

Afb. 14. Hawaii-eilandenrij met ouderdom in my. a. Ontstaan van vulkaan boven een hot spot (gloeipunt) op oceanische lithosfeerplaat, die van rechts naar links beweegt; b. vulkaan wordt slapend door verschuiven van de plaat, er ontstaat een nieuwe vulkaan (2); c. rifvorming rond het eiland (atol) en vorming van een nieuwe vulkaan (3); d. vulkaan zakt met oceanische lithosfeerplaat onder de zeespiegel weg en heeft geërodeerde platte kop (seamount). (Naar W.K. Hamblin, *The earth's dynamic systems*, 1975)

oceanische ruggen toch niet zo gemakkelijk kan veranderen in de vlakke, diep gelegen oceaانبodem op enige afstand van de ruggen. Onze kennis van de inwendige bouw van de oceaانبodem zou nog veel te oppervlakkig zijn om daarmee de gang van de verschillende processen te kunnen begrijpen. Ook van de grootte van de benodigde

horizontale krachten die op de lithosfeerplaten werken is nog veel te weinig bekend voor zulke vérgaande conclusies. Critici menen, dat slechts de problemen zijn verschoven. Plaatselijke verhitting en daardoor uitzetten en verminderde dichtheid lijken een plausible verklaring te geven, maar hoe groot zijn en tot hoe diep reiken de convectiecellen? Zijn er redenen om aan te nemen dat radio-actieve elementen ongelijkmatig in de mantel zijn verdeeld? Het beeld van de eiland-keten van de Hawaii-groep met de bewegende Pacific past keurig in de waarnemingen, maar er zijn andere eilandengroepen waar het beeld niet klopt en hoe daar? Het beeld dat de theorie van de platentektoniek geeft biedt een elegante oplossing voor heel veel feiten waarvoor voordien geen redelijke oplossing was te geven. Het feit dat er een aantal punten bestaan die niet of minder goed passen maant tot waakzaamheid. Als wetenschappers gaat het er ons om de waarheid te achterhalen; de waarheid is ons heilig, niet een bepaald model.

CHEMISCHE FORMULES:

hulpmiddel, geen toverspreuken VI *)

door drs. W.R. Moorer

Mineralen zijn betrekkelijk eenvoudige stoffen, elk samengesteld uit maar een handjevol bouwstoffen, de elementen. Deze elementen zijn, doorgaans in de vorm van ionen, zeer regelmatig opééngepakt in lichamen die we kennen als kristallen. Soms, als die kristallen groot genoeg zijn en min of meer vrij zijn gegroeid of op andere wijze opvallen door hun vorm, kleur, glans en schoonheid, worden ze door ons verzameld. Menig trotse bezitter van een vitrine met mineralen zal bezoekers hebben gewezen op het voordeel van een stenenverzameling. Kristallen verouderen niet, verwelken niet, behoeven geen onderhoud, gebruiken geen benzine, stroom of voedsel, kortom: hebben het eeuwige leven. Dit dan in tegenstelling tot bloemen, huizen, auto's, vrienden en huisgenoten.

Toch knaagt er bij de trotse verzamelaar, wanneer het bezoek is vertrokken, iets van onrust: glansde zijn gedegen zilver niet minder dan voorheen? Is inderdaad zijn colemaniet doffer geworden en lag dat hoopje wit poeder altijd al onder die mooie markasiet?

Stabiliteit

Zaken die niet veranderen noemt men stabiel. Stabiliteit is een rekbaar en relatief begrip. Hoewel vooral eenvoudige stoffen als mineralen stabiel lijken, zijn ze dat niet in alle omstandigheden. Bij het bepalen van stabiliteit van dingen en mineralen is het noemen van de omgeving waarin zich die dingen bevinden onontbeerlijk. Zo is kwarts onder „gewone“ omstandigheden (bijvoorbeeld aan het aardoppervlak en in onze vitrines) stabiel, maar wordt aangeast door stoffen als soda. Maar blijkbaar is onze omschrijving niet nauwkeurig genoeg omdat kwarts ook door bepaalde milieus aan het aardoppervlak kan worden aangetast.

„Aan het aardoppervlak“ kan van alles betekenen en er zijn dus goede omschrijvingen van de omgeving nodig om te kunnen bepalen of kwarts stabiel genoemd mag worden onder die omstandigheden. Zout is lang houdbaar en lijkt stabiel, maar in water lost het snel op. Temperatuurverhoging doet stoffen smelten; weer andere stoffen ontleden of verbranden. Ook verhoging van druk kan een dramatisch effect sorteren. Stabiliteit wordt kennelijk bepaald door temperatuur, druk en de (chemische, fysische en biologische) omgeving. Er is zelfs een speciale wetenschap — de

*) Voorgaande afleveringen verschenen in 1980 (Gea nrs. 2 en 4), 1981 (nr.2) en 1982 (nrs. 2 en 4).

thermodynamica – die deze omstandigheden formeel beschrijft.

Soms moet men bij stabiliteit tot ogenschijnlijk eigenaardige conclusies komen. Onze tanden bijvoorbeeld (die voornamelijk uit het mineraal apatiet bestaan) zijn na de dood stabiel, maar tijdens het leven onaangenaam vatbaar voor tandbederf.

Reacties

We hebben aannemelijk gemaakt dat dingen, bijvoorbeeld mineralen, afhankelijk van temperatuur, druk en omgeving, al of niet stabiel zijn. Steeds blijkt er een zeker gebied of traject dat wordt begrensd door bepaalde waarden van de temperatuur, druk en omgeving, waarbinnen een gegeven mineraal stabiel is. Het mineraal heeft daarbinnen het eeuwige leven. Maar buiten dit stabiliteitsgebied gebeurt er iets: het mineraal zal gaan **reageren** op de omstandigheden, het zal veranderen onder invloed van de drie genoemde factoren. Die verandering kan een gedaanteverandering zijn: smelten, oplossen, verdampen, een andere kristalstructuur aannemen. Maar ook kan het reageren en daarbij zijn wezenlijke identiteit verliezen via een chemische reactie. Dat identiteitsverlies bij een **chemische** reactie is doorgaans nogal ingrijpend omdat daarbij een groot aantal eigenschappen verwisseld worden door nieuwe. Ook is na een chemische reactie, hoewel ook in principe omkeerbaar, het eindproduct meestal niet weer eenvoudig te veranderen in het oorspronkelijke mineraal. Bij niet-chemische reacties als smelten is het vaak voldoende de oorspronkelijke gebieden van stabiliteit op te roepen om weer terug te keren tot het oorspronkelijke beginproduct. Dit type gedaanteverwisseling is dus vaak makkelijker omkeerbaar dan de chemische.

Iets NIEUWS

Bij een reactie ontstaat iets nieuws. Alle chemische en veel van de andere reacties van mineralen leiden tot nieuwe, andere, mineralen die dan zijn aangepast ofwel verenigbaar zijn met de omstandigheden die de reactie op gang hebben gebracht. Uit het dagelijks leven kennen we verscheidene minerale reacties die optreden bij instabiele toestanden. Het roesten van auto's en fietsen, het groen worden van roodkoper, het 'oplossen' van aluminium pannen in soda, het uiteenvallen van sommige soorten pyriet en markasiet in onze vitrines, het zwart worden van zilver enz. In al die gevallen 'verdwijnt' of beter: verandert de oorspronkelijke stof om plaats te maken voor een nieuwe.

Nu kunnen, voorzover het individuele stoffen aangaat, de begintoestand en de eindtoestand van de reactie vermeld worden in een schema. Zo'n schema bestaat uit een pijl die wijst van de oorspronkelijke naar de nieuwe toestand.

Voor een roestende fiets schrijven we eenvoudig:
fiets → roest

Een ietsje verfijnder kan ook:

ijzer → goethiet

omdat 'roest' in feite goethiet is en het immers het ijzer is van de fiets en niet iets anders dat roest wordt. Nog duidelijker wordt het als we de essentiële omstandigheden erbij vermelden: ijzer, onder invloed van zuurstof (uit de lucht) en water reageert en wordt tot roest. In schema dus:

ijzer + zuurstof + water → goethiet

Vervangen we de stof-namen door de internationale formules dan wordt het:

$\text{Fe} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{FeOOH}$

Hier staat in feite dat alle ijzer, niet alleen in de vorm van een fiets, met zuurstof en water reageert tot goethiet. Chemici en mineralogen, vooral diegenen die berekeningen aan reacties willen doen, maken het nog mooier, maar ingewikkelder, door het toevoegen van cijfers die het aantal delen (in atomen, moleculen of gramme-moleculen) van de reagerende stoffen vermelden. Zij doen dit zódanig dat links zowel als rechts van de pijl evenveel atomen enz. worden genoemd, onder het motto dat immers geen stof in het niets kan verdwijnen. Er komt dan te staan:

$4 \text{Fe} + 3 \text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{FeOOH}$

Op soortgelijke wijze kan het zwart worden van zilver in zo'n reactievergelijking beschreven worden, en het dof worden van colemaniet, en de vorming van granaten uit metamorfe gesteenten, en het 'branden' van gips, en de verwerking van zinkblende tot smithsoniet, en de vorming van talk uit dolomiet en kwarts. Formules, formules, dat wel, maar tevens hulpmiddel voor het beschrijven en begrijpen van de processen waarmee we te maken hebben.

Tijd

In eerste instantie wordt een reactie „gestuurd“ door de omstandigheden die bepalen in hoeverre de te reageren stoffen instabiel zijn. Er is dan – en dat weet u uit ervaring – tijd nodig voor het verlopen van een reactie. Die tijdsduur, nodig voor een reactie, hangt af van de aard van de reactie en van de mate waarin de te reageren stoffen daadwerkelijk in contact met elkaar kunnen komen. Het aanwezig contactoppervlak (de korrelgrootte als maat hiervoor) maakt een stoffelijke reactie immers pas mogelijk. Zo zal een fijn gemalen fiets heel snel in goethiet zijn veranderd, in tegenstelling tot het intakte en ook nog door lak beschermde vervoermiddel. Vloeistoffen, gassen en fijnkorrelige stoffen reageren altijd heel snel op instabiliteit. Wanneer men in het laboratorium reacties wil uitvoeren wordt dat dan ook bij voorkeur gedaan met vloeistoffen (gassen zijn nogal onpraktisch) en/of fijn gepoederde vaste stoffen, oplossingen en gesmolten materiaal.

Omdat een hoge temperatuur de snelheid van reacties sterk bevordert is de temperatuur tevens een belangrijke reactietijd-verkortende factor.

De reactiesnelheid wordt dus bepaald door 1. het soort reactie, 2. de mate van contact en 3. de temperatuur.

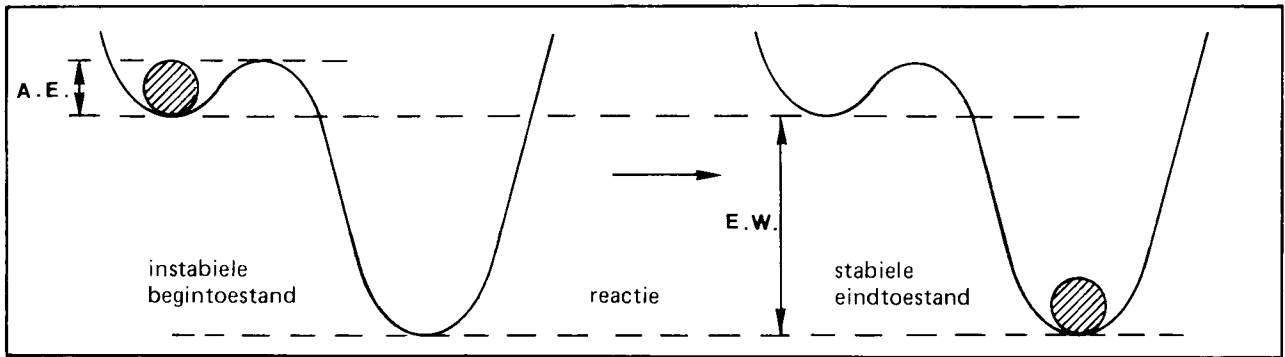
Energie

Vele reacties lijken zich als vanzelf te voltrekken, voor andere is een voortdurende toevloed van energie noodzakelijk om de zaak aan de gang te houden.

Oplossen en verdampen kost energie (meestal in de vorm van toegevoerde warmte of aan het hele systeem onttrokken warmte); kristallisatie en condensatie leveren energie op (het systeem wordt warmer). Bij veel chemische reacties komt energie vrij in relatief grote hoeveelheden (uw auto rijdt ermee, uw lichaam leeft ervan), bij sommige is juist konstante toevoer van energie vereist. Het zal duidelijk zijn dat energie, in welke vorm dan ook, nauw is verbonden aan het verloop van reacties. Reacties verlopen nooit vanzelf, de ermee gemoeide energie regelt in feite de hele situatie.

Katalyse

Sommige instabiele systemen reageren in het geheel niet of reageren slechts uiterst langzaam, terwijl ze volgens de



Afb. 1.

A.E. = activeringsenergie E.W. = netto energiewinst

theorie der instabiele toestanden toch zouden moeten reageren. Dit komt vrijwel altijd door een te klein contactoppervlak (de stof is te grofkorrelig) óf door de aanwezigheid van een zogenaamde energiedrempel. In dit laatste geval blijkt de reactie als het ware een duwtje in de rug nodig te hebben om op gang te komen. Eenmaal op gang gebracht gaat het dan allemaal vlot en voorspoedig. Om die drempel te overschrijden is een zogenaamde activeringsenergie nodig. Dit verschijnsel kan met behulp van een eenvoudig mechanisch voorbeeld geïllustreerd worden. Afb. 1.

De bal in het kuiltje van de linker figuur heeft een duwtje nodig om via een reactie tot in het dal te geraken. Er moet enige energie worden geïnvesteerd om de reactie op gang te brengen. Deze energie wordt weer teruggewonnen als de reactie verloopt. In het dagelijks leven kennen we dat van de lucifer: er is energie nodig (wrijvingswarmte die geïnvesteerd wordt) om het instabiele systeem: lucifer + lucht, te laten reageren tot het stabiele systeem: as.

Vele reacties verlopen niet omdat een dergelijke investering niet wordt toegevoegd. Is de noodzakelijke activeringsenergie groot (dat hangt af van het type systeem) dan is de kans klein dat de reactie op gang komt.

Nu blijken er stoffen te bestaan die de activeringsenergie van een bepaalde reactie drastisch kunnen verlagen. Deze hulpstoffen, voorzover ze niet aan de eigenlijke stofomzetting onderworpen worden, worden katalysatoren genoemd. Talloze industriële processen kunnen niet zonder deze katalysatoren. Alle levende wezens zitten vol met katalysatoren (in dit geval: eiwitten met enzym-functie) die verder ook in het dagelijks leven worden uitgebuit (enzymen in wasmiddelen bijvoorbeeld). Maar ook de dode natuur kent talloze katalysatoren, vaak in de vorm van minieme hoeveelheden van bepaalde mineralen of aan

mineraalkorrels gelegen minerale structuren. Deze spelen zoals u inmiddels al had vermoed een belangrijke rol bij de reacties tussen de mineralen van de aardkorst.

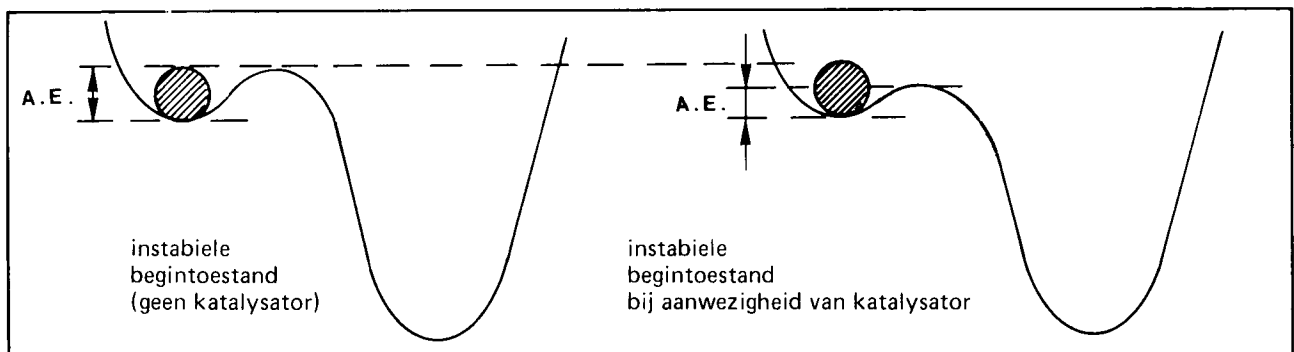
In reactieschema's of reactie-vergelijkingen specificeert men vaak de katalysator boven of onder de pijl. Op die plaats vindt men tevens andere omstandigheden die van belang zijn voor het verloop van de reactie, zoals temperatuur, druk, enz.

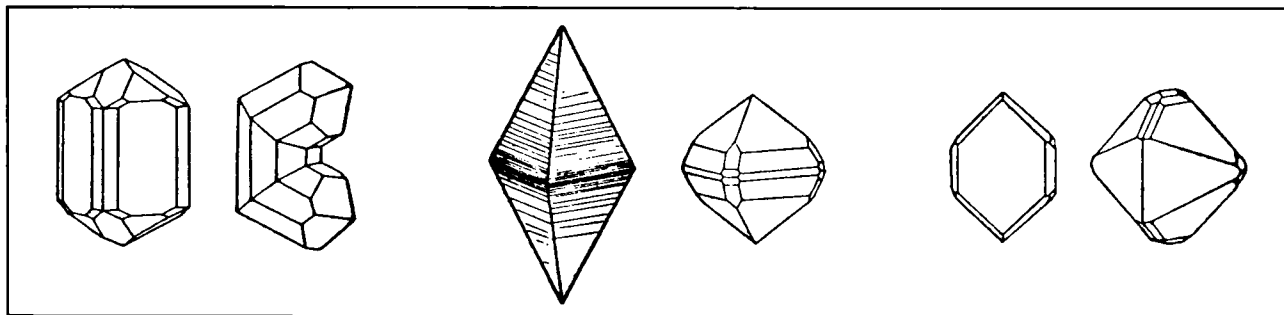
De werking van een katalysator kunnen we aan de hand van de bal-in-het-kuiltje illustreren: afb. 2.

De aarde reageert

Gesteenten zijn doorgaans zeer oud. Het lijkt erop, dat ze stabiel zijn en (dus) geen neiging vertonen om te reageren met de omgeving. Iedere amateurgeoloog weet echter, dat dat maar schijn is, gezien de natuurlijke afbraak, diagenese en metamorfosen die uiteindelijk vrijwel alle gesteenten van de aardkorst ondergaan. De kringloop der gesteenten is een proces, een serie reacties; van lange adem, dat wel. Uitgaande van de te rechtvaardigen veronderstelling dat de reacties die heden worden waargenomen ook vroeger al zo verliepen en in aanmerking genomen de enorm grote massa's gesteenten alsmede de lange tijdsduur van sommige reacties, komen we tot de slotsom dat uit het heden het verleden kan worden begrepen. Vandaar dat hedendaagse reacties model staan voor wat zich in en aan de aardkorst afspeelt en afspeelde, en vandaar dat enig begrip van die reacties belangrijk is voor de amateurgeoloog. Voor ons doel kunnen we die reacties nog grofweg indelen naar hun aard: 1. mechanische reacties; 2. fase-reacties; 3. chemische reacties.

Afb. 2.





afb. 3. De drie polymorfen van titaandioxide: TiO_2 .
Links: rutiel, midden: anataas, rechts: brookiet

Het onderscheid tussen 2. en 3. is **soms** moeilijk te maken.

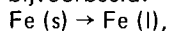
1. Bij mechanische reacties is slechts sprake van verandering van korrelgrootte van de stof, van uitzetting of contractie tengevolge van druk- en/of temperatuursverschillen en van transportverschijnselen. Bij alle verweringsprocessen speelt dit een grote rol: kwarts bijvoorbeeld wordt gefragmenteerd en wordt tot zand. Omgekeerd kan door sintering de (schijnbare) korrelgrootte van afzonderlijke mineralen toenemen.

2. Fase-reacties doen evenals mechanische reacties de samenstelling van de stof zelf niet veranderen, maar voeren tot toestandsovergangen van de stof. Van vast naar vloeibaar, opgelost, of gasvormig en omgekeerd. Zeer belangrijke fase-reacties zijn ook die, die de kristalstructuur van de stof veranderen, zonder evenwel de chemische samenstelling te wijzigen. De ene kristalmodificatie, bijvoorbeeld aragoniet, kan worden omgezet in een andere, die van calciet. Aragoniet en calciet zijn beide $CaCO_3$. Deze zogenaamde polymorfe toestanden van één en dezelfde chemische stof zijn in de mineralogie – meer dan waar ook elders – zeer belangrijk, zodat het geen verwondering kan wekken dat iedere toestand van een polymorf mineraal zijn eigen naam heeft. Behalve calciet – aragoniet kent u nog wel enkele polymorfen, zoals het trio rutiel – anataas – brookiet (afb. 3), of kyaniet – andalusiet – sillimaniet. Verder bijvoorbeeld de kali-veldspaten: sanidien, orthoklaas en mikroklien en, niet te vergeten, de kwartsmineralen als α -kwarts, β -kwarts, tridymiet, cristobaliet, coesiet.

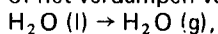
3. Chemische reacties zijn wezenlijk verschillend omdat hierbij de stof zelf verandert. De zaak wordt vaak gecompliceerd door het feit dat bij chemische reacties tevens en tegelijkertijd allerlei fase-reacties optreden.

Formules

Reacties van enkelvoudige, gedefinieerde stoffen zoals mineralen, water, zuurstof, koolzuur, enz., kunnen in formule-taal worden geschreven, zoals we al hebben gezien bij de roestende fiets. Bij fase-reacties ligt dat nogal eenvoudig omdat alleen de toestand van de stof verandert en niet tevens de **chemische** samenstelling. Men vermeldt de toestand dan bij de formules. Het smelten van ijzer bijvoorbeeld:

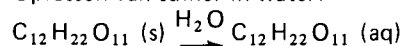


of het verdampen van water:



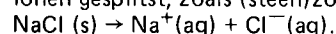
waarbij s = solid (vaste toestand), l = liquid (vloeistof) en g = gas.

Oplossen van suiker in water:

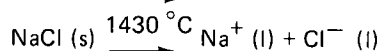
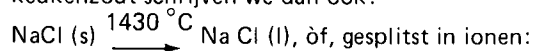


waarbij aq = in aqua = opgelost in water.

Vele minerale stoffen worden bij het oplossen in water in ionen gesplitst, zoals (steen)zout:



Besef wel dat oplossen iets anders is dan smelten, hoewel in beide gevallen splitsing in ionen kan optreden. Het verschil is natuurlijk dat bij smelten geen extern medium (het oplosmiddel) te pas komt. Voor het smelten van keuzenzout schrijven we dan ook:



Heel vaak blijkt al uit de beschrijving van een reactie over welke toestanden (fasen) men het heeft. In die gevallen laat men, omdat dat verder bekend wordt verondersteld, vaak een nauwkeurig en compleet reactie-schema achterwege. Dit kan voor niet-ingewijden nogal eens problemen opleveren.

Zo wordt ook de eventuele splitsing in ionen en/of complexe ionen achterwege gelaten omdat dat vanzelfsprekend zou zijn. In de thermodynamica en fassenleer legt men veelal – uit de aard der zaak – nadruk op uitvoerig gespecificeerde fasen-reacties, compleet met vermelding van druk en temperatuur, alsmede energiebalansen, van alle stoffen en stofreacties.

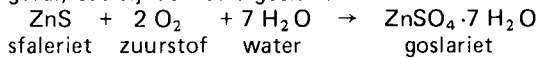
Voor ons doel is het in eerste instantie belangrijker iets van de chemische reacties te kunnen begrijpen. Daarbij wordt vaak slechts het netto-effect van de reactie opgeschreven, dus $Fe + O_2 + H_2O \rightarrow FeOOH$ òf, kwantitatief, $4 Fe + 3 O_2 + 2 H_2O \rightarrow 4 FeOOH$, dus zonder fase-specificaties e.d.

