

Calcium – Kalk



Hoofdstukken over 'calcium – kalk' uit:

Prozesschemie aus spirituuellem Ansatz, 2001

Feuer – Kalk – Metalle, 1987

van **Manfred von Mackensen**

Vertaald door Antoon van Hooft (maart 2018)

Afbeelding op titelblad: 'Krijtrotzen op Rügen' van Caspar David Friedrich, 1818.

Rügen is het grootste eiland van Duitsland, dat ligt in de Oostzee in de deelstaat Mecklenburg-Voor-Pommeren.

Teksten in kaders (blauw) en afbeeldingen zijn door A. van Hooft toegevoegd. De vertaling is van maart 2018.

{47} verwijst naar bladzijde uit het originele boek.

<1> verwijst naar literatuur.

(Na 1) verwijst naar een experimentbeschrijving. Deze beschrijvingen zijn niet in de vertaling genomen.

Inhoudsopgave

Uit: Prozesschemie aus spirituellem Ansatz

De kalken	3
1. Het natrium	3
De beweging van het zout in de natuur	3
Zoutgehalte van zeeën	5
De zout rust	6
Bloedvervanger	7
Osmotische druk	8
Vlamkleuren	8
Het metaal-spook	9
Natriumbereiding	10
Elektriciteit en "metaal-leven"	10
Experimentele verschijnselen	11
Natrium eigenschappen	11
Het natriumproces	12
2. Het kalium	14
3. Kalk en calcium	16
Elementair calcium	16
De kalkimpulsen in de mens	17
De botten	17
Kalkgehalten in botten en tanden	17
Apatiet kristal	19
Biografische ontwikkeling	20
Beenvorming	21
Kalk in het bloed	23
Kalk als bewustzijnsproces	23
Kalktherapie	25
Conchae, oesterkalk	26
Kalk en planten	27
De kalk in het leven op aarde	29
Kalklandschap	29
Het kalkveld	30
De voorjaarskalk	30

Kalkaarde en de mens	31
Observaties en methodische opmerkingen	31
Calciet/kalkspaat en bergkristal	31
Calciet kristal	33
Aragoniet kristal	34
Oplossen en neerslaan	35
Het bicarbonaatprobleem	35
Aanzuigen	35
De troebelheid	36

Uit: Feuer – Kalk – Metalle

IV. DE KALK Proces en materiaal	37
Landschapsvormen	37
Kalklandschap	38
Schelpen en behuizingen van dieren	40
De gasvorming	40
Parelmoer	40
Het kalkbranden	43
De gebrande kalk	44
De terugvorming van kalk	45
De conserverende werking van kalk	46
De kalkmortel	46
Cyclus van kalkomzettingen	47
Een grote schets van de kalktechniek	47
Cyclus van kalkomzettingen	47
Druipsteen en ketelteen	48
V. Verbrandings-gas en verbrandings-as	47
Koude	47
De werking van verbrandingslucht op vuur	48
De werking van verbrandingsgas in water	48
De kleuren van rodekoolsap	48
Koolzuur	49
Brandblussers	49
De as van het loog	51
De neutralisatie	51
EINDE	51

De kalken

De verbindingen van de drie elementen natrium, kalium en calcium vat Steiner samen onder de term 'kalken'. <1> In deze context betekent "kalk": het mineraal komt in het hier en nu in beweging, vormt basen, logen en zouten. Kalk is niet, net zoals bij kiezel, slechts glazig verhard, wat alleen iets van een beweging doet vermoeden die stamt uit een ver evolutionair verleden. We beginnen niet met de eigenlijke kalk als het kernelement van deze reeks, maar met het nogal onopvallende natrium. Ten eerste omdat de kalk in de 7e klas al behandeld is, ten tweede omdat de elektrolytische bereiding van natrium gemakkelijker te demonstreren is. Het is duidelijk, dat hiermee de conventionele indeling in alkaliën en aardalkaliën verlaten wordt. Het periodieke systeem brengt meer de uiterlijke en fysieke eigenschappen in een systeem samen, maar geeft geen beeld van de processen.

1. Het natrium

De beweging van het zout in de natuur

Zoutbeweging. De belangrijkste vertegenwoordiger van zout is het keukenzout. Natriumchloride doordringt de natuur. Van zoutoplossingen hebben de leerlingen in de 10e klas al veel gehoord. <2> In de aardrijkskunde-lessen van de 10e klas kwamen ook de zeestromingen al aan de orde.



Zeewater

Men kan nu een beeld schilderen van de onophoudelijke beweging van het natrium door de wijidte en diepte van de oceanen. Het zijn gesloten banen, net zoals bij de bloedsomloop. Een beeld hiervan is de cyclische beweging die iedere waterportie van de oppervlaktelaag, door het daaroverheen lopen van de golven, uitvoert; het circulerende natrium komt ons voor ogen te staan. Ook de verwerking van oergesteente, gneis en graniet, begint met natrium en de "kalken". De natrium-, kalium- en calciummineralen in gesteenten zoals glimmer, hoornblende, augiet en veldspaat, vallen eerst uit elkaar; de "kalken" lossen op in water; klei en kwarts spoelen weg en vormen grind-, zand- en leemafzettingen. Kalk en alkali zorgen er als het ware voor dat de rotsen "wegstromen" en gaan zelf op in de grote waterstromingen van de planeet.



Glimmer of mica is een silicaat met een uitgesproken gelaagdheid. Het is herkenbaar door zijn heldere structuur en de zeer zwakke binding tussen deze lagen. Het is een belangrijk bestanddeel van bijvoorbeeld granieten. Deze mineralen zijn fylosilