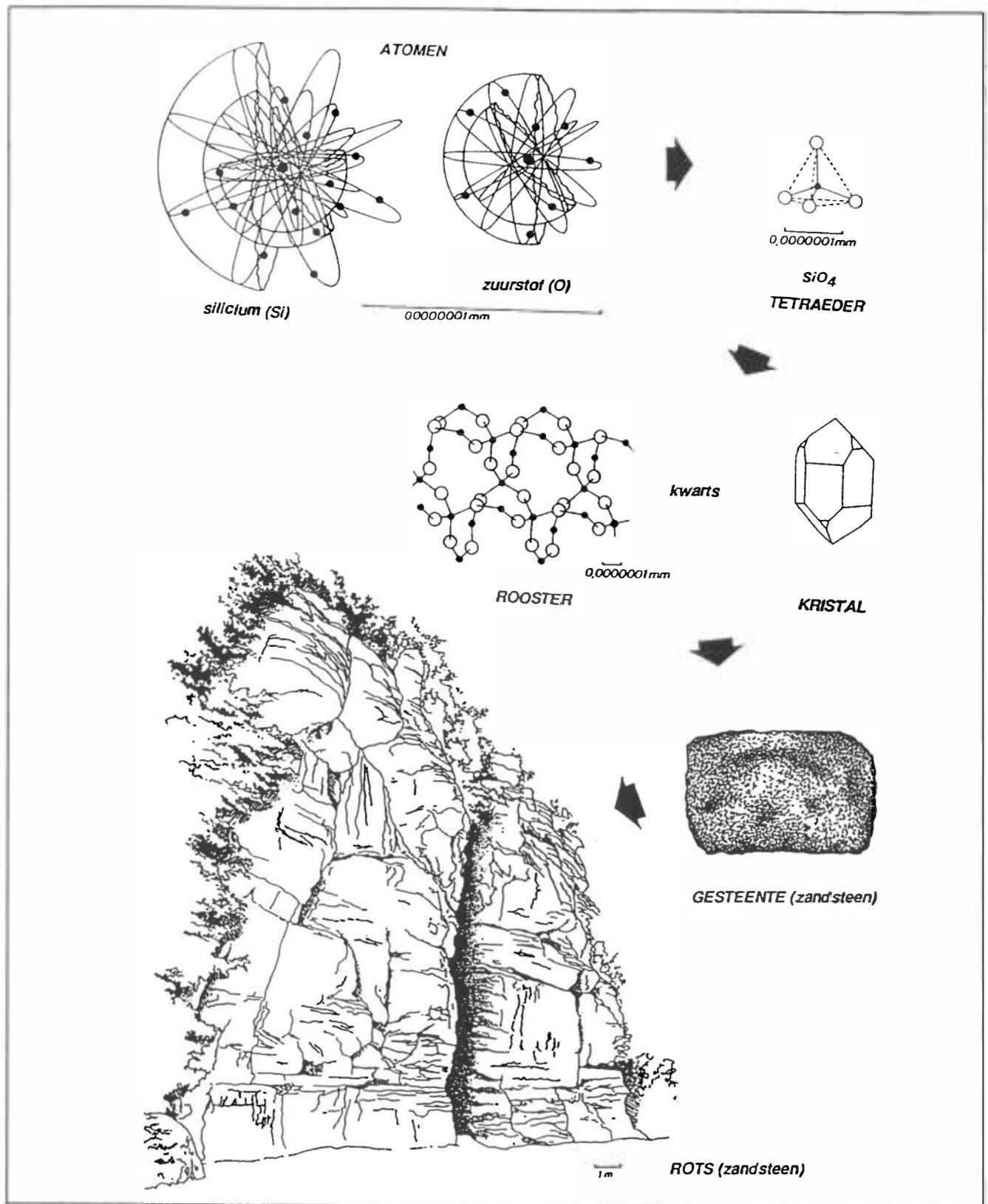


Fig. 6: Van atoom tot gesteente.

8. Voorkomen van mineralen.

Mineralen zijn meestal **vast** en **kristallijn** en als dusdanig bezitten ze een regelmatige **atoomstapeling** in een **kristalrooster**^{*}. Een kenmerkende groep van atomen of ionen vormt de **eenheidscel**^{*} van het rooster. Deze eenheidscel herhaalt zich ruimtelijk steeds volgens een bepaald patroon en is uitermate klein, b.v. een kubuskristal^{*} van 2 cm zijde van fluoriet CaF_2 telt ongeveer 50.000 miljard maal een miljard (5×10^{22}) eenheidscellen. Mineralen zijn **uitzonderlijk niet-kristallijn**. Ze zijn dan vast maar **amorf** zoals opaal^{*} $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ of vloeibaar zoals kwik^{*} Hg.

Een **kristalrooster** ligt aan de basis van het uiterlijk voorkomen van een kristallijne stof, namelijk de **kristalvormen**^{*} die begrensd worden door **kristalvlakken**^{*}. Eenzelfde rooster kan verschillende kristalvlakken opleveren, b.v. een kubisch kristalrooster kan zowel een kubus^{*} (6 vlakken), een octaëder^{*} (8 vlakken), als een dodecaëder^{*} (12 vlakken) doen ontstaan. Voorbeelden zijn: kubus van pyriet^{*}, octaëder van fluoriet^{*}, dodecaëder van granaat^{*} (silicaatmineraal).

Het ontstaan van **kristalvormen** vergt een ongehinderde groei van de kristallen, zoals in een open ruimte, b.v. calcietskristallen in een geode^{*}, pyriet- en calcietskristallen in een spleet^{*} van een gesteente. Bij gehinderde groei, wanneer de kristallen tegen elkaar aangroeien, blijven de kristalvormen achterwege, b.v. veldspaat, kwarts en glimmer in graniet^{*}, calciet in marmer^{*}.

De **ontstaanswijze** van mineralen kan zeer verschillend zijn. Mineralen vormen zich:

- uit dampen (sublimatie), zoals zwavel^{*}, Mexico, in vulkanische uitwasemingen, overwegend uit gesmolten massa's (stolling), zoals orthoklaas^{*} (veldspaat) en kwarts^{*} in graniet, eiland Elba,
- uit waterige oplossingen (neerslag), zoals gips^{*} (een sulfaat), Almeria, Spanje,
- door omvorming van reeds bestaande mineralen (in metamorfe gesteenten) (rekristallisatie), zoals distheen^{*} (silicaatmineraal), Minas Gerais, Brazilië.

Kristallen kunnen, na beëindigen van hun groeiproces, zeer uiteenlopende **afmetingen** bereiken.

Voorbeelden:

enerzijds een perfect kwarskristal^{*} ($\varnothing$ 0,1 mm) van Richelle, België, gezien met de elektronenmicroscop, en anderzijds een groep kwarskristallen^{*} (rookkwarts) afkomstig uit een kloof in graniet in de Zwitserse Alpen en nu bewaard in het Naturhistorisches Museum Bern. Het grootste kristal weegt 127 kg en is 87 cm lang. Een ander voorbeeld is beryl (een silicaatmineraal), enerzijds een zeskantig prismatisch kristal^{*} van 12 cm diameter en 20 cm hoog, Minas Gerais, Brazilië, en anderzijds een kristal^{*} van 5 m lengte, ongeveer 18.000 kg, in een groeve te Albany, Maine, USA.

9. Symmetrie.

Kristallen, zowel van mineralen als van anorganische of organische synthetische producten zijn gekenmerkt door een bepaalde **symmetrie**. Deze symmetrie uit zich in een herhaling van kristalvlakken en kan beschreven worden door middel van drie **symmetrie-elementen** (Fig. 7):

- het **symmetrievlak**^{*}, met de herhaling van een vlak ten opzichte van een vlak (spiegelvlak), b.v. een prismavlak van gips^{*},
- de **symmetrieas**^{*}, met de herhaling van een vlak door draaiing rond een as, b.v. de drievoudige herhaling van een romboëdervlak van calciet^{*},
- het **symmetriecentrum**^{*}, met de herhaling van een vlak ten opzichte van een centrum, b.v. de eenmalige herhaling van alle kristalvlakken van mikroklien^{*} (een veldspaat).

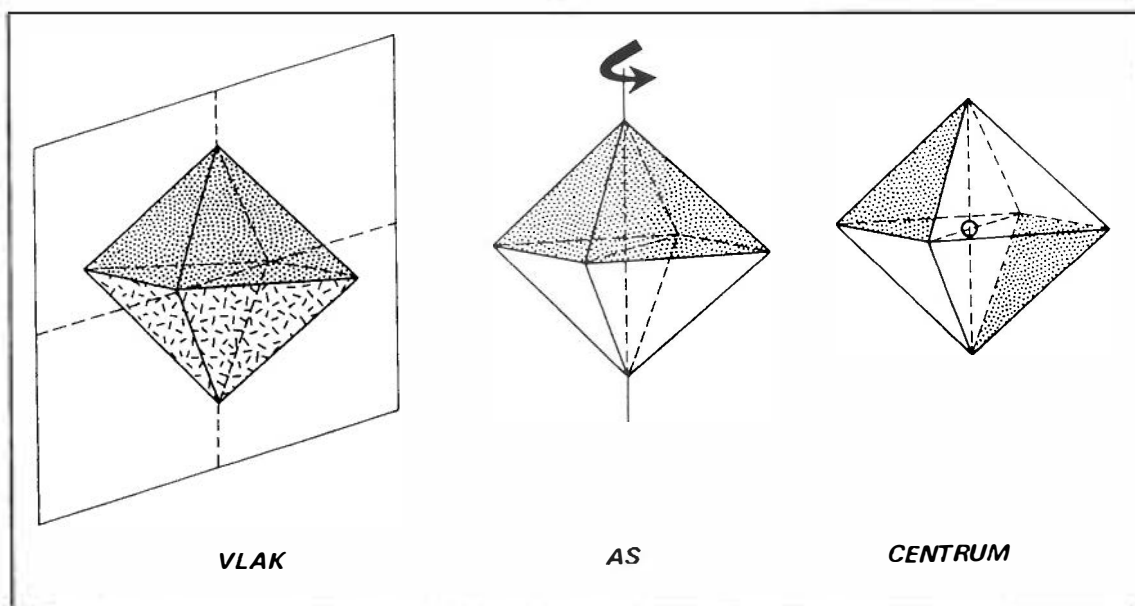


Fig. 7: De symmetrie-elementen.

Vlakken, die herhaald worden door een symmetrie-element, zijn volledig **gelijkwaardige vlakken**, zoals:

- de 6 prismavlakken van beryl* (silicaatmineraal),
- de 12 dodecaëdervlakken van granaat* (silicaatmineraal),
- 3 prismavlakken of 6 romboëdervlakken van kwarts*,
- de 6 skalenoëdervlakken van calciet*.

De symmetrie laat toe de kristallen in **7 kristalstelsels** in te delen (Fig. 7). Ieder stelsel wordt hierbij bepaald door de hoeken van en de lengtes op een denkbeeldig ruimtelijk assenkruis vertrekkend vanuit het centrum van het kristal.

Deze **7 kristalstelsels** zijn:

- **kubisch***: 3 assen haaks op elkaar en 3 gelijke lengtes op de assen, b.v. pyriet FeS_2 , Logrono, Spanje. In dit stelsel kristalliseren ongeveer 12% van alle mineralen.
- **tetragonaal***: 3 assen haaks op elkaar en enkel 2 gelijke lengtes op de assen, b.v. apofylliet* (een silicaatmineraal), New Jersey, USA. In dit stelsel kristalliseren ongeveer 9% van alle mineralen.
- **orthorombisch***: 3 assen haaks op elkaar en 3 verschillende lengtes op de assen, b.v. bariet* BaSO_4 , Cumberland, Groot-Brittannië. In dit stelsel kristalliseren ongeveer 22% van alle mineralen.
- **hexagonaal***: 4 assen, waarvan 3 in één vlak met onderlinge hoeken van 120° en met gelijke lengtes op deze 3 assen; verder een vierde as haaks op het vlak van de drie vorige assen en met een verschillende lengte, b.v. apatiet* (fosfaatmineraal), Ontario, Canada. In dit stelsel kristalliseren ongeveer 8% van alle mineralen.
- **romboëdrisch***: 3 assen met onderlinge hoeken verschillend van 90° en gelijke lengtes op de assen: b.v. calciet CaCO_3 . In dit stelsel kristalliseren ongeveer 10% van alle mineralen. Soms wordt het romboëdrisch stelsel ingeschakeld in het hexagonaal stelsel, zodat dan in totaal gerekend wordt met 6 in plaats van 7 kristalstelsels.
- **monoklien***: 3 assen waarvan slechts 2 haaks op elkaar en verschillende lengtes op alle assen, b.v. gips* $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$. In dit stelsel kristalliseren ongeveer 31% van alle mineralen.

triklien*: 3 assen met onderling verschillende hoeken, alle verschillend van 90° , en 3 verschillende lengtes op de 3 assen, b.v. axiniet* (silicaatmineraal), Oisans, Frankrijk. In dit stelsel kristalliseren ongeveer 8% van alle mineralen.

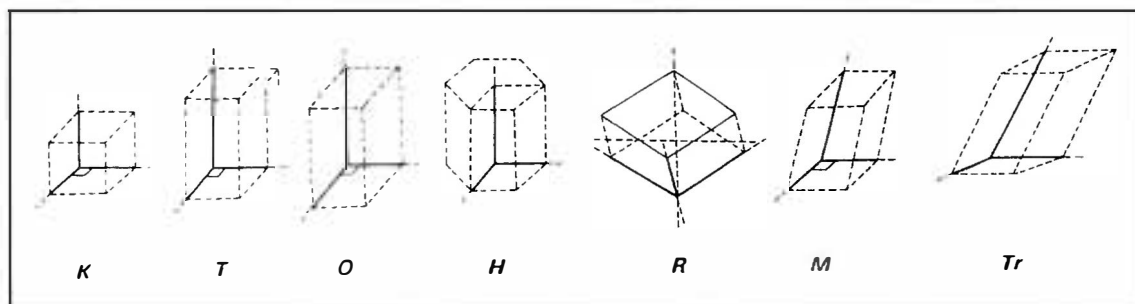


Fig. 8: De 7 kristalstelsels.

In éénzelfde kristalstelsel kunnen **verschillende vormen** optreden, zoals reeds bleek bij de behandeling van het kristalrooster. Deze verschillende kristalvormen kunnen samen optreden in één kristal.

Voorbeelden van enige kristalvormen in het kubisch stelsel:

- | | |
|---------------------------|--|
| - kubus* | op pyriet* FeS_2 , Logroño, Spanje, |
| - kubus* en dodecaëder* | op fluoriet* CaF_2 , Asturië, Spanje, |
| - dodecaëder* | op granaat* (silicaatmineraal), Zillertal, Tirol, |
| - dodecaëder en octaëder* | op frankliniet*
($\text{Zn,Mn,Fe}(\text{Fe,Mn})_2\text{O}_4$,
New Jersey, USA, |
| - octaëder* | op pyriet* FeS_2 , San Luis Potosi, Mexico |
| - octaëder* en kubus* | op galeniet* PbS , Zacatecas, Mexico. |

Kristallen van éénzelfde mineraalsoort kunnen vergroeid zijn volgens welbepaalde kristallografische wetten en alzo **tweelingen** vormen wanneer het gaat over de vergroeiing van twee kristallen, of **veelingen** wanneer het meer dan twee kristallen betreft.

Voorbeelden:

- orthoklaas* (veldspaat), doorkruisingstweeling "Karlsbadtweeling", Colorado, USA.
- aragoniet* CaCO_3 , doorkruisingstweeling, Cuenca, Spanje,
- pyriet* FeS_2 , doorkruisingstweeling, Ambaguas, Spanje,
- pyriet* FeS_2 , doorkruisingstweeling van 2 pentagoondodecaëders "IJzeren Kruis",
- fluoriet* CaF_2 , doorkruisingstweeling, Cumberland, Engeland. (Fig. 9)
- cerussiet* PbCO_3 , doorkruisingdrieling, Tsumeb, Namibië,
- stauroliet* (silicaatmineraal), doorkruisingstweeling, Bretagne, Frankrijk, met kristallen schuin op mekaar: "St.-Andreaskruistweeling"*, met doorkruisende kristallen haaks op elkaar: "Croisette de Bretagne"*,
- kwarts* SiO_2 , aanrakingstweeling, "Japanse tweeling", Japan,
- sfaleriet* ZnS , aanrakingstweeling, Trepca, Joegoslavië,
- calciet* CaCO_3 , aanrakingstweeling "vlindertweeling", Tennessee, USA,
- cassiteriet* SnO_2 , aanrakingstweeling "knietweeling" en "bec d'étain",
- gips* $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, aanrakingstweeling "zwaluwstaarttweeling", Isère, Frankrijk, Guanajuato, Mexico,
- gips* $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, aanrakingstweeling "speerpunttweeling", Montmartre, Frankrijk; Agrigento, Sicilië.

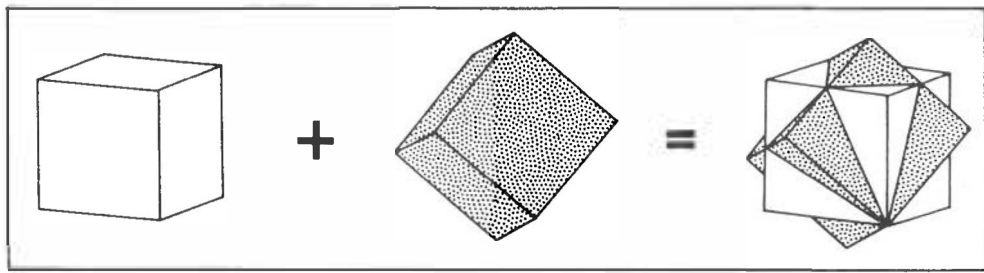


Fig. 9: Fluorietttweeling.

10. Kristalrooster en kristalvorm.

Twee voorbeelden, kwarts* SiO_2 en haliet* NaCl , tonen hoe een kristal er uitwendig uitziet en hoe een kristalrooster inwendig moet ingebeeld worden. Of het nu om een microscopisch kristal of om een reuzekristal gaat, het kristalrooster blijft hetzelfde met dezelfde kleine afstand tussen de atomen, al of niet geïoniseerd. Het is enkel de voortschrijdende stapeling van atomen, volgens een onveranderlijk patroon van de mineraal soort, die de groei en dus de afmetingen van de kristallen bepaalt. Voor kwarts blijft de lengte van de SiO_4 -tetraëderribbe steeds 0,000.000.26 mm (26×10^{-11} m). Voor haliet NaCl is de eenheidscel, zoals het kristal, een kubus en de afstand tussen de Na-atomen (ionen) of tussen de Cl-atomen (ionen), telkens op de hoeken van de kubus, blijft onveranderlijk amper 0,000.000.56 mm (56×10^{-11} m).

11. Kleur.

Kleur is het gevolg van lichtopslorping door een stof. Een mineraal vertoont die kleur uit het zichtbaar spectrum wanneer het de lichtstraal van die kleur niet opslorpt. Het mineraal zal b.v. geel zijn als het alle lichtstralen van het zichtbaar licht opslorpt uitgenomen geel. Het zal b.v. kleurloos zijn als het geen lichtstralen van het zichtbaar spectrum opslorpt.

De kleur kan eigen zijn aan het mineraal, wanneer deze kleur afhangt van zijn hoofdbestanddelen (samenstelling, ionlading, e.a.).

- kleurloos	calciet*	CaCO_3	Guanajuato, Mexico
- kleurloos	kwarts*	SiO_2	Arkansas, USA
- blauw	azuriet*	$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$	Tahil, Perm, USSR
- blauw	azuriet*	$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$	Banat, Roemenië
- groen	malachiet*	$\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$	Tahil, Perm, USSR
- groen	malachiet*	$\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$	Turinsk, Oeral, USSR
- groen	malachiet*	$\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$	Banat, Roemenië
- geel	zwavel*	S	San Luis Potosi, Mexico
- geel	orpiment*	As_2S_3	Khorassan, Iran
- roze	rhodochrosiet*	MnCO_3	Kuruman, Namibië
- rood	cupriet*	Cu_2O	Tahil, Perm, USSR
- rood	cupriet*	Cu_2O	Turinsk, Oeral, USSR
- rood	cinnaber*	HgS	Almaden, Spanje
- rood	vanadinit*	$\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$	Mibladen, Marokko
- zwart	grafiet*	C	Queensland, Australië

12. Kleurwijzigingen.

Wijzigingen van de eigen kleur van het mineraal worden veroorzaakt door **onvolkomenheden** in het mineraal, de zg. kleurcentra (onzuiverheden, nevenelementen, roosterdefecten, enz.).

Voorbeelden:

kwarts	SiO ₂	wit (melkkwarts)*	België
kwarts	SiO ₂	veelkleurig gelaagd (agaat)*	Rio Grande do Sul, Brazilië
kwarts	SiO ₂	paars (amethyst)*	Rio Grande do Sul, Brazilië
kwarts	SiO ₂	geel (citrien)*	Brazilië
kwarts	SiO ₂	roze*	Minas Gerais, Brazilië
kwarts	SiO ₂	zwart (rookkwarts)*	Minas Gerais, Brazilië
calciet	CaCO ₃	roze*	Canada
fluoriet	CaF ₂	veelkleurig*	Illinois, USA
fluoriet	CaF ₂	paars*	Marokko
fluoriet	CaF ₂	groen*	Autun, Frankrijk
fluoriet	CaF ₂	geel*	Saksen, Duitsland
beryl	Al ₂ Be ₃ Si ₆ O ₁₈	blauw (aquamarijn)*	Minas Gerais, Brazilië
beryl	Al ₂ Be ₃ Si ₆ O ₁₈	groen (smaragd)*	Siberië, USSR
beryl	Al ₂ Be ₃ Si ₆ O ₁₈	geel*	Minas Gerais, Brazilië
toermalijn	silicaat	veelkleurig*	Californië, USA
toermalijn	silicaat	groen*	Minas Gerais, Brazilië
toermalijn	silicaat	roze (elbaïet)*	Minas Gerais, Brazilië

13. Streep.

Wegens mogelijke kleurwijzigingen is de kleur van een mineraal, in handstuk niet bepaald het beste middel voor de identificatie van de soort. Wat echter meer zekerheid biedt, is de kleur van het **mineraalpoeder**. Deze kleur wordt ook bekomen door de **streep** getrokken bij het wrijven van het mineraal op een wit ruw porseleinen plaatje*.

Voorbeelden, voor donker gekleurde of zwart uitziende mineralen:

limoniet* (meestal goethiet)	FeO(OH)	lichtbruine streep
hematiet*	Fe ₂ O ₃	rode streep
sfaleriet*	ZnS	grijze streep
galeniet	PbS	zwarte streep

14. Glans.

De glans van een mineraal is het resultaat van de wijze en de intensiteit van de **lichtweerkaatsing** op het **oppervlak** van het mineraal. Glans is een volledig ander begrip dan kleur.

Voorbeelden:

metaalglans	pyriet*	FeS ₂	Peru
zijdeglans	gips*	CaSO ₄ .2H ₂ O	
harsglans	zwavel*	S	Nevada, USA
glasglans	kwarts*	SiO ₂	Brazilië
diamantglans	sfaleriet*	ZnS	Spanje
parelmoerglans	talk*	silicaat	
vetglans	opaal*	SiO ₂ .nH ₂ O	Nieuw-Zeeland
aardachtige glans	magnesiet*	MgCO ₃	Joegoslavië

15. Kristaloptica

De doorgang van licht in doorzichtige mineralen geschiedt op zeer uiteenlopende wijze; dit verschijnsel is dan ook een zeer nuttig hulpmiddel bij de identificatie. Mineralen worden gekenmerkt door **optische isotropie** of **anisotropie**. In optisch isotrope kristallen plant het licht zich in alle richtingen even snel voort. Zulke kristallen behoren tot het kubisch stelsel. In anisotrope kristallen bestaat er een verschil in snelheid van het licht al naargelang de richting en wordt het licht bovendien tot **polarisatie** gebracht. Zulke kristallen behoren tot een van de zes andere kristalstelsels.

De optische eigenschappen van de mineralen worden vooral onderzocht met een **polarisatiemicroscop***, die van gepolariseerd licht gebruik maakt. Een polarisatiemicroscop is uitgerust met twee **polarisators**, waartussen het mineraalpreparaat geplaatst wordt. Bij een gepaste stand van de twee polarisators vertonen anisotrope kristallen (b.v. kwarts* en gips*) typische **interferentiekleuren** in parallel licht en **interferentiefiguren** in convergent licht. Isotrope kristallen (b.v. fluoriet*) blijven bij eenzelfde opstelling zonder effect.

Bij zeer geringe dikte (b.v. 0,05 mm voor een granietgesteente*) wordt praktisch ieder mineraalpreparaat doorzichtig. Mits een gepaste stand van de twee polarisators vertoont een **aggregaat van anisotrope kristallen**, zoals kwarts, veldspaat en glimmer (mica) in een graniet*, een mozaïek van **interferentiekleuren*** in parallel licht, die afwisselend oplichten en uitdoven wanneer het preparaat gedraaid wordt (Fig. 10). Met convergent licht worden mineraalkorrels afzonderlijk onderzocht op **interferentiefiguren**. Anisotrope kristallen van het tetragonaal, hexagonaal of romboëdrisch kristalstelsel (b.v. calciet) geven een beeld van een **eenassige interferentiefiguur***. Anisotrope kristallen van het orthorombisch, monoklien (b.v. glimmer of mica) of triklien kristalstelsel geven een beeld van een **tweeassige interferentiefiguur***.

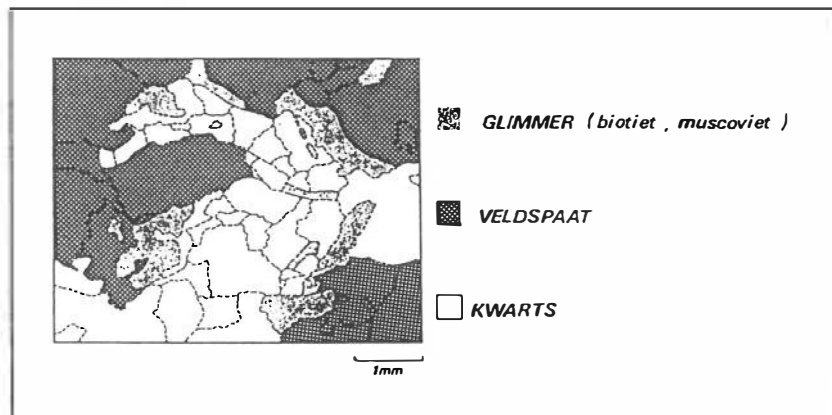


Fig. 10: Slijpplaatje in een graniet.

Bij gebruik van slechts één polarisator worden mineraalkorrels onderzocht op **pleochroïsme** (verschillende kleur in verschillende richting) en op **lichtbreking**. Sommige anisotrope mineralen, b.v. biotiet* (donkerkleurige glimmer of mica), vertonen in het geval van **pleochroïsme** verschillende kleuren al naargelang de stand ten opzichte van de polarisator. De lichtbreking van mineralen wordt onderzocht volgens een eenvoudige techniek van onderdompelen van de korrels in een bepaald milieu. Hierbij tekent zich een

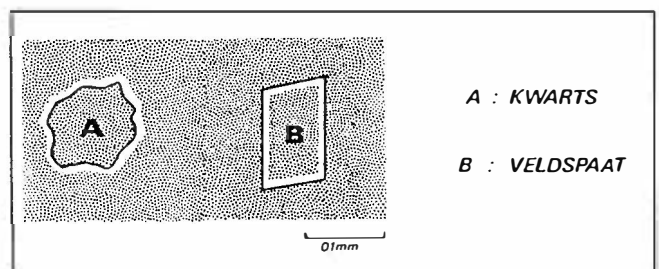


Fig. 11: Heldere zoom rond korrels, voor meting van de brekingsindex.

heldere zoom* af rondom de korrel, waarmee de **brekingsindex** kan gemeten worden (Fig. 10), b.v. **kwarts*** en **veldspaat***.

In anisotrope kristallen wordt elke invallende lichtstraal in twee stralen gebroken. Dit verschijnsel van **dubbelbreking** is bij **calciet*** zo sterk dat het reeds met het blote oog te zien is. (Fig. 12)

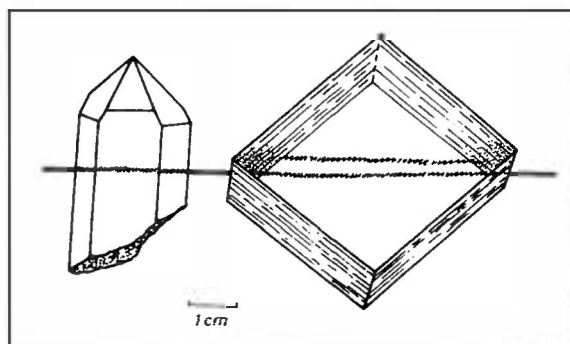


Fig. 12: Dubbelbreking, vooral zichtbaar in calciet (rechts), minder in kwarts (links).

16. Fluorescentie.

Fluorescentie treedt op wanneer een stof, bestraald met licht van een bepaalde golflengte (bepaalde energie), een gedeelte van deze straling opslorpt en het ander gedeelte afgeeft als licht van grotere golflengte (kleinere energie). Als nu een mineraal bestraald wordt met **ultraviolet licht** (onzichtbaar), kan het fluoresceren in **zichtbaar licht** (kleinere energie dan ultraviolet licht).

Fluorescentie bij mineralen is wel een merkwaardige eigenschap, maar biedt toch niet veel zekerheid voor een juiste mineraalidentificatie. Fluoriet, naar hetwelk fluorescentie genoemd is, kan zich zeer verschillend gedragen ten opzichte van de UV-bestraling: sommige fluorieten fluoresceren uitermate sterk; andere daarentegen, van andere herkomsten, fluoresceren niet.

In de toonkast zijn twee ultraviolette lichtbronnen opgesteld: één met **korte UV-stralen** (vooral golflengte 254 nm) en één met **lange UV-stralen** (vooral 350 nm). De fluorescentie opgewekt door deze twee lichtbronnen kan sterk verschillen voor éénzelfde mineraal. b.v. **scheeliet*** CaWO_4 fluoresceert niet onder lange UV, maar wel sterk onder korte UV.

Voorbeelden van fluorescerende mineralen, die in de toonkast achtereenvolgens te zien zijn onder UV-stralen of onder zichtbaar licht, zijn:

- calciet* CaCO_3 , onder meer calciet in septaria, Utah, USA,
- fluoriet* CaF_2 , Northumberland, GB.
- anglesiet* PbSO_4 , Sardinië, Italië,
- sfaleriet* ZnS , ZW Afrika,
- celestiet* SrSO_4 en calciet CaCO_3 , Sicilië, Italië
- tremoliet* $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, New York, USA,
- gips* $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- scapoliet* (complex aluminiumsilicaat), Quebec, Canada,
- scheeliet* CaWO_4 , Rio Grande do Norte, Brazilië,
- opaal* $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, Nevada, USA,
- hyaliet* $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, North Carolina, USA,

hydrozinkiet* $\text{Zn}_5(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_6$, Comillas, Spanje,
 de merkwaardige mineralen van Franklin, New Jersey, USA, namelijk calciëet (CaCO_3),
 willemiet (ZnSiO_4) en hardystoniet* ($\text{Ca}_2\text{ZnSi}_2\text{O}_7$, al dan niet vergezeld van zinkiet*
 ($\text{Zn,Mn})\text{O}$ en frankliniet* ($\text{Zn,Mn,Fe})(\text{Fe,Mn})_2\text{O}_4$).

17. Hardheid en splijting.

De **hardheid** van een materiaal is de maat van weerstand tegen mechanische behandeling, b.v. tegen krassen. Ze houdt verband met de kristalstructuur, de aard van de atomen en de afstand ertussen, samengevat met het geheel van de **bindingskrachten**. Sterke bindingskrachten in het kristal leiden tot grote hardheid. De Oostenrijkse mineraloog F. Mohs stelde in 1822 empirisch een hardheidsschaal op met 10 graden, aangegeven door 10 mineralen, in stijgende lijn van hardheid, als maat van weerstand tegen krassen. Deze hardheidsschaal, **schaal van Mohs** geheten, bevat: 1. talk*, 2. gips*, 3. calciëet*, 4. fluoriet*, 5. apatiet*, 6. orthoklaas*, 7. kwarts*, 8. topaas*, 9. korund*, 10. diamant*. Calciëet met hardheid 3 is harder dan b.v. gips met hardheid 2, zodat calciëet gips krast; het is minder hard dan b.v. kwarts met hardheid 7, zodat calciëet door kwarts gekrast wordt. De hardheid volgens Mohs wordt bepaald door het mineraal te krassen met een voorwerp van bekende hardheid. Dit voorwerp kan dan zowel een ander mineraal zijn uit de schaal van Mohs, of de vingernagel (hardheid tussen 1 en 2), glas of een zakmes (hardheid tussen 4 en 5) of een stalen vijl (hardheid tussen 6 en 7).

Een opvallend verschil in hardheid wordt waargenomen tussen twee mineralen die beide in zuivere toestand uit 100% koolstof bestaan: **grafiet** en **diamant**. **Grafiet*** is zeer zacht, heeft een hardheid tussen 1 en 2, en bezit een **gelaagde kristalstructuur***. In deze structuur is er een grote atoomafstand (zwakke bindingskracht) tussen de lagen en een kleine atoomafstand (sterke bindingskracht) in de lagen. De lagen kunnen zo gemakkelijk over elkaar schuiven, wat leidt tot een kleine hardheid. **Diamant*** daarentegen is uiterst hard, heeft een hardheid 10 en bezit een **compacte kristalstructuur***. Het vertoont een gelijke atoomafstand in vier richtingen vanuit een tetraëder in het kristalrooster. De sterke binding leidt hier tot een grote hardheid.

De hardheid kan nauwkeurig gemeten worden met instrumenten en verschilt alzo van de hardheid volgens de schaal van Mohs. Het verschil in **gemeten hardheid** tussen twee opeenvolgende mineralen op de schaal van Mohs is niet steeds even groot. Tussen talk (hardheid 1 volgens Mohs) en korund (hardheid 9) is er een kleiner verschil in gemeten hardheid dan tussen korund (hardheid 9) en diamant (hardheid 10).

De **splijting** is de eigenschap waarbij een kristal eerder gemakkelijk splijt volgens één of meerdere vlakken (Fig. 13). Ze houdt verband met de kristalstructuur en de aard (atoombezetting en lading) van de kristalroostervlakken. Het splijtvlak is altijd een mogelijk kristalvlak. Glimmer* (of mica) en grafiet* splijten voortreffelijk evenwijdig met één vlak, gips* met twee, calciëet* met drie (romboëdervlakken), galeniet* eveneens met drie (kubusvlakken), fluoriet en diamant* met vier (octaëdervlakken). De vorming van steeds gelijkhoekige splijtingsromboëders bij doorgevoerde verbrijzeling van calciëet leidde de Franse mineraloog R.J. Haüy ertoe, in 1794 een fundamentele kristallografische wet vast te leggen. Splijtrichtingen zijn specifiek voor sommige mineralen en kunnen vooral goed waargenomen worden met de microscoop*. Zo splijten twee silicaatmineralen, pyroxeen* en amfibool*, volgens prismavlakken die karakteristieke hoeken vormen: ongeveer 90° voor pyroxeen en 120° voor amfibool.

Mineralen zonder splijtvlakken vertonen een oneffen **breuk**, zoals de schelpvormige breuk van kwarts* (kristallijn mineraal) en van opaal* (amorf mineraal).

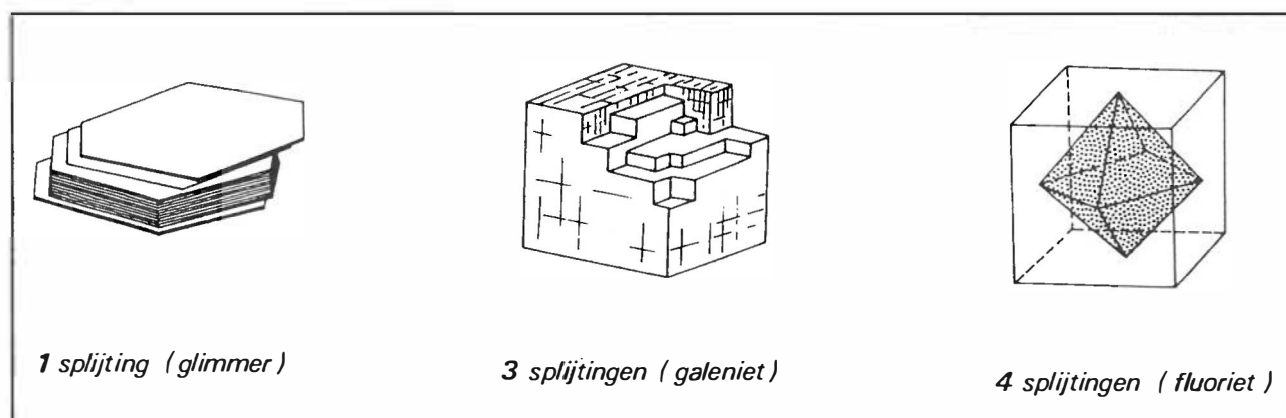


Fig. 13: Splijtingen.

18. Dichtheid, magnetisme, radioactiviteit.

De **dichtheid** d stemt overeen met de massa per volume-eenheid. Ze wordt beïnvloed door de **chemische samenstelling** en de **kristalstructuur**.

Voorbeelden van de invloed van **verschillende samenstelling** met **gelijke kristalstructuur** zijn gegeven door de tetragonale reeks: rutiel* - pyrolusiet* - cassiteriet*. De dichtheid neemt er toe in functie van de atoommassa van de samenstellende elementen.

		dichtheid	atoommassa
- rutiel	TiO_2	4,2	Ti = 47,9
- pyrolusiet	MnO_2	4,8	Mn = 54,9
- cassiteriet	SnO_2	7,0	Sn = 118,7

Voorbeelden van de invloed van **verschillende kristalstructuur** voor een **gelijke samenstelling** zijn gegeven door de groepen calciet - aragoniet en marcasiet - pyriet. Calciet* en aragoniet* hebben éénzelfde samenstelling: CaCO_3 . Calciet kristalliseert in het romboëdrisch stelsel en heeft $d = 2,71$; aragoniet kristalliseert in het orthorombisch stelsel en heeft $d = 2,94$. Marcasiet* en pyriet* hebben éénzelfde samenstelling: FeS_2 . Marcasiet kristalliseert in het orthorombisch stelsel en heeft $d = 4,85$; pyriet kristalliseert in het kubisch stelsel en heeft $d = 5,1$. De dichtheidsverschillen zijn het gevolg van een verschillende schikking van de atomen in de respectievelijke kristalroosters.

De dichtheid kan gemeten worden door de methode van de **dubbele weging** (Fig. 14). Dit is een weging van het mineraal in de lucht, gevolgd door een weging van het mineraal ondergedompeld in een vloeistof van gekende dichtheid, b.v. water. De methode is een toepassing van het beginsel van Archimedes stellend dat een lichaam, in een vloeistof ondergedompeld, een opwaartse stuwkracht ondervindt gelijk aan de massa van het verplaatste vloeistofvolume. De toegepaste formule is $d = m/V$, waar m de massa voorstelt van het mineraal in de lucht en V het volume overeenstemmend met het verschil in gewicht van het mineraal in de lucht en het mineraal in water. In de vitrine wordt de werkwijze van zulke dichtheidsbepaling aangetoond voor malachiet* $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$ met $d = 4,0$.

De dichtheid komt meteen van pas bij de scheiding van **mineralen in zand**. Hiertoe wordt een zware vloeistof gebruikt, b.v. bromoform ($d = 2,9$). Deze vloeistof scheidt zand in twee fracties: een bovendrijvende lichte fractie met mineralen waarvan de dichtheid kleiner is dan 2,9 en een zware fractie die bezinkt, met mineralen waarvan de dichtheid groter is dan 2,9. Een voorbeeld is gegeven van een zand* afkomstig van de oevers van het Tanganikameer. De lichte fractie* bevat kwarts SiO_2 ($d = 2,6$) en

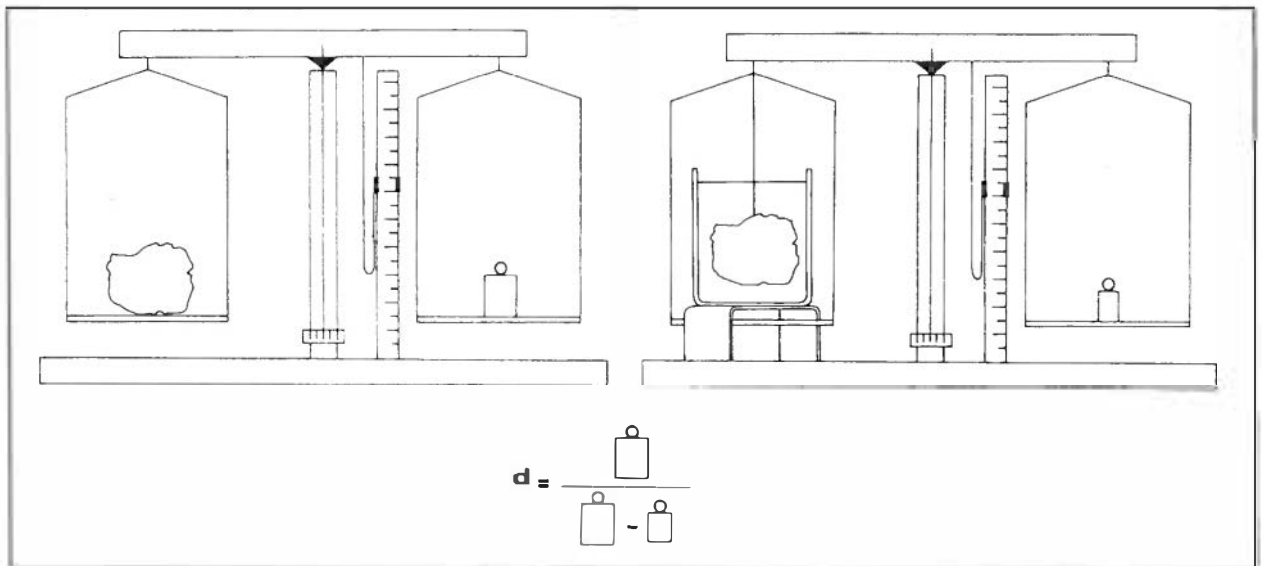


Fig. 14: Dichtheidsmeting met de methode van dubbele weging.

veldspaten ($d = 2,6-2,7$); de zware fractie* bevat magnetiet Fe_3O_4 ($d = 5,2$) en de silicaten: toermalijn ($d = 3,0$), epidoot ($d = 3,3$), een amfibool ($d = 3,4$), distheen ($d = 3,6$) en granaat, variëteit almandien ($d = 4,3$).

Sommige mineralen vertonen het verschijnsel van **magnetisme**. Dit wordt b.v. geïllustreerd door de regelmatige schikking van mineraaldeeltjes in het magnetisch veld van een magneet. Korreltjes van verpulverd magnetiet* Fe_3O_4 , magnetisch mineraal bij uitstek, oriënteren zich volgens de lijnen van een magnetisch veld. Goethiet* $\text{FeO}(\text{OH})$, eveneens een ijzeroxyde, wordt daarentegen niet beïnvloed door de magneet.

Radioactiviteit van mineralen is te wijten aan het natuurlijk uiteenvallen van instabiele atoomkernen, b.v. deze van uranium U en thorium Th, met als gevolg het uitzenden van kerndeeltjes en stralingen. Het opgestelde apparaat in de vitrine laat toe de graad van radioactiviteit visueel waar te nemen. Voorbeelden van radioactieve mineralen zijn gegeven door autuniet* $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ en curiet* $2\text{PbO} \cdot 5\text{UO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Wat een ander geel mineraal betreft, nl. orpiment* As_2S_3 , wijst het toestel geen enkele radioactiviteit aan.

19. Isomorfie, polymorfie en pseudomorfie.

Isomorfie is de eigenschap waarbij verschillende stoffen zich voordoen onder een **gelijke vorm**. Mineralen zijn isomorf of isostructureel wanneer ze een verschillende chemische samenstelling hebben maar een gelijke kristalstructuur, wat kan leiden tot een gelijke vorm.

Voorbeelden van isomorfie zijn gegeven door:

- de reeks van **romboëdrische carbonaten**: calciet* CaCO_3 , magnesiet* MgCO_3 , rhodochrosiet* MnCO_3 , dolomiet* $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, ankeriet* $\text{Ca}(\text{Fe}, \text{Mg})(\text{CO}_3)_2$, en sideriet* FeCO_3 ,
- de reeks van **hexagonale fosfaten, arsenaten en vanadaten**: apatiet* $\text{Ca}_5(\text{F}, \text{OH}, \text{Cl})(\text{PO}_4)_3$, pyromorfiet* $\text{Pb}_5\text{Cl}(\text{PO}_4)_3$, mimetiet* $\text{Pb}_5\text{Cl}(\text{AsO}_4)_3$ en vanadiet* $\text{Pb}_5\text{Cl}(\text{VO}_4)_3$,
- de reeks van **orthorombische carbonaten**: aragoniet* CaCO_3 , witheriet* BaCO_3 , strontianiet SrCO_3 * en cerusiet* PbCO_3 ,
- de reeks van **orthorombische sulfaten**: bariet BaSO_4 , celestiet* SrSO_4 en anglesiet* PbSO_4 .

Polymorfie treedt op wanneer stoffen die op bepaalde vlakken **gelijkaardig** zijn, zich voordoen onder **verschillende vormen**. Mineralen met gelijke chemische samenstelling, maar met verschillende kristalstructuur, zijn **polymorf**.

Voorbeelden zijn de polymorfen van koolstof C, met diamant* (kubisch stelsel) en grafiet* (hexagonaal stelsel); de polymorfen van FeS_2 met pyriet* (kubisch) en marcasiet* (orthorombisch); de polymorfen van Al_2SiO_5 met andalusiet* (orthorombisch), sillimaniet* (orthorombisch) en distheen* (triklien).

Pseudomorfie treedt op wanneer stoffen zich voordoen onder een vorm die in feite niet de hunne is. Sommige mineralen kunnen kristalvormen vertonen die niet eigen zijn aan hun soort. Dit bemoeilijkt de mineralogische identificaties. Pseudomorfie kan verschillende oorzaken hebben: het kan zich voordoen bij de **gedeeltelijke of gehele opvulling** van een geometrische ruimte ontstaan door oplossing van een mineraal; het kan ook optreden bij de **vervanging** van een mineraal door een ander, evenwel met behoud van de vorm van het verdwenen mineraal. De geometrische holten die ontstaan door oplossing worden beschreven als **negatieve kristallen**. Voorbeelden zijn gegeven van holten ontstaan door de oplossing van rhomboëders* of skalenöders* van calciet. Voorbeelden van opvulling van holten zijn gegeven voor dolomiet* $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ dat calciet vervangt en ankeriet* $\text{Ca}(\text{Fe,Mg})(\text{CO}_3)_2$ dat rhodochrosiet vervangt.

Voorbeelden van vervanging, deeltje per deeltje:

in vervanging van:

- | | |
|--|--|
| - goethiet* $\text{FeO}(\text{OH})$ | pyriet FeS_2 in kubussen |
| - goethiet* $\text{FeO}(\text{OH})$ | kamvormig marcasiet FeS_2 |
| - goethiet* $\text{FeO}(\text{OH})$ | lensvormig sideriet FeCO_3 |
| - kwarts* SiO_2 en
opaal* $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ | hout met behoud van de celstructuur |
| - kwarts* SiO_2 (tjgeroog) | een amfibool (riebeckiet, variëteit crocidoliet) met
behoud van de vezelstructuur |
| - stibiconiet* $\text{Sb}_3\text{O}_6(\text{OH})$ | stibniet Sb_2S_3 |
| - chalcedoon* SiO_2 | CaCO_3 van een fossiel (nautilus) |
| - pyriet* FeS_2 | CaCO_3 van een fossiel (ammoniet) |
| - pyriet* FeS_2 | CaCO_3 van een fossiel (brachiopode) |
| - malachiet* $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ | gips* $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ |
| - goethiet* $\text{FeO}(\text{OH})$ | calciet CaCO_3 |
| - kaoliniet* $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ | orthoklaas KAlSi_3O_8 |
| - cassiteriet* SnO_2 | orthoklaas KAlSi_3O_8 |
| - kleimineralen | haliet NaCl in kubussen |

20. Insluitsels.

Mineralen bevatten soms vreemde bestanddelen als insluitels. Deze zijn meestal vast (andere mineralen, onzuiverheden, enz.); ze kunnen ook **vloeibaar** (b.v. water) of **gasvormig** zijn.

Kwarts* SiO_2 biedt een hele reeks van vaste insluitels. Voorbeelden hiervan zijn: grafiet* C, fijnvezelig rutiel* TiO_2 ("Venusharen"), hematiet* Fe_2O_3 , goethiet* $\text{FeO}(\text{OH})$, amethist* SiO_2 , en verschillende silicaten: glimmer of mica* (aventurijn), chloriet*, toermalijn*, epidoot* en kleimineralen*. Kwarts* kan ook een vloeistof bevatten, ingesloten tijdens de vorming van het kristal. De vloeistof vult geheel of gedeeltelijk de holten in het kristal en bij wentelen van het kristal ziet men de vloeistof, hier water, zich verplaatsen.

Insluitsels kunnen ook voorkomen volgens een regelmatige schikking. Een typisch voorbeeld hiervan is **chiasoliet*** Al_2SiO_5 , een variëteit van andalusiet, waar koolstofhoudende deeltjes zich schikken in bepaalde richtingen, die bijzonder opvallen wanneer het chiasolietkristal in dunne schijfjes* gezaagd wordt. (Fig. 15)

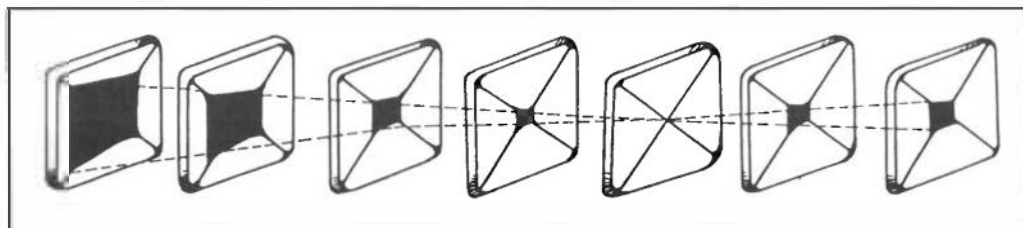


Fig. 15: Koolstofhoudende insluitels in andalusiet (variëteit: chiasoliet).

Andere voorbeelden van insluitels zijn:

- goethiet* $\text{FeO}(\text{OH})$ in calciet CaCO_3
- dolomiet* $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ of celestiet* SrSO_4 in gips* $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- wolkachtige onzuiverheden in fluoriet* CaF_2
- grijze insluitels in calciet* CaCO_3

Woestijnrozen van gips $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ evenals calcietgroepen* CaCO_3 van Fontainebleau (Frankrijk) zijn aggregaten, gevormd door de insijpeling van zoutoplossingen in een zandbodem. Het microscopisch beeld van het calcietaggregaat toont hoe de zandkorrels ingebed zijn in een matrix van calciet.

21. Onvolmaakte kristallen.

Kristallen kunnen soms afwijkingen of onvolmaaktheden vertonen in vergelijking met een streng regelmatige, ideale vorm. Deze afwijkingen doen echter geen afbreuk aan de symmetrie van het kristalrooster. Ze zijn het gevolg van veranderingen tijdens de langzame groei van de kristallen of van uitwendige belemmeringen die de ideale ontwikkeling van de kristalvorm in de weg staan.

De symmetrie van de kristalroosters houdt evenwel geen rekening met de **afmetingen van de kristalvlakken**. Deze zijn enkel een gevolg van de verschillen in groeisnelheid in bepaalde richtingen. Zo kan b.v. een ongelijke groei van nochtans gelijkwaardige octaëdervlakken* van magnetiet* Fe_3O_4 leiden tot "gerekte" vormen die zelfs aanzienlijk kunnen afwijken van een ideale octaëder* (Fig. 16). Kwarts* SiO_2 kan ook door de ongelijke ontwikkeling van topvlakken en de ongelijke ontwikkeling van prismavlakken of zelfs het ontbreken ervan leiden tot weinig herkenbare vormen. Parallele stapeling van kristallen met verschillende doormeter kan b.v. bij kwarts leiden tot een sceptervorm*. De **gebrekkige ontwikkeling van kristalvlakken** kan leiden tot holle kristalvormen, b.v. vensterkwarts*, skeletvormige kwarts*, holle gipskristallen* $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, holle octaëders van (verweerd) cupriet Cu_2O en holle kubussen van haliet NaCl .

Oppervlakteonregelmatigheden doen zich soms voor als strepingen, die het gevolg zijn van een herhaalde ontwikkeling van verschillende kristalvlakken (Fig. 17). Dit verschijnsel kan zeer opvallend zijn voor de kubusvlakken van pyriet* FeS_2 . De strepingen worden hier veroorzaakt door een veelvuldige herhaling van kubus- en rombendodecaëdervlakjes. Ook de zijvlakken van kwarts* SiO_2 vertonen veelal strepingen haaks op de ribben. Deze strepingen worden veroorzaakt door de herhaalde ontwikkeling van prisma- en piramidevlakjes.

Soms kunnen kristallen **gebogen vlakken** vertonen door invloeden tijdens de groei of nadien zoals b.v. galeniet* PbS ; gips $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, calciet CaCO_3 , dolomiet* $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, kwarts* SiO_2 zowel bergkristal, melk- als rookkwarts.

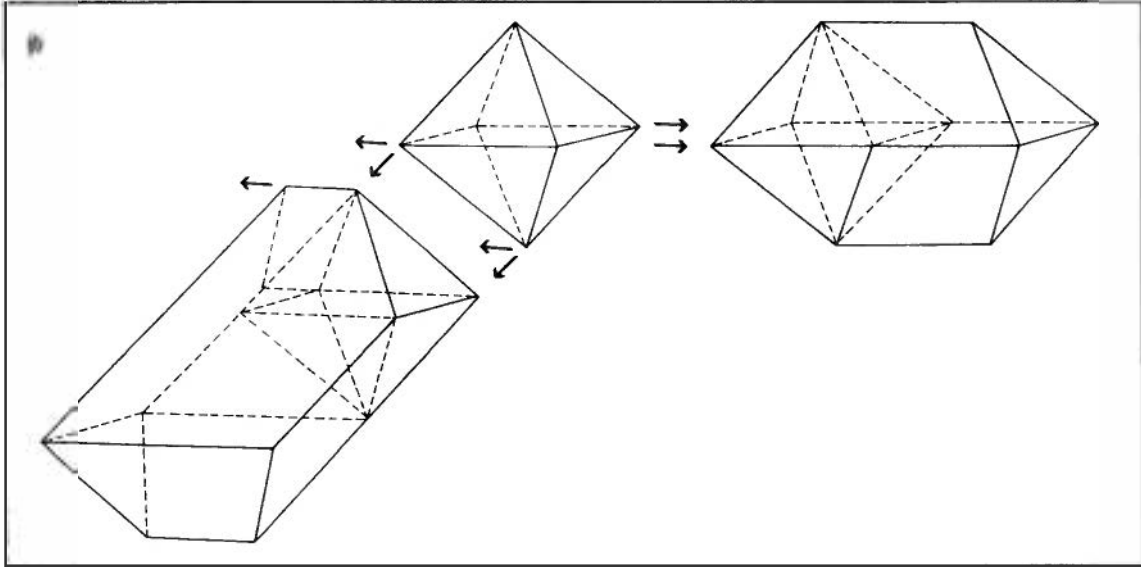


Fig. 16: Ongelijke vlakkenontwikkeling in magnetietoctaëder.

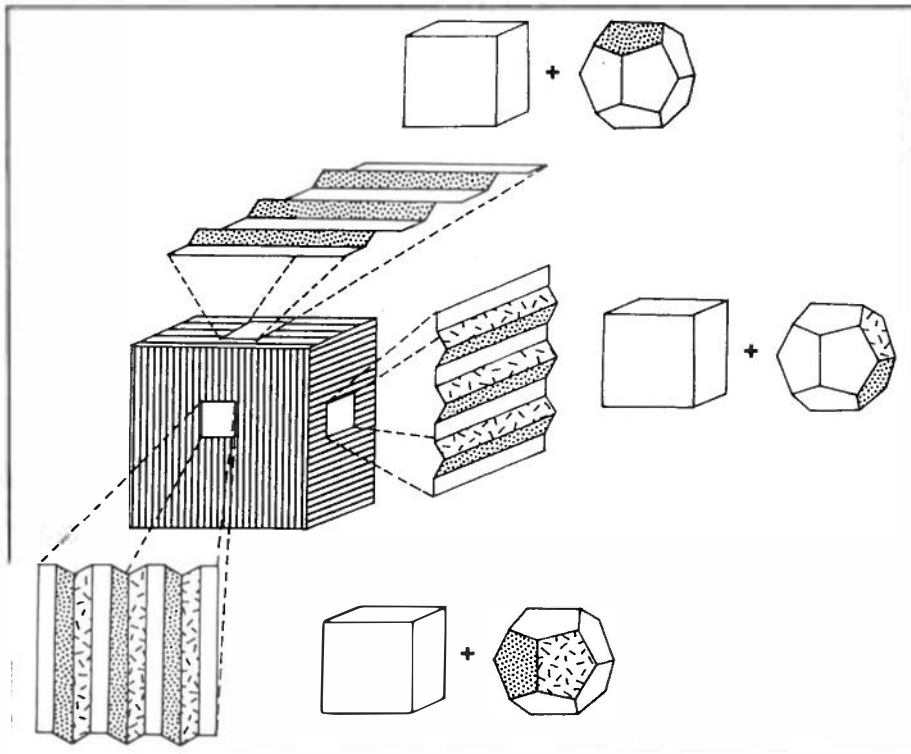


Fig. 17: Oorsprong van streping op kubusvlakken van pyriet.

22. - 23. - 24. Aggregaten.

Kristallen kunnen voorkomen in geordende samengroeiing volgens welbepaalde kristallografische wetten. Zij vormen dan tweelingen en veelingen, zoals reeds getoond in toonkast 9 over symmetrie. Kristallen komen echter meestal in minder geordende groepen voor. Deze **aggregaten** worden telkens beschreven naargelang de wijze waarop de kristallen gegroepeerd zijn.

22. Aggregaten.

Voorbeelden:

- | | |
|----------------|---|
| - kamvormig | calciet* CaCO_3 , Mexico |
| - straalvormig | vivianiet* (ijzerfosfaat), Anloa, Kameroen. Straalvormige vivianietaggregaten kunnen werkelijk reusachtige afmetingen aannemen (1,5 m). |
| - divergent: | gips $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Algerije |
| - bolvormig: | okeniet* (silicaatmineraal), Bombay, Indië |

23. Aggregaten.

Voorbeelden:

- | | |
|--------------------|---|
| - gelaagd | sfaleriet* ZnS |
| - concretienvormig | calciet* CaCO_3 |
| - straalvormig | stilbiet* (silicaatmineraal) |
| - straalvormig | pyriet* FeS_2 , USA |
| - naaldvormig | manganiet* $\text{MnO}(\text{OH})$ |
| - dendritisch | mangaanoxyde* met ijzeroxyde* |
| - compact | kaoliniet* $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ |
| - vezelig | asbest* (silicaatmineraal) |
| - strengelig | bariet* BaSO_4 |
| - korrelig | pyriet* FeS_2 |
| - kamvormig | marcasiet* FeS_2 |
| - kamvormig | gips* $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Mexico |
| - knobbelig | malachiet* $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ |
| - evenwijdig | kwarts* SiO_2 |
| - oölitisch | hematiet* Fe_2O_3 |
| - trosvormig | chalcedoon* SiO_2 |
| - zuilvormig | gips $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Sonora, Mexico |
| - bladerig | muscoviet* (glimmer of mica) (silicaatmineraal) |

24. Aggregaten.

Voorbeeld van een kamvormig aggregaat:

Gips (woestijnroos*), $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Erg el Jered, 40 km van de oase van Douz, Tunesië.

Woestijnrozen ontstaan in zandgebieden met een aried klimaat. Het opstijgend bodemwater bevat opgelost calciumsulfaat dat afkomstig is uit de fossiele zoutlagen. Door verdamping van dit bodemwater worden in de zandbodem lensvormige kristallen gevormd die aangroeien tot kamvormige aggregaten, die op rozen gelijken en vrij aanzienlijke afmetingen kunnen aannemen. De hier getoonde woestijnroos weegt 85 kg en werd op 3,5 m diepte uitgegraven.

Voorbeeld van een stalactitisch aggregaat:

Stalactiet* (calciet en aragoniet), België.

Stalactieten en stalagmieten zijn aggregaten van calciumcarbonaat CaCO_3 (meestal calciet) in kalksteengrotten. Kalksteen bestaat hoofdzakelijk uit calciumcarbonaat en lost tamelijk gemakkelijk op in koolzuurhoudend water (CO_2 in oplossing). In grotten ontsnapt het opgeloste CO_2 uit dit water waardoor calciumcarbonaat als druipsteen wordt afgezet. Aan het plafond vormen zich stalactieten. Op de bodem vormen zich stalagmieten door het water dat van de stalactieten afdruipt.

SYSTEMATISCH GEDEELTE

25. - 26. Elementen

Deze groep omvat de chemische elementen, zowel metalen als niet-metalen, die ongebonden in de natuur voorkomen. Dit is ongeveer 1/5 van al de bekende chemische elementen. Ook natuurlijke legeringen komen in deze groep voor. Meestal kristalliseren de metalen in het kubisch kristalstelsel en hebben ze een grote dichtheid en een metaalglans.

25. Voorbeelden van elementen, uitgezonderd diamant:

1. zwavel	S	Sicilië, Italië
2. zwavel	S	Sicilië, Italië
3. zwavel	S	Sicilië, Italië
4. zilver	Ag	Hidalgo, Mexico
5. zilver	Ag	Mexico
6. zilver	Ag	Atacama, Chili
7. zilver	Ag	Kongsberg, Noorwegen
8. zilver	Ag	Kongsberg, Noorwegen
9. zilver	Ag	Lake Superior, Michigan
10. koper	Cu	Cornwall, Groot-Brittannië
11. koper	Cu	Lake Superior, Michigan
12. koper	Cu	Lake Superior, Michigan
13. koper	Cu	Mexico
14. koper	Cu	Zuid-Australië
15. goud	Au	Abrudbanya, Hongarije
16. goud	Au	Abrudbanya, Hongarije
17. goud in conglomeraat-gesteente	Au	Zuid-Afrika
18. goud	Au	Altaï, Siberië, USSR
19. goud	Au	Otago, Nieuw-Zeeland
20. goud (afgietsel van een goudklomp van 64 kg, een van de grootste goudklompen (pepito's) van de wereld)	Au	Kivu, Zaïre
21. kwik	Hg	Almaden, Spanje
22. arseen	As	Saksen, Duitsland
23. antimoon	Sb	Allemont, Dauphiné, Frankrijk
24. bismut	Bi	Queensland, Australië
25. bismut	Bi	Australië
26. tellurium	Te	Nagyag, Roemenië
27. grafiet	C	Ontario, Canada
28. grafiet	C	Oost-Siberië, USSR

26. Diamant

Diamant is samengesteld uit koolstof C. Het wordt gevormd bij zeer hoge temperatuur en druk (ongeveer 2000°C en 70.000 atmosfeer of $7 \cdot 10^9$ pascal). Op de aarde worden die voorwaarden op 200 km diepte gevonden.

Diamant komt voor in het vulkanisch stollingsgesteente kimberliet, genoemd naar de vindplaats Kimberley in Zuid-Afrika (**primair voorkomen**). Dit gesteente is gekenmerkt door de aanwezigheid van bepaalde silicaatmineralen: olivijn, granaat en pyroxeen, en het vormt pijpen in de aardkorst. De oppervlakteverwerking

van kimberliet maakt ingesloten diamanten vrij, die dan door waterlopen vervoerd worden en er samen met allerhande gesteentepuin alluviale of mariene afzettingen vormen (**secundair voorkomen**).

De grootste diamant die ooit werd gevonden is de "Cullinan"*, in 1905 ontdekt in het alluviaal gebied van Pretoria, Zuid-Afrika. Hij woog 3106 karaat of 621 g (1 kt = 0,2 g). Hij zag er eerder als een vormeloze massa uit, met echter één groot glad vlak. Dit laatste is een splijtvlak en wijst op het voorkomen van een ander fragment, dat nog niet gevonden is. De "Cullinan" werd in 1908 in een honderdtal stenen geslepen, die nu deel uitmaken van de Britse kroonjuwelen en bewaard worden in de Tower van Londen. De grootste steen weegt 530 kt.

Diamant kristalliseert in het **kubisch stelsel**. Voorbeelden van natuurlijke kristallen zijn de kubus, de octaëder en afgeleide vormen, alsook het tweelingkristal met twee aanrakingsoctaëders. Diamant komt ook voor als aggregaat.

Diamant is de edelsteen bij uitstek omwille van zijn kristalliniteit, zijn hardheid (10 op de schaal van Mohs), zijn optische eigenschappen (breking en reflectie) en zijn relatieve zeldzaamheid.

Enige voorbeelden van beroemde geslepen diamanten worden hier in facsimile getoond:

naam	ontdekking	massa ruwe steen (in kt)	massa ge- slepen steen (in kt)
Pigott	Indië, voor 1775	?	49
Sancy	Indië, voor 1600	?	55
Sjah van Perzië	Indië, voor 1591	?	89
Hope (blauwe diamant)	Indië, voor 1642	112	45
Pasja van Egypte	Indië, voor 1848	?	40
Koh-i-Noor	Indië, voor 1304	meer dan 500	
oud slijpsel			186
nieuw slijpsel			109
Nassak	Indië, voor 1818	meer dan 90	43
Groot-Mogol	Indië, voor 1650	790	280
Florentijn	Indië, voor 1745	?	138
Regent of Pitt	Indië, 1698	410	140
Eugenie	?	51	
Orloff	Indië, voor 1739	?	199
Poolster	Indië, voor 1820	?	40
Zuidster	Brazilië, 1853	262	128

27. Sulfiden en arseniden.

Mineralen gekenmerkt door de verbinding van metalen en niet-metalen met zwavel S, arseen As, antimoon Sb, selenium Se en tellurium Te. Ze kunnen opgevat worden als zouten van diwaterstofsulfide H_2S of verwante zuren. Meestal hebben deze mineralen een metallisch voorkomen en een grote dichtheid. Ze zijn ertsmineralen bij uitstek.

Voorbeelden:

1. argentiet	Ag_2S	Mexico
2. chalcosiet	Cu_2S	Cornwall, Groot-Brittannië
3. borniet	Cu_5FeS_4	Kipushi, Zaïre
4. galeniet	PbS	Huanzala, Peru
5. galeniet	PbS	Hagen, Duitsland
6. sfaleriet	ZnS	
7. sfaleriet	ZnS	Chemnitz, Duitsland
8. sfaleriet	ZnS	Picos de Europa, Spanje
9. chalcopyriet	$CuFeS_2$	Cornwall, Groot-Brittannië
10. chalcopyriet	$CuFeS_2$	Mouzaia, Algerije
11. chalcopyriet	$CuFeS_2$	Chili
12. pyrrhotiet	$Fe_x^{1-x}S$	Trepca, Joegoslavië
13. nikkeliet	$NiAs$	Stiermarken, Oostenrijk
14. milleriet	NiS	Beieren, Duitsland
15. pentlandiet	$(Ni,Fe)_9S_8$	Sudbury, Canada
16. covelliet	CuS	Moonta, Australië
17. cinnaber	HgS	Almaden, Spanje
18. cinnaber	HgS	Toscane, Italië
19. realgar	AsS	Felsöbanya, Roemenië
20. orpiment	As_2S_3	
21. stibniet	Sb_2S_3	Pribram, Tschechoslovakije
22. stibniet	Sb_2S_3	Kaia, Japan
23. bismutiet	Bi_2S_3	Telemarken, Noorwegen
24. pyriet	FeS_2	Peru
25. pyriet	FeS_2	Peru
26. cobaltiet	$(Co,Fe)AsS$	Tunaberg, Zweden
27. marcasiet	FeS_2	
28. marcasiet	FeS_2	Siberië
29. arsenopyriet	$FeAsS$	Panasquiera, Portugal
30. molybdeniet	MoS_2	
31. skutterudiet	$(Co,Ni)As_3$	Bou Azzer, Marokko
32. proustiet	Ag_3AsS_3	Freiberg, Saksen, Duitsland
33. tetraëdriet	$Cu_{12}Sb_4S_{13}$	Lima, Peru
34. tetraëdriet	$Cu_{12}Sb_4S_{13}$	Pacocha, Peru
35. enargiet	Cu_3AsS_4	Colorado, USA
36. bournoniet	$PbCuSbS_3$	La Libertad, Peru
37. boulangeriet	$Pb_5Sb_4S_{11}$	Isère, Frankrijk

28. Oxyden en arseniden.

De groep van **oxyden en arseniden** is gekenmerkt door de verbinding met zuurstof O, al dan niet met een hydroxylgroep OH. Het is een groep met vrij uiteenlopende eigenschappen.

Voorbeelden:

1. cupriet	Cu_2O	Cornwall, Groot-Brittannië
2. zinkiet	ZnO	New Jersey, USA
3. korund	Al_2O_3	China
4. korund	Al_2O_3	Noorwegen
5. ilmeniet	FeTiO_3	Bangor, Ierland
6. hematiet	Fe_2O_3	Minas, Gerais, Brazilië
7. hematiet	Fe_2O_3	Elba, Italië
8. hematiet	Fe_2O_3	Marokko
9. anataas op kwarts	TiO_2	Hardangervidda, Noorwegen
10. brookiet	TiO_2	Hagnet Cove, Arkansa, USA
11. rutiel	TiO_2	Graves Mountain, Georgia, USA
12. rutiel	TiO_2	Tirol, Oostenrijk
13. pyrolusiet	MnO_2	Siegen, Duitsland
14. pyrolusiet	MnO_2	Saksen, Duitsland
15. pyrolusiet	MnO_2	Beieren, Duitsland
16. cassiteriet	SnO_2	Cornwall, Groot-Brittannië
17. cassiteriet	SnO_2	Schlaggenwald, Duitsland
18. psilomelaan	$\text{BaMn}^{2+}\text{Mn}_8^{4+}\text{O}_{16}(\text{OH})_4$	Minas Gerais, Brazilië
19. heterogeniet	$\text{CoO}(\text{OH})$	Shaba, Zaïre
20. manganiet	$\text{MnO}(\text{OH})$	Ilfeld, Harz, Duitsland
21. manganiet	$\text{MnO}(\text{OH})$	Ilfeld, Harz, Duitsland
22. chrysoberyl	BeAl_2O_4	Minas Gerais, Brazilië
23. magnetiet	$\text{Fe}^{2+}\text{Fe}_2^{3+}\text{O}_4$	Minas Gerais, Brazilië
24. magnetiet	$\text{Fe}^{2+}\text{Fe}_2^{3+}\text{O}_4$	Ekaterinaburg, Oeral, USSR
25. spinel	MgAl_2O_4	New York, USA
26. spinel	MgAl_2O_4	New York, USA
27. frankliniet	ZnFe_2O_4	Franklin, New Jersey, USA
28. chromiet	FeCr_2O_4	Indië
29. hausmanniet	$\text{Mn}^{2+}\text{Mn}_2^{3+}\text{O}_4$	Ilfeld, Harz, Duitsland
30. goethiet	$\text{FeO}(\text{OH})$	
31. goethiet	$\text{FeO}(\text{OH})$	Brazilië
32. tantaliet	$(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Ta}_2\text{O}_6$	Kalamata, Griekenland
33. columbiet	$(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6$	Minas Gerais, Brazilië
34. pyrochloor	$(\text{Na}, \text{Ca})_2\text{Nb}_2\text{O}_6(\text{F}, \text{OH})$	Fredericksvarn, Noorwegen

Halogeniden.

Dit zijn mineralen gekenmerkt door de verbinding van de halogenen: fluor F, chloor Cl, broom Br of jood I. Ze kunnen worden opgevat als zouten van waterstoffluoride HF, waterstofchloride HCl of verwante zuren. Hun samenstelling is meestal vrij eenvoudig. In het algemeen zijn ze vrij zacht, splijtbaar en weinig gekleurd, en hebben ze een glasglans en een lage dichtheid. Vele zijn oplosbaar in water of in zwakke zuren.

Voorbeelden:

35. haliet	NaCl	Californië, USA
36. haliet	NaCl	Stassfurt, Duitsland
37. haliet	NaCl	Racalmuto, Sicilië, Italië
38. sylviet	KCl	Elzas, Frankrijk
39. cryoliet	Na_3AlF_6	Ivigut, Groenland
40. fluoriet	CaF_2	Wölsendorf, Beieren, Duitsland
41. fluoriet	CaF_2	Weardale, Durham, Groot-Brittannië
42. fluoriet	CaF_2	Foisches, Frankrijk
43. fluoriet	CaF_2	
44. fluoriet	CaF_2	Tennessee, USA
45. fluoriet	CaF_2	Tennessee, USA

29. Carbonaten.

De groep van carbonaten, boraten en nitraten omvat mineralen gekenmerkt door een groep van drie atomen (ionen) zuurstof O, geplaatst op de hoeken van een gelijkzijdige driehoek rond de elementen koolstof C, boor B of stikstof N. Ze kunnen opgevat worden als zouten van de zuren diwaterstofcarbonaat H_2CO_3 , triwaterstofboraat H_3BO_3 of waterstofnitraat HNO_3 . Hun hardheid is meestal klein.

De **carbonaten** zijn herkenbaar doordat CO_2 -gas opbruist als ze met verdund waterstofchloride HCl behandeld worden, soms na verwarming.

Voorbeelden:

1. calciet op kwarts	CaCO_3	Guanajuato, Mexico
2. calciet	CaCO_3	Guanajuato, Mexico
3. calciet	CaCO_3	Algerije
4. calciet	CaCO_3	Mexico
5. calciet	CaCO_3	
6. calciet	CaCO_3	Mexico
7. calciet	CaCO_3	
8. sideriet	FeCO_3	Dauphiné, Frankrijk
9. sideriet	FeCO_3	Allevard, Isère, Frankrijk
10. sideriet	FeCO_3	Ebersdorf, Saksen, Duitsland
11. sideriet	FeCO_3	Cumberland, Groot-Brittannië
12. smithsoniet	ZnCO_3	Cartagena, Spanje
13. smithsoniet	ZnCO_3	Monteponi, Sardinië, Italië
14. smithsoniet	ZnCO_3	Zuid-Afrika
15. magnesiet	MgCO_3	Traversella, Italië
16. magnesiet	MgCO_3	Kraubatz, Oostenrijk
17. rhodochrosiet	MnCO_3	Hotazel, Kuruman, Namibië
18. rhodochrosiet	MnCO_3	Hotazel, Kuruman, Namibië
19. rhodochrosiet	MnCO_3	Peru
20. dolomiet	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	Navarra, Spanje
21. dolomiet	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	Pyreneeën, Spanje
22. ankeriet	$\text{Ca}(\text{Mg,Fe})(\text{CO}_3)_2$	Stolzembourg, Luxemburg
23. azuriet	$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$	Australië

24. azuriet	$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$	Cap Garonne, Var, Frankrijk
25. azuriet	$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$	Arizona, USA
26. azuriet	$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$	Australië
27. malachiet	$\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$	Shaba, Zaïre
28. malachiet	$\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$	Turinsk, Oeral, USSR
29. hydrozinkiet	$\text{Zn}_5(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_6$	Spanje
30. bastnaesiet	$\text{Ce}(\text{CO}_3)\text{F}$	Madagascar
31. strontianiet	SrCO_3	Westfalen, Duitsland
32. witheriet	BaCO_3	Alstonmoor, Cumberland, Groot-Brittannië
33. aragoniet	CaCO_3	Sefrou, Marokko
34. aragoniet	CaCO_3	Herrengrund, Tsjechoslovakije
35. aragoniet	CaCO_3	Massa Maritima, Italië
36. aragoniet	CaCO_3	Cumberland, Groot-Brittannië
37. aragoniet (flos ferri)	CaCO_3	Eisenerz, Erzberg, Stiermarken, Oostenrijk
38. aragoniet (oölitisch)	CaCO_3	Karlovy Vary, Tsjechoslovakije
39. cerussiet	PbCO_3	Tsumeb, Namibië
40. cerussiet	PbCO_3	Sardinië, Italië
41. cerussiet	PbCO_3	Tunesië
42. cerussiet	PbCO_3	Freiberg, Saksen, Duitsland

30. Nitraten en boraten. Sulfaten, molybdaten, chromaten en wolframaten.

Nitraten

Voorbeeld:

1. niter	KNO_3	Chili
----------	----------------	-------

Boraten:

Voorbeelden:

1. tincalconiet	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Boron, Kern County, Californië, USA
2. kerniet	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_6(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Boron, Kern County, Californië, USA
3. ulexiet	$\text{NaCaB}_5\text{O}_6(\text{OH})_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Boron, Kern County, Californië, USA
4. ulexiet	$\text{NaCaB}_5\text{O}_6(\text{OH})_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Boron, Kern County, Californië, USA
6. ulexiet	$\text{NaCaB}_5\text{O}_6(\text{OH})_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Esmeralda County, Californië, USA
5. borax	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Boron, Kern County, Californië, USA
7. colemaniet	$\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Boron, Kern County, Californië, USA

Sulfaten, molybdaten, chromaten en wolframaten

Mineralen van de groep sulfaten, molybdaten, chromaten en wolframaten zijn gekenmerkt door een groep van 4 atomen (ionen) zuurstof O, geplaatst op de hoeken van een tetraëder rond de zeswaardige elementen zwavel S, molybdeen Mo, chroom Cr of wolfram W. Ze kunnen opgevat worden als zouten van de zuren diwaterstofsulfaat H_2SO_4 , diwaterstofmolybdaat H_2MoO_4 , diwaterstofchromaat H_2CrO_4 of diwaterstofwolframaat H_2WO_4 .

Sulfaten

Voorbeelden:

1. anhydriet	CaSO_4	Polen
2. anhydriet	CaSO_4	La Mure, Isère, Frankrijk
3. anhydriet	CaSO_4	Hall, Oostenrijk
4. anglesiet	PbSO_4	Tunesië
5. bariet	BaSO_4	Saksen, Duitsland
6. bariet	BaSO_4	Californië, USA
7. bariet op malachiet	BaSO_4	Shaba, Zaïre
8. bariet	BaSO_4	Californië, USA
9. bariet	BaSO_4	
10. bariet	BaSO_4	
11. bariet	BaSO_4	Felsöbanya, Roemenië
12. bariet	BaSO_4	
13. brochantiet	$\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6$	Mibladen, Marokko
14. chalcantiet	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Chili
15. aluminiet	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)(\text{OH})_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Newhaven, Sussex, Groot-Brittannië
16. celestiet	SrSO_4	Utah, USA
17. celestiet	SrSO_4	Tamarsa, Tunesië
18. celestiet en zwavel	SrSO_4	Agrigento, Sicilië, Italië
19. celestiet	SrSO_4	Racalmato, Sicilië, Italië
20. gips	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Almeria, Spanje
21. gips	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	
22. gips	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Algerije
23. gips	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Baden, Oostenrijk
24. gips	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Lubin, Polen
25. gips	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	La Mure, Isère, Frankrijk
26. gips	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Zuid-Australië
27. gips	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Marokko
28. gips	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Catalayud, Spanje
29. gips (albast)	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Sicilië, Italië
30. gips op calcië	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Agrigento, Sicilië, Italië
31. gips en zwavel	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Lubin, Polen

Molybdaten en chromaten

Voorbeelden:

1. crocoiet	PbCrO_4	Beresov, Oeral, USSR
2. wulfeniet	PbMoO_4	Los Lamentos, Mexico
3. wulfeniet	PbMoO_4	Mibladen, Marokko
4. wulfeniet	PbMoO_4	Bleiberg, Oostenrijk

Wolframaten

Voorbeelden:

1. scheeliet	CaWO_4	Rio Grande do Norte, Brazilië
2. wolframiet en kwarts	$(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$	Adun Tschilon, USSR
3. wolframiet	$(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$	Zinnwald, Saksen, Duitsland
4. hubneriet	MnWO_4	La Libertad, Peru

31. Fosfaten, arsenaten en vanadaten.

Het zijn mineralen gekenmerkt door een groep van 4 zuurstofatomen (ionen) O, geplaatst op de hoeken van een tetraëder rond de vijfwaardige elementen fosfor P, arseen As of vanadium V. Ze kunnen opgevat worden als zouten van de zuren triwaterstoffosfaat H_3PO_4 , triwaterstofarsenaat H_3AsO_4 of triwaterstofvanadaat H_3VO_4 . Enige fosfaten komen voor in stollingsgesteenten (pegmatieten), andere ontstaan door verwerking en komen voor in afzettingsgesteenten.

Fosfaten

Voorbeelden:

1. cornetiet	$\text{Cu}_3(\text{PO}_4)(\text{OH})_3$	Shaba, Zaïre
2. cornetiet	$\text{Cu}_3(\text{PO}_4)(\text{OH})_3$	Shaba, Zaïre
3. alluaudiet	$\text{NaMnFe}_2(\text{PO}_4)_3$	Buranga, Rwanda
4. libetheniet	$\text{Cu}_2(\text{PO}_4)(\text{OH})$	Shaba, Zaïre
5. delvauxiet	$\text{CaFe}_4(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_8 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Seilles, België
6. delvauxiet	$\text{CaFe}_4(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_8 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Seilles, België
7. diadochiet	$\text{Fe}_2(\text{PO}_4)(\text{SO}_4)(\text{OH}) \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Vysocny, Bohemen, Tsjechoslovakije
8. diadochiet	$\text{Fe}_2(\text{PO}_4)(\text{SO}_4)(\text{OH}) \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Nucice, Tsjechoslovakije
9. turkoois	$\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Arizona, USA
10. turkoois	$\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Arizona, USA
11. turkoois	$\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	New Mexico, USA
12. wavellet	$\text{Al}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Bilin, Bohemen, Tsjechoslovakije
13. wavellet	$\text{Al}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Trenice, Bohemen, Tsjechoslovakije
14. wavellet	$\text{Al}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Arkansas, USA
15. wavellet	$\text{Al}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Arkansas, USA
16. apatiet	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$	Renfrew, Canada
17. apatiet	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$	Renfrew, Canada
18. apatiet	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$	Durango, Mexico
19. apatiet	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$	
20. apatiet	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$	Minas Gerais, Brazilië
22. apatiet	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$	Templeton, Canada
21. vivianiet	$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Kertsch, USSR
23. vivianiet	$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Anloa, Kameroen
24. vivianiet	$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Kivu, Zaïre
25. varisciet	$\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Fairfield, Utah, USA
26. varisciet en crandalliet	$\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Fairfield, Utah, USA
27. anapaïet	$\text{CaAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$	
	$\text{Ca}_2\text{Fe}(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Prats Sampor, Spanje

28. amblygoniet	$(\text{Li}, \text{Na})\text{Al}(\text{PO}_4)(\text{F}, \text{OH})$	Buranga, Rwanda
29. pseudo-malachiet	$\text{Cu}_5(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Shaba, Zaïre
30. crandalliet	$\text{CaAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Blaton, België
31. crandalliet	$\text{CaAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Blaton, België
32. crandalliet	$\text{CaAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Blaton, België
33. crandalliet	$\text{CaAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Blaton, België
34. brazilianiet	$\text{NaAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4$	Minas Gerais, Brazilië
35. brazilianiet	$\text{NaAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4$	Madagascar
36. monaziet	CePO_4	Iveland, Zweden
37. monaziet	CePO_4	Madagascar
38. xenotiem	YPO_4	Frøderikshavn, Noorwegen
39. xenotiem	YPO_4	Iveland, Zweden
40. fosfosideriet en purpuriet	$\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{PO}_4$	Buranga, Rwanda
41. pyromorfiet	$\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$	Cumberland, Groot-Brittannië
42. pyromorfiet	$\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$	
43. pyromorfiet	$\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$	
44. pyromorfiet en bariet	$\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$	Corrèze, Frankrijk
45. pyromorfiet	$\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$	Touissit, Marokko
46. pyromorfiet	$\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$	Ciudad Real, Spanje

Arsenaten

Voorbeelden:

47. erythriet	$\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Bou Azzer, Marokko
48. erythriet	$\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Bou Azzer, Marokko
49. erythriet	$\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Queensland, Australië
50. scorodiet	$\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Djebel Debar, Algerije
51. adamiet	$\text{Zn}_2(\text{AsO}_4)(\text{OH})$	Mapimi, Mexico
52. mimetiet	$\text{Pb}_5(\text{AsO}_4)_3\text{Cl}$	Groot-Brittannië
53. mimetiet	$\text{Pb}_5(\text{AsO}_4)_3\text{Cl}$	Cumberland, Groot-Brittannië
54. mimetiet	$\text{Pb}_5(\text{AsO}_4)_3\text{Cl}$	Cornwall, Groot-Brittannië
55. mimetiet	$\text{Pb}_5(\text{AsO}_4)_3\text{Cl}$	

Vanadaten

Voorbeelden:

56. descloiziet	$\text{PbZn}(\text{VO}_4)(\text{OH})$	Tsumeb, Namibië
57. vanadiniet	$\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$	Silver District, Arizona, USA
58. vanadiniet	$\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$	Tucson, Arizona, USA
59. vanadiniet	$\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$	Mibladen, Marokko
60. vanadiniet	$\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$	Mibladen, Marokko

32. Grote exemplaren sulfiden, halogeniden, carbonaten, sulfaten, molybdaten, wolframaten, fosfaten en vanadaten.

- sfaleriet (samen met pyrrhotiet, pyriet, galeniet, calciet en dolomiet)	ZnS	Trepca, Joegoslavië
---	--------------	---------------------

- fluoriet (samen met galeniet en kwarts)	CaF_2	Alston, Cumberland, Groot-Brittannië
- calciet	CaCO_3	Mexico
- calciet	CaCO_3	Mexico
- calciet (skalenoëder)	CaCO_3	Tennessee, USA
- calciet	CaCO_3	La Luz, Guanajuato, Mexico
- ankeriet	$\text{Ca}(\text{Fe}, \text{Mg})(\text{CO}_3)_2$	Stolzberg, GH Luxemburg
- malachiet	$\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$	Shaba, Zaïre
- gips (kristal)	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Rhodope, Macedonië, Griekenland
- wulfeniet	PbMoO_4	Mibladen, Marokko
- hubneriet (samen met kwarts)	MnWO_4	Peru
- apatiet (met roze calciet)	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$	Canada
- vanadinit	$\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$	Mibladen, Marokko

33 tot 38. Silicaminen en silicaten.

Deze mineralen zijn hoofdzakelijk gevormd door een koppeling van (SiO_4) -groepen. Andere chemische elementen, zoals Na, K, Mg, Ca, Fe en Al worden op een bepaalde wijze ingebouwd in het kristalrooster van de silicaten. De silicaten maken ongeveer 40% uit van alle mineraalsoorten en ze vormen, samen met kwarts, 90% van de aardkorst. Kwarts en silicaten zijn gesteentevormende mineralen bij uitstek.

33. Silicaminen.

In deze groep zijn de mineralen ondergebracht die samengesteld zijn uit siliciumdioxide (silica) SiO_2 , al dan niet met water gebonden. Ze zijn gekristalliseerd of niet gekristalliseerd (amorf).

De gekristalliseerde mineralen, alle gekenmerkt door dezelfde formule SiO_2 , zijn kwarts, tridymiet en cristobaliet. Kwarts kan op zijn beurt **grofkristallijn** (macrokristallijn) zijn, met o.m. de variëteiten bergkristal (glashelder, kleurloos), roze kwarts, citrien (geel), rookkwarts (donkerbruin tot zwart), amethyst (paars), melkkwarts (wit), ijzerkiesel of hematoïde kwarts (rood).

Voorbeelden van macrokristallijne kwarts:

1. citrien	
2. citrien	Minas Gerais, Brazilië
3. melkkwarts	
4. melkkwarts (aderkwarts)	
5. melkkwarts	Brazilië
6. hematoïde kwarts (ijzerkiesel)	
7. rookkwarts	St.-Gotthard, Zwitserland
8. rookkwarts	Alpen
9. bergkristal	
10. amethyst	Guanajuato
11. roze kwarts	Montevideo, Uruguay
12. roze kwarts	Zuid-Dakota, USA
13. bergkristal	Peru
14. zwarte kwarts (morion)	Minas Gerais, Brazilië
15. amethyst	Brazilië
16. amethyst	Siberië, USSR
17. amethyst	Chemnitz, Duitsland

- | | |
|-----------------|------------------------|
| 18. bergkristal | |
| 19. bergkristal | Minas Gerais, Brazilië |
| 20. bergkristal | Arkansas, USA |

Kwarts kan ook **fijnkristallijn** (microkristallijn) zijn en wordt dan chalcedoon genoemd, met o.m. de variëteiten: agaat (gelaagd, veelkleurig), jaspis (rood), chrysopraas (groen), heliotroop (donkergroen met rode stippen), silex, tijgeroog (geelbruin) en, gedeeltelijk, verkiezeld hout.

Voorbeelden van **microkristallijne kwarts of chalcedoon**:

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1. chrysopraas | |
| 2. chrysopraas | Silesië, Polen |
| 3. rode chalcedoon | |
| 4. chrysopraas | |
| 5. jaspis | Zuid-Afrika |
| 6. tijgeroog | Zuid-Afrika |
| 7. chalcedoon | |
| 8. chalcedoon en bergkristal | |
| 9. knollige chalcedoon | D o u b r a v i c e ,
Tsjechoslovakije |
| 10. chalcedoon | Champigny, Frankrijk |
| 11. heliotroop | Brazilië |
| 12. jaspis | Sardinië, Italië |
| 13. karneool | Rivier Tulduna, USSR |
| 14. silex | Obourg, België |
| 15. jaspis | Mali, Afrika |
| 16. jaspis | |
| 17. gesilificeerd fossiel hout | Madagascar |
| 18. agaat | Uruguay |
| 19. agaat en bergkristal | Brazilië |
| 20. agaat en bergkristal | |

Tridymiet SiO_2 komt voor als kleine kristallen in holten van bepaalde vulkanische gesteenten.

Voorbeeld:

- | | |
|---------------------------|-----------------|
| 21. tridymiet op rhyoliet | Sicilië, Italië |
|---------------------------|-----------------|

Cristobaliet SiO_2 komt eveneens voor als bolletjes in holten van bepaalde vulkanische gesteenten.

Voorbeeld:

- | | |
|-----------------------------------|-----------------|
| 22. cristobaliet op een obsidiaan | Californië, USA |
|-----------------------------------|-----------------|

Kwarts is een van de meest voorkomende mineralen en wordt gevormd onder zeer uiteenlopende voorwaarden. Tridymiet en cristobaliet zijn eerder zeldzaam.

De **niet-gekrystalliseerde** of **amorfe** mineralen van de groep zijn lechatelieriet SiO_2 en opaal $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ met o.m. zijn variëteiten hyaliet, geyseriet en, gedeeltelijk, verkiezeld hout.

Opaal $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ wordt gevormd op lage temperatuur, als afzetting uit silicahoudende oplossingen.

Voorbeelden:

- | | |
|-------------------------------|-----------------------|
| 21. opaal | |
| 22. opaal | |
| 23. edelopaal | Queensland, Australië |
| 24. opaal | |
| 25. opaal | Tsjechoslovakije |
| 26. opaal (hyaliet) op basalt | Tsjechoslovakije |
| 27. opaal (geyseriet) | Nieuw-Zeeland |

Lechatelieriet SiO_2 is gesmolten silica gevormd onder invloed van de bliksem. Het mineraal komt voor in fulgurieten gevonden op bergtoppen en vooral in bliksembuizen gevonden in zand. Deze kunnen ettelijke meter lang zijn.

Voorbeeld:

- | | |
|----------------------------------|------------------|
| 28. lechatelieriet (bliksembuis) | Starcynow, Polen |
|----------------------------------|------------------|

33A en 33B. Grote kwartsspecimens.

Vitrine 33A:

- geode bekleed met amethistkristallen voorkomend in basaltlava, Rio Grande do Sul, Brazilië
- vensterkwarts
- bergkristal

Vitrine 33B toont:

- | | |
|--|------------------------|
| - groep glasheldere kwarts kristallen (bergkristal) | Minas Gerais, Brazilië |
| - chalcedoon | Wyoming, USA |
| - gepolijste agaatschijf met bergkristal in het midden | Brazilië |

34. Rangschikking van de silicaten.

De rangschikking van de silicaatmineralen is gesteund op zes koppelingwijzen van (SiO_4) -groepen in het kristalrooster (Fig. 18). De SiO_4 -groep vormt een tetraëder met vier zuurstof(O)-atomen (ionen) op de hoekpunten en één silicium(Si)-aatom (ion) in het midden binnenin.

De silicaten worden ingedeeld in:

- **nesosilicaten** (grieks nesos: eiland), waarvan de kristalstructuur gekenmerkt is door **afzonderlijke** tetraëders. De verhouding Si:O is 1:4.

Voorbeelden:

- | | |
|-----------------------|--|
| - granaat (almandien) | $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ |
| - distheen | $\text{Al}_2\text{O}(\text{SiO}_4)$ |

- **sorosilicaten** (grieks soros: hoop, opeenhoping), waarvan de kristalstructuur gekenmerkt is door een **groep** van twee tetraëders die één hoekpunt gemeen hebben. De verhouding Si:O is 2:7.

Voorbeelden:

- | | |
|---------------|--|
| - epidoot | $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})\text{Al}_2\text{O}(\text{OH})(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)$ |
| - hemimorfiet | $\text{Zn}(\text{OH})_2(\text{Si}_2\text{O}_7) \cdot \text{H}_2\text{O}$ |

- **cyclosilicaten** (grieks cyclos: ring), waarvan de atoomstructuur gekenmerkt is door tetraëders in een ring met mekaar verbonden, waarbij iedere tetraëder telkens met twee andere een hoekpunt gemeen heeft. De ringen kunnen bestaan uit drie, vier of zes tetraëders. De verhouding Si:O is 1:3.

Voorbeelden:

- toermalijn	$\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{Al}_6(\text{OH})_4(\text{BO}_3)_3(\text{Si}_6\text{O}_{18})$
- benitoiet	$\text{BaTiSi}_3\text{O}_9$
- axiniet	$\text{Ca}_2(\text{Fe}, \text{Mg})\text{Al}_2(\text{OH})(\text{BO}_3)_3(\text{Si}_4\text{O}_{12})$
- beryl	$\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$
- dioptaas	$\text{Cu}_6(\text{Si}_6\text{O}_{18}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

- **inosilicaten** (grieks inos: ketting), waarvan de kristalstructuur gekenmerkt is door tetraëders samengevoegd tot een ketting, die énkelvoudig of dubbel kan zijn. In het geval van een **enkelvoudige ketting** heeft iedere tetraëder twee hoekpunten gemeen en is de verhouding Si:O 1:3. In het geval van een **dubbele ketting** hebben de tetraëders achtereenvolgens twee en drie hoekpunten gemeen en is de verhouding Si:O 4:11.

De enkelvoudige ketting komt voor bij de **pyroxenen**, b.v. diopsied $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$. De dubbele ketting komt voor bij de **amfibolen**, b.v. tremoliet $\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{OH})_2(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2$.

- **fylosilicaten** (grieks phyllos: blad) waarvan de kristalstructuur gekenmerkt is door tetraëders die aan elkaar gekoppeld zijn in een vlak. De verhouding Si:O is 4:10.

Voorbeelden:

- kaoliniet	$\text{Al}_2(\text{OH})_4(\text{Si}_2\text{O}_5)$
- pyrophylliet	$\text{Al}(\text{OH})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})$
- apofylliet	$\text{KCa}_4(\text{F}, \text{OH})(\text{Si}_4\text{O}_{10})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
- talk	$\text{Mg}_3(\text{OH})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})$
- glimmers of micas:	
- muscoviet	$\text{KAl}_2(\text{OH}, \text{F})_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})$
- biotiet	$\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{OH}, \text{F})_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})$
- lepidoliet	$\text{KLi}_2\text{Al}(\text{OH}, \text{F})_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})$

- **tectosilicaten** (grieks tectoneia: netwerk), waarvan de kristalstructuur gekenmerkt is door tetraëders die alle aan elkaar gekoppeld zijn in een **driedimensionaal rooster**. De verhouding Si:O is 1:2.

Voorbeelden:

- stilbiet	$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{18}) \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
- veldspaten:	
- orthoklaas	$\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$
- orthoklaas (adulaar)	$\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$
- sanidien	$\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$
- albiet	$\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$

Aluminium (Al) kan silicium (Si) gedeeltelijk vervangen, o.m. bij zekere fylosilicaten en tectosilicaten. Vergelijk de verhouding Al + Si: O.

Kwarts SiO_2 vertoont ook de koppelingswijze der SiO_4 -tetraëders zoals bij de tectosilicaten te zien is. De verhouding Si:O is trouwens 1:2.

In de silicaten treden ook elementen op zoals K, Na, Ca, Mg, Al, Fe, enz. Zij worden in het kristalrooster zodanig ingebouwd dat voldaan wordt aan de chemische valenties om de neutraliteit van het geheel te waarborgen. De chemische samenstelling van de silicaten kan zeer complex zijn.

Een model van de kristalstructuur van **muscoviet** $KAl_2(OH,F)_2(AlSi_3O_{10})$ (een glimmer of mica in de groep der fyllosilicaten) toont de periodiciteit van opeenvolgende lagen K-O-Si-O, OH-Al-O, OH-Si-O-K. Deze opvallende stapeling in evenwijdige lagen verleent aan het mineraal zijn typische bladerigheid en zijn gemakkelijke splijtbaarheid.

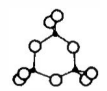
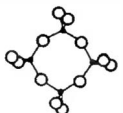
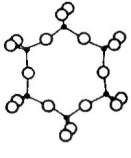
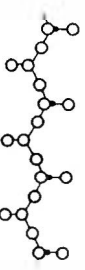
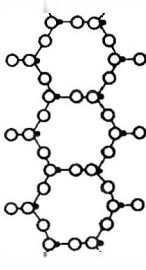
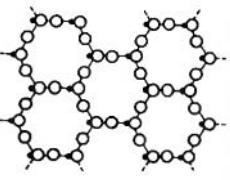
NEO-SILICATEN	SORO-SILICATEN	CYCLOSILICATEN	INOSILICATEN	FYLLOSILICATEN	TECTOSILICATEN
		  	 		

Fig. 18: Structurele rangschikking van de silicaten.

34A en 34B. Silicaatmineralen in gesteenten.

Deze twee vitrines tonen kristallen van silicaten ingesloten in het gesteente. Vitrine 34A toont **stauroliet** $Fe_2Al_9O_7(SiO_4)_4(OH)$ (een nesosilicaat) ingebed in een micaschist (metamorfe gesteente) afkomstig van Kerzest-en-Coray, Finistère, Bretagne, Frankrijk. Vitrine 34B toont **granaat**, variëteit almandien $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$ (eveneens een nesosilicaat) ingebed in een chlorietschist (metamorfe gesteente) afkomstig van Donnersbach, Stiermarken, Oostenrijk.

35 A-B-C. Merkwaardige specimens van silicaten.

Deze drie vitrines tonen enige grote specimens van silicaatmineralen:

- distheen (neosilicaat)	$Al_2O(SiO_4)$	Minas Gerais, Brazilië
- actinoliet (inosilicaat)	$Ca_2(Mg,Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$	Zweden
- spodumeen (inosilicaat)	$LiAlSi_2O_6$	Manono, Zaïre
- tremoliet (asbest) (inosilicaat)	$Ca_2(Mg,Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$	Marokko
- muscoviet (inosilicaat)	$KAl_2(AlSi_3)O_{10}(OH,F)_2$	Marokko
- muscoviet (fyllosilicaat)	$KAl_2(AlSi_3)O_{10}(OH,F)_2$	Brazilië
- muscoviet (fyllosilicaat)	$KAl_2(AlSi_3)O_{10}(OH,F)_2$	Brazilië

- biotiet (fyllosilicaat) en orthoklaas (tectosilicaat)	$K(Mg,Fe)_3(AlSi_3)O_{10}(OH,F)_2$ $KAlSi_3O_8$	Madagascar
- apofylliet (glasachtige kristallen) (fyllosilicaat) en stilbiet (tectosilicaat)	$KCa_4(Si_8O_{20})(OH,F) \cdot 8H_2O$	Poona, Indië
- apofylliet (fyllosilicaat) en stilbiet (plaatjes (tectosilicaat) op kwarts	$Ca(Al_2Si_7O_{18}) \cdot 7H_2O$ $KCa_4(Si_8O_{20})(OH,F) \cdot 8H_2O$ $Ca(Al_2Si_7O_{18}) \cdot 7H_2O$	Poona, Indië
- stilbiet (tectosilicaat)	SiO_2 $Ca(Al_2Si_7O_{18}) \cdot 7H_2O$	Poona, Indië
- stilbiet (plaatjes) (tectosilicaat) en heulandiet (roze) (tectosilicaat)	$Ca(Al_2Si_7O_{18}) \cdot 7H_2O$ $Ca(Al_2Si_7O_{18}) \cdot 6H_2O$	Deccan Trap, Indië
- sodaliet (tectosilicaat)	$Na(Al_3Si_3O_{12})Cl$	Minas Gerais, Brazilië
- orthoklaas (tectosilicaat)	$KAlSi_3O_8$	Mursinsk, Perm, USSR
- albiet (tectosilicaat) en kwarts	$NaAlSi_3O_8$ SiO_2	Minas Gerais, Brazilië
- labradoriet (tectosilicaat)	$(Ca,Na)Al(Al,Si)Si_2O_8$	Siberië, USSR

36. Nesosilicaten en sorosilicaten.

Nesosilicaten

Voorbeelden:

1. andalusiet	Al_2OSiO_4	Tirol, Oostenrijk
2. andalusiet (chiastoliet)	Al_2OSiO_4	Rwanda
3. brauniet	$Mn^{2+}Mn_6^{4+}O_8(SiO_4)$	Thuringen, Duitsland
4. datoliet	$CaBSiO_4(OH)$	Mexico
5. datoliet	$CaBSiO_4(OH)$	Mexico
6. datoliet	$CaBSiO_4(OH)$	New Jersey, USA
7. distheen	Al_2OSiO_4	Minas Gerais, Brazilië
8. dumortieriet	$Al_7(BO_3)(SiO_4)_3O_3$	Madagascar
9. gadolinit	$Y_2FeBe_2O_2(SiO_4)_2$	Zuid-Afrika
10. granaat (almandien)	$Fe_3Al_2(SiO_4)_3$	Morales, Mexico
11. granaat (andradiet)	$Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$	Arizona, USA
12. granaat (andradiet)	$Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$	Val Malenco, Italië
13. granaat (demantoied) (andradiet)	$Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$	Banat, Roemenië
14. granaat (verweerd)	$Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$	Colorado, USA
15. howliet	$Ca_2B_5O_5SiO_4(OH)_5$	Californië, USA
16. olivien	$(Mg,Fe)_2SiO_4$	Arizona, USA
17. olivien (peridoot)	$(Mg,Fe)_2SiO_4$	Mexico
18. papagoiet (nu ingedeeld bij de cyclosilicaten)	$CaCuAlH_2(SiO_4)_2OH$ $CaCuAlSi_2O_6(OH)_3$	Arizona, USA
19. fenakiet	Be_2SiO_4	Noorwegen
20. sillimaniet	Al_2OSiO_4	Namibië
21. stauroliet	$Fe_2Al_9O_7(SiO_4)_4(OH)$	Bretagne, Frankrijk
22. stauroliet (door- kruisingstweeling)	$Fe_2Al_9O_7(SiO_4)_4(OH)$	Bretagne, Frankrijk
23. titaniet	$CaTiOSiO_4$	Kola, USSR
24. topaas	$Al_2SiO_4(OH,F)_2$	Minas Gerais, Brazilië
25. zirkoon	$ZrSiO_4$	Noorwegen
26. zirkoon	$ZrSiO_4$	Luesha, Kivu, Zaïre

Sorosilicaten

Voorbeelden:

1. allaniet	$(\text{Ce,Ca,Y})_2\text{Al}_2\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_3(\text{Si}_2\text{O}_7)\text{OH}$	Ontario, Canada
2. epidoot	$\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})\text{Al}_2\text{O}(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)\text{OH}$	Tirol, Oostenrijk
3. hemimorfiet	$\text{ZnSi}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Sardinië, Italië
4. hemimorfiet	$\text{ZnSi}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	
5. hemimorfiet	$\text{ZnSi}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Mapimi
6. piemontiet	$\text{Ca}_2\text{Al}_2(\text{Mn,Fe})\text{O}(\text{SiO}_4)_2(\text{Si}_2\text{O}_7)\text{OH}$	Piëmont, Italië
7. vesuvianiet	$\text{Ca}_{10}\text{Mg}_2\text{Al}_4(\text{SiO}_4)_5(\text{Si}_2\text{O}_7)_2(\text{OH})_4$	Sonora, Mexico
8. vesuvianiet	$\text{Ca}_{10}\text{Mg}_2\text{Al}_4(\text{SiO}_4)_5(\text{Si}_2\text{O}_7)_2(\text{OH})_4$	Cheb(Eger), Tsjechoslovakije
9. vesuvianiet	$\text{Ca}_{10}\text{Mg}_2\text{Al}_4(\text{SiO}_4)_5(\text{Si}_2\text{O}_7)_2(\text{OH})_4$	Slatost, USSR
10. zoisiet	$\text{Ca}_2\text{Al}_3\text{O}(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)\text{OH}$	Petropavlovsk, USSR

37. Cyclosilicaten en inosilicaten.

Cyclosilicaten of ringsilicaten

Voorbeelden:

1. dioptas	$\text{CuSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Tantara, Zaïre
2. eudialiet	$(\text{Na,Ca,Ce})_6(\text{Mn,Fe,Y})_6\text{Zr}(\text{Si}_3\text{O}_9)_2(\text{OH,Cl})$	Kola, USSR
3. sugiliet	$(\text{K,Na})(\text{Na,Fe})_2(\text{Li,Fe})\text{Si}_{12}\text{O}_{30}$	Hotazel, Zuid-Afrika
4. axiniet	$\text{Ca}_2(\text{Fe,Mg})\text{Al}_2(\text{BO}_3)_3\text{Si}_4\text{O}_{12}(\text{OH})$	
5. neptuniet	$\text{KNa}_2\text{Li}(\text{Fe,Mn})_2\text{Ti}_2\text{Si}_8\text{O}_{24}$	Californië, USA
6. beryl	$\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$	Virginia, USA
7. beryl (smaragd)	$\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$	Muzo, Colombië
8. beryl (smaragd)	$\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$	Minas Gerais, Brazilië
9. beryl (aquamarijn)	$\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$	Adun Tschilon, USSR
10. toermalijn (draviet)	$\text{NaMg}_3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{OH})_4$	New York, USA
11. toermalijn (schorliet)	$\text{NaFe}_3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{OH})_4$	Minas Gerais, Brazilië
12. toermalijn (schorliet)	$\text{NaFe}_3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{OH})_4$	Minas Gerais, Brazilië
13. toermalijn (schorliet)	$\text{NaFe}_3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{OH})_4$	Minas Gerais, Brazilië
(massief en vezelig) op albiet		
14. toermalijn (elbaïet)	$\text{Na}(\text{Li,Al})_3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{OH})_4$	Californië, USA
(variëteit rubelliet)		
15. toermalijn (elbaïet)	$\text{Na}(\text{Li,Al})_3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{OH})_4$	Minas Gerais, Brazilië

Inosilicaten of kettingsilicaten

Deze groep bevat twee belangrijke families: pyroxenen en amfibolen.

Pyroxenen

Voorbeelden:

1. augiet	$(\text{Ca,Na})(\text{Mg,Fe,Al,Ti})(\text{Al,Si})_2\text{O}_6$	Bohemen, Tsjechoslovakije
2. aegeriet	$\text{NaFeSi}_2\text{O}_6$	Kola, USSR
3. hedenbergiet	$\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$	New York, USA
4. hedenbergiet	$\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$	Nordmarken, Zweden
5. hedenbergiet	$\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$	

6. spodumeen	$\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$	Nuristan, Afganistan
7. spodumeen (variëteit kunziet)	$\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$	Minas Gerais, Brazilië
8. spodumeen	$\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$	Sonora, Mexico
9. diopsied	$\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$	Baikalmeer, USSR
10. diopsied	$\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$	Quebec, Canada
11. diopsied	$\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$	Madagascar

Amfibolen

Voorbeelden:

12. hoornblende	$\text{Ca}(\text{Fe},\text{Mg})_4\text{Al}(\text{AlSi}_7)\text{O}_{22}(\text{OH},\text{F})_2$	Rwanda
13. hoornblende	$\text{Ca}(\text{Fe},\text{Mg})_4\text{Al}(\text{AlSi}_7)\text{O}_{22}(\text{OH},\text{F})_2$	
14. actinoliet	$\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Noorwegen
15. actinoliet	$\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Moravië, Tsjechoslovakije
19. actinoliet	$\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Tirol, Oostenrijk
16. pargasiet	$\text{NaCa}_2(\text{Fe},\text{Mg})_4\text{Al}(\text{Al}_2\text{Si}_6)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Pargas, Finland
17. anthofylliet	$(\text{Mg},\text{Fe})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Zuid-Afrika
18. glaucofaan	$\text{Na}_2(\text{Mg},\text{Fe})_3\text{Al}_2\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Piëmont, Italië
20. tremoliet (vezelige variëteit: asbest)	$\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Minas Gerais, Brazilië
21. riebeckiet (variëteit crocodiliet)	$\text{Na}_2(\text{Fe},\text{Mg})_3\text{FeSi}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Zuid-Afrika

Verschillende inosilicaten

Voorbeelden:

23. pectoliet	$\text{NaCa}_2\text{H}(\text{Si}_3\text{O}_9)$	
24. pectoliet	$\text{NaCa}_2\text{H}(\text{Si}_3\text{O}_9)$	New Jersey, USA
25. wollastoniet	CaSiO_3	Tsjechoslovakije
26. rhodoniet	$(\text{Mn},\text{Fe},\text{Mg},\text{Ca})\text{SiO}_3$	Australië
27. rhodoniet	$(\text{Mn},\text{Fe},\text{Mg},\text{Ca})\text{SiO}_3$	Guanajuato, Mexico

38. Fyllosilicaten en tectosilicaten.

Fyllosilicaten

Deze groep bevat de zeer belangrijke familie van de micas of glimmers, kleimineralen en verschillende bladerige mineralen.

Micas of glimmers

Voorbeelden:

1. muscoviet	$\text{KAl}_6(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$	Minas Gerais, Brazilië
2. muscoviet	$\text{KAl}_6(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$	
3. biotiet	$\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$	
4. lepidoliet	$\text{KLi}_2\text{Al}(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$	Manitoba, Canada
5. zinnwaldiet	$\text{KLiFeAl}(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$	Cinovec, Tsjechoslovakije

Andere fyllosilicaten

1. antigoriet	$(\text{Mg,Fe})_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$	Canada
2. apofylliet	$\text{KCa}_4(\text{Si}_8\text{O}_{20})(\text{OH,F}) \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Sao Paolo, Brazilië
3. apofylliet	$\text{KCa}_4(\text{Si}_8\text{O}_{20})(\text{OH,F}) \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Deccan Trap, Indië
4. apofylliet	$\text{KCa}_4(\text{Si}_8\text{O}_{20})(\text{OH,F}) \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Deccan Trap, Indië
5. charoiet	$(\text{K,Na})_5(\text{Ca,Ba,Sr})_8(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{Si}_6\text{O}_{15})_2(\text{OH,F})$	Irkoetsk, USSR
6. chrysocol	$(\text{Cu,Al})_2\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Likasi, Zaïre
7. chrysotiel	$\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	Filippijnen
8. chrysotiel	$\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	Canada
9. chloriet (clinohloor)	$(\text{Mg,Fe})_5\text{Al}(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_8$	Bohemen, Tsjechoslovakije
10. chloriet (clinohloor)	$(\text{Mg,Fe})_5\text{Al}(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_8$	New York, USA
11. garnieriet	$\text{Ni}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	Nieuw-Caledonië
12. gyroliet	$\text{Na}(\text{Ca,Mg,Fe})_{16}(\text{Al,Si})_{24}\text{O}_{60}(\text{OH})_7 \cdot 15\text{H}_2\text{O}$	Deccan Trap, Indië
13. kaoliniet (kleimineraal)	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	Australië
14. okeniet	$\text{Ca}_{10}\text{Si}_{18}\text{O}_{45} \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	Deccan Trap, Indië
15. palygorskiet	$(\text{Mg,Al})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Segovia, Spanje
16. prehniet	$\text{Ca}_2\text{Al}(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	Indië
17. prehniet	$\text{Ca}_2\text{Al}(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	Indië
18. pyrofylliet	$\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	Vielsalm, België
19. sepioliet (meerschuur)	$\text{Mg}_4\text{Si}_6\text{O}_{15}(\text{OH})_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Anatolië, Turkije
20. serpentijn	$(\text{Mg,Fe})_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$	Snarum, Noorwegen
21. talk	$\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	Oberstubachtal, Oostenrijk

Tectosilicaten

Deze groep bevat verscheidene families, waaronder veldspaten, veldspatoïden en zeolieten

Voorbeelden:

1. orthoklaas	KAlSi_3O_8	Strzegom, Polen
en rookkwarts	SiO_2	
2. orthoklaas	KAlSi_3O_8	
en kwarts	SiO_2	
3. orthoklaas	KAlSi_3O_8	Tirol, Oostenrijk
(variëteit adulaar)		
4. mikroklien	KAlSi_3O_8	Colorado, USA
5. sanidien	KAlSi_3O_8	Drachenfels, Duitsland
6. albiet	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	Minas Gerais, Brazilië
7. labradoriet		Noorwegen
8. oligoklaas		Noorwegen

De laatste drie mineralen zijn **plagioklasen**. Deze vormen een reeks tussen de eindtermen natriumveldspaat (albiet $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) en calciumveldspaat (anorthiet $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$). Labradoriet en oligoklaas hebben een samenstelling gelegen tussen deze van albiet en anorthiet.

Veldspatoïden of veldspaatvervangers

Voorbeelden:

1. leuciet	KAlSi_2O_6	Vesuvius, Italië
2. leuciet	KAlSi_2O_6	Vesuvius, Italië
3. danburiet	$\text{Ca}(\text{BSiO}_4)_2$	USSR

4.	lazuriet (variëteit lapis lazuli)	$(\text{Na,Ca})_8(\text{SO}_4,\text{S},\text{Cl})_2(\text{AlSiO}_4)_6$	Afghanistan
5.	sodaliet	$\text{Na}_8\text{Cl}_2(\text{AlSiO}_4)_6$	

Zeolieten

Voorbeelden:

1.	analciet	$\text{NaAlSi}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Bolzano, Italië
2.	clinoptiloliet	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{18} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Tsjechoslovakije
3.	harmotoom	$\text{BaAl}_2\text{Si}_6\text{O}_{16} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Harz, Duitsland
4.	heulandiet en stilbiet	$\text{CaAl}_2\text{Si}_7\text{O}_{18} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ $\text{CaAl}_2\text{Si}_7\text{O}_{18} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Deccan Trap, Indië
5.	heulandiet	$\text{CaAl}_2\text{Si}_7\text{O}_{18} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	
6.	natroliet	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Bohemen, Tsjechoslovakije
7.	scoleciet	$\text{CaAl}_2\text{Si}_3\text{O}_{10} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Poona, Indië
8.	stilbiet	$\text{CaAl}_2\text{Si}_7\text{O}_{18} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Deccan Trap, Indië
9.	stilbiet	$\text{CaAl}_2\text{Si}_7\text{O}_{18} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Deccan Trap, Indië

Ander tectosilicaat

1.	scapoliet	$(\text{Na,Ca})(\text{Cl}_2,\text{SO}_4,\text{CO}_3)(\text{AlSi}_3\text{O}_8)_6$	Massachusetts, USA
----	-----------	--	--------------------

1. <u>Meteorieten</u>	4
2. <u>Meteorieten</u> (vervolg)	6
3. <u>Maangesteenten.</u>	7
4. <u>Maan.</u>	9
5. <u>De Aarde.</u>	10
6. <u>De chemische samenstelling van de aarde.</u>	14
7. <u>Mineralen en gesteenten.</u>	14
8. <u>Voorkomen van mineralen.</u>	17
9. <u>Symmetrie.</u>	17
10. <u>Kristalrooster en kristalvorm.</u>	20
11. <u>Kleur.</u>	20
12. <u>Kleurwijzigingen.</u>	21
13. <u>Streep.</u>	21
14. <u>Glans.</u>	21
15. <u>Kristaloptica</u>	22
16. <u>Fluorescentie.</u>	23
17. <u>Hardheid en splijting.</u>	24
18. <u>Dichtheid, magnetisme, radioactiviteit.</u>	25
19. <u>Isorimorfie, polymorfie en pseudomorfie.</u>	26
21. <u>Onvolmaakte kristallen.</u>	28
22. - 23. - 24. <u>Aggregaten.</u>	30
25. - 26. <u>Elementen</u>	32
25. <u>Voorbeelden van elementen, uitgezonderd diamant:</u>	32
26. <u>Diamant</u>	32
27. <u>Sulfiden en arseniden.</u>	34
28. <u>Oxyden en arseniden.</u>	35
29. <u>Carbonaten.</u>	36
30. <u>Nitraten en boraten. Sulfaten, molybdaten, chromaten en wolframaten.</u>	37
31. <u>Fosfaten, arsenaten en vanadaten.</u>	39
32. <u>Grote exemplaren sulfiden, halogeniden, carbonaten, sulfaten, molybdaten, wolframaten, fosfaten en vanadaten.</u>	40
33 tot 38. <u>Silicamineralen en silicaten.</u>	41
33. <u>Silicamineralen.</u>	41
34. <u>Rangschikking van de silicaten.</u>	43
34A en 34B. <u>Silicaatmineralen in gesteenten.</u>	45
35 A-B-C. <u>Merkwaardige specimens van silicaten.</u>	45
36. <u>Nesosilicaten en sorosilicaten.</u>	46
37. <u>Cyclosilicaten en inosilicaten.</u>	47
38. <u>Fyllosilicaten en tectosilicaten.</u>	48

Fig. 1:	Gepolijst vlak van ijzermeteoriet, met Widmanstättenfiguren.	5
Fig. 2:	Meteorietinslagen in België.	6
Fig. 3:	Maanlandingen van 6 Amerikaanse (A) en van 3 Russische (L) ruimtevluchten.	8
Fig. 4:	Inwendige structuur van de aarde.	11
Fig. 5:	Atlantische rug op de oceaanbodem (A) en ouderdom van de bodemgesteenten (B).	13
Fig. 6:	Van atoom tot gesteente.	16
Fig. 7:	De symmetrie-elementen.	18
Fig. 8:	De 7 kristalstelsels.	19
Fig. 9:	Fluoriettweling.	20
Fig. 10:	Slijpplaatje in een graniet.	22
Fig. 11:	Heldere zoom rond korrels, voor meting van de brekingsindex.	22
Fig. 12:	Dubbelbreking, vooral zichtbaar in calciëet (rechts), minder in kwarts (links).	23
Fig. 13:	Splijtingen.	25
Fig. 14:	Dichtheidsmeting met de methode van dubbele weging.	26
Fig. 15:	Koolstofhoudende insluitels in andalusiet (variëteit: chiastoliet).	28
Fig. 16:	Ongelijke vlakkenontwikkeling in magnetietoctaëder.	29
Fig. 17:	Oorsprong van streping op kubusvlakken van pyriet.	29
Fig. 18:	Structurele rangschikking van de silicaten.	45

De tentoonstelling van mineralen, ontworpen door R. Van Tassel, is verwezenlijkt door het personeel van de afdeling Mineralogie en Petrografie en door leden van de groep voor museologie van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, onder de wetenschappelijke leiding van R. Van Tassel, ere-afdelingshoofd, en M. Deliëns, afdelingshoofd.

De Lotto heeft financieel bijgedragen.





Museum van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen

Mineralenzaal
17.001



0003071000016

3.00
121 BEF