Gelukkig is het correct opstellen van reactievergelijkingen niet onze taak, dat laten we aan de experts over. Het zou echter wel handig zijn, als we wisten wat wordt bedoeld met een gegeven reactie. Deze passieve kennis is een stuk makkelijker op te doen. In uw leerboeken over geologie en mineralogie zijn doorgaans hoofdstukken te vinden waarin reactievergelijkingen worden gegeven bij de omstandigheden die gesteenten en mineralen doen veranderen. In die hoofdstukken over gesteente- en mineraalvorming, paragenesen en verwerking zijn die reactieschema's vaak in formules gegeven. U hoeft ze dan niet over te slaan. Enkele voorbeelden zijn hier wel op hun plaats.

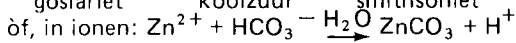
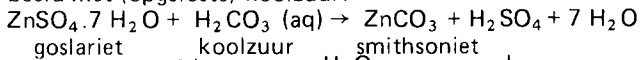
Sfaleriet reageert

Als het zinkertsfaleriet (ZnS) in contact komt met circulerend of door de bovenliggende gesteentelaag sijpelend atmosferisch water is het onder die omstandigheden niet meer stabiel. Onder invloed van opgeloste zuurstof en eventueel van een katalysator en bespoedigd door een hoge temperatuur ter plekke, wordt het sfaleriet

geoxideerd (met oxygenium = zuurstof verbonden in dit geval) tot bijvoorbeeld goslarriet:

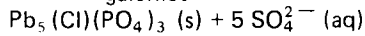
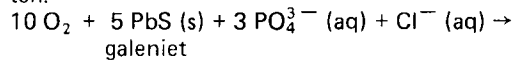


Meestal echter is het goslarriet onder de nieuwe omstandigheden zélf niet stabiel zodat het verder reageert, bijvoorbeeld met (opgeloste) koolzuur:



Onder de nieuwe omstandigheden is smithsoniet wél stabiel en kan dus eindprodukt blijven. Vandaar dat goslarriet zeldzamer is dan smithsoniet. U zult nu kunnen begrijpen dat het geen toeval is dat smithsoniet gevonden wordt in zinkafzettingen en -mijnen. Als er behalve H_2O , O_2 , koolzuur nog andere stoffen zitten in verwerende zinkertsaders, of in de buurt ervan, dan bestaat de mogelijkheid dat andere zinkmineralen worden gevormd. Bij aanwezigheid van potentiële fosfaat of silicaat ontstaan dan zinkfosfaten (zoals tarbuttiet, hopeiet, scholzettiet), resp. het zinksilicaat hemimorfiet. Op deze grofgeschetste wijze kan uit het primaire mineraal sfleriet via verscheidene reacties een hele reeks secundaire zinkmineralen ontstaan. Welke dat zijn hangt overduidelijk af van de aanwezigheid van potentiële reactiepartners en van de stabiliteit van de nieuwbakken mineralen in het nieuwe milieu.

Zeer veel sulfiden (meest primaire metaal-zwavelmineralen) vormen dus bij blootstelling aan oxiderende (atmosferische) omstandigheden als gevolg van hun instabiliteit in dat milieu (een reeks) vaak mooi gekleurde reactieproducten.



pyromorfiet

verklaart de aanwezigheid van pyromorfiet in galeniet- (=loodglans-)houdende ertsaders. Indien transport van reactiepartners kan plaatsvinden, bijvoorbeeld als ze zijn opgelost en dus mobiel zijn, kan een secundair mineraal soms vrij ver van het oorspronkelijke primaire mineraal terechtkomen. Vaak echter is al aan de hand van onze vitrine-stukken te zien dat dat niet altijd het geval is geweest: veel van onze mooiste stukken bevatten onder de secundaire mineralen nog resten van het oorspronkelijke primaire sulfide. Vergelijk afb. 4.

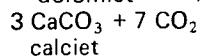
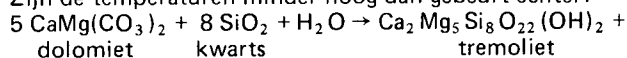
Bij hoge temperaturen

Als dolomietgesteente metamorfose ondergaat kan het bij de dan heersende hoge temperatuur reageren met kwarts:

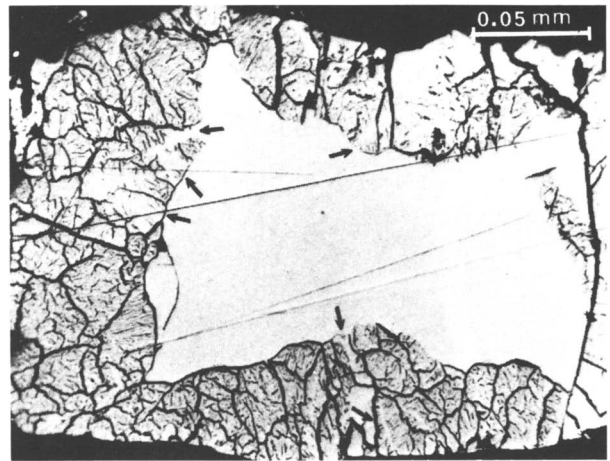
$$2 \text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Mg}_2\text{SiO}_4 + 2 \text{CaCO}_3 + 2 \text{CO}_2 (\text{g})$$

dolomiet kwarts forsteriet calciet

waarbij dus een totaal nieuw gesteente ontstaat. Afb. 5. Zijn de temperaturen minder hoog dan gebeurt echter:

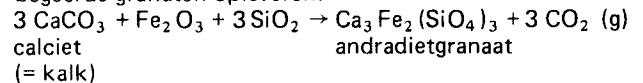


U merkt op dat dezelfde uitgangsstoffen nu dus een ander reactieprodukt opleveren. Kijkt u iets beter naar bovenstaande twee reacties dan valt wellicht nog op dat de verhouding dolomiet/kwarts bij de eerste reactie 2 : 1 en in de tweede 5 : 8 bedraagt. Inderdaad bepalen de relatieve hoeveelheden uitgangsstoffen mede, wélk eindprodukt gevormd wordt.



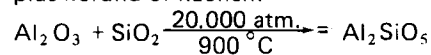
afb. 4. Warme, circulerende oplossingen hebben het nikkelarsenide maucheriet (homogeen wit) aangetast, waardoor een omzettingrand van een ander nikkelarsenide: orceliet is ontstaan. De wormvormige barsten in de orceliet worden verklaard door volumevermindering ten gevolge van afvoer van arseen-bestanddelen. De reactie kan worden voorgesteld als: $2 \text{Ni}_{11}\text{As}_8 \rightarrow 5 \text{Ni}_{4,4}\text{As}_2 + 6 \text{As}$. De pijlen wijzen naar nieuwgevormde maucheriet. Herkomst van het monster: Nebral, Malaga, Spanje. Opvallend licht-microscopie. (Naar I.S. Oen, C. Kieft, E.A.J. Burke en A.B. Westerhof (1980))

Metamorfose van kalkhoudende sedimenten kan, bij aanwezigheid van kwarts en ijzer(oxiden) de door ons zo begeerde granaten opleveren:



Deze reactie is typisch voor skarngesteenten.

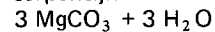
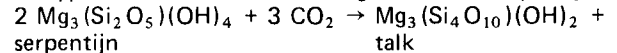
In het laboratorium kan men kyaniet bereiden uit kwarts plus korund of kaolien:



korund kyaniet

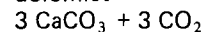
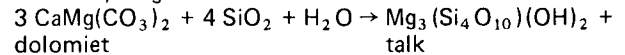
In de natuur zijn ook hoge druk en temperatuur aanwezig geweest wanneer ergens kyaniet aangetroffen wordt. Mineralogische thermometers noemt men die mineralen, die kenmerkend zijn voor temperaturen die (miljoenen jaren geleden) de vorming ervan bepaalden.

Babypoeder wordt in de natuur gevormd uit serpentijn:



magnesiet

Maar ook uit kwartshoudende dolomieten kan talk ontstaan, volgens:

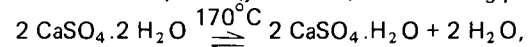


calciet

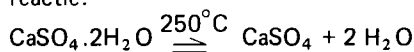
Verwantschap

Interessante reacties zijn die, die verwantschap tussen mineralen aantonen.

In Gea vol. 15, nr. 2 (juni 1982) hebben we gips verhit:



een proces, waarvan de omgekeerde reactie zo belangrijk is voor de metselaar. Zowel de heen- als teruggaande reacties komen in de natuur voor. De voor de bouw waardeloze reactie:

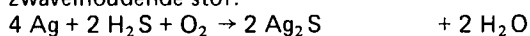


gips anhydriet

vinden we ook in de natuur. De reactie naar rechts is veel algemener dan die naar links.

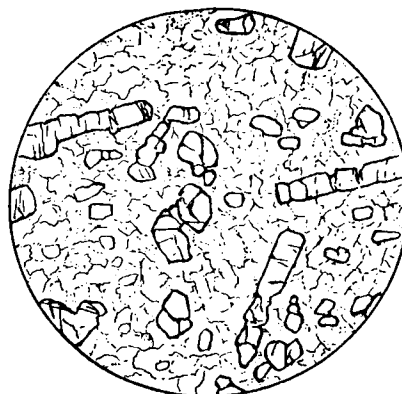
Op dezelfde principes, maar dan bij kamertemperatuur, zijn de vervelende verschijnselen bij colemaniet en een aantal andere kristalwaterhoudende mineralen terug te voeren. Het dof worden van colemaniet, borax, kerniet berust op het afstaan van dit water aan de atmosfeer, een vervelende reactie voor verzamelaars, die in de loop van de tijd een gedeelte van hun verzameling zien reageren.

En hoe zat het met het dof worden van uw gedegen vitrine-zilver of uw tafelbestek? De reactie met een zwavelhoudende stof:



zilver zwart zilversulfide

zou de oorzaak kunnen zijn.



afb. 5. Slijpplaatje van een forsteriet-marmer. De zwaar omliggende kristallen zijn forsteriet (magnesium-olivijn), ze liggen in een mozaiek van calcietkristallen. Deze marmer is in de buurt van een graniet ontstaan uit een dolomiet. Herkomst: Skye, W van Schotland. Vergroting: 20 x (uit Harker: Petrology for Students, 1960)

KRAKATAU 1883-1983

door drs. W.C.P. de Vries

Honderd jaar geleden deed zich een van de meest tot de verbeelding sprekende vulkaanuitbarstingen uit de geschiedenis voor, die van de Krakatau. Op maandag 27 augustus 1883 kwam rond elf uur 's morgens met een enorme knal de climax van een eruptie die een dag eerder was begonnen. De knal was op vele duizenden kilometers afstand te horen, in ieder geval op het eiland Rodriguez bij Madagaskar in de Indische Oceaan, 4500 kilometer van de plaats, die letterlijk in één klap een prominente plaats in de wereldgeschiedenis veroverde. In Bangkok renden de mensen geschrokken de straat op en in Singapore, toch nog een 800 kilometer van Krakatau, trilden de ramen in hun sponningen.

Door de explosie werd ruim 18 kubieke kilometer slakken en as tot een hoogte van tachtig kilometer in de lucht gestoten, het materiaal werd over ruim 800.000 vierkante kilometer verspreid, een gebied van 25 maal de oppervlakte van Nederland. Plaatsen tot op een afstand van tweehonderd kilometer waren door de aswolken dagenlang van zon verstoken.

Een hoeveelheid van enkele kubieke kilometers zeer fijne as bleef jarenlang hoog in de atmosfeer hangen, verstrooidde het zonlicht en zorgde over de gehele wereld in het gebied tussen de keerkringen voor spectaculair gekleurde zonsondergangen. Uit metingen van het observatorium van Montpellier in Zuid-Frankrijk bleek, dat de gemiddelde intensiteit van de zonnestraling na de uitbarsting met tien procent verminderd was.

De uitbarsting ging gepaard met geweldige vloedgolven. Een half uur na de eruptie bereikte een vloedgolf de kusten van Java en Sumatra, waar deze een hoogte bereikte tussen de dertig en veertig meter, alles verwoestend tot op een afstand van 8 kilometer van de kust. In de laaggelegen kuststroken werden driehonderd steden en dorpen verwoest. De meeste slachtoffers van deze vulkaanruptie vielen dan ook door de vloedgolven, de tsunami's: naar schatting rond de veertigduizend, maar het is niet uitgeslo-

ten dat het er honderdduizend waren.

De vloedgolf plantte zich voort over de gehele Indische Oceaan; nog dezelfde dag bereikte ze de Atlantische Oceaan en werd ze in Panama in Midden-Amerika en ook in Le Havre gemeten. De kracht van de explosie had ook een drukgolf in de atmosfeer tot gevolg, deze ging met een snelheid van duizend kilometer per uur de wereld rond en kon in Europa driemaal worden gemeten.

Vóór de uitbarsting van 1883 vormden drie eilanden de Krakatau-groep in de Soenda-Straat tussen Sumatra en Java: Krakatau, Verlaten Eiland en Lang Eiland. Afb. 1a en b.

Het hoofdeiland Krakatau bestond uit de vulkanen Rakata (832 meter hoog), Danan (ongeveer 400 meter) en Perbuatan, die net honderd meter hoog was. De Rakata, die heden ten dage nog altijd de hoogste top van het gedeelte van het hoofdeiland vormt dat de explosie heeft overleefd, heeft de Krakatau zijn naam gegeven. Het oud-Javaanse woord Rakata, dat Krab betekent, is door zeelieden verbasterd tot Krakatao of Krakatau.

De vulkaangroep was voor het laatst actief geweest in 1680 en was daarom doodgewaand, maar op 20 mei 1883 begon de Perbuatan de eerste tekenen van leven te vertonen met het uitstoten van aswolken die ook al een hoogte van elf kilometer bereikten, de knallen van de eruptie waren tot op tweehonderd kilometer afstand te horen. In juni volgde Danan het voorbeeld en op 11 augustus stegen uit alle drie kraters grote aswolken omhoog. Twee weken later volgde dan de knal die in de afgelopen augustusmaand op vele plaatsen ter wereld werd herdacht. Toen men de vulkaan weer kon zien, bleek twee-derde gedeelte verdwenen te zijn.

De explosie liet het grootste deel van het eiland Krakatau in zee verdwijnen, naar algemeen wordt aangenomen is het vulkaancomplex grotendeels ingestort en weggezakt in de magmakamer die gedeeltelijk werd leeggelaten tijdens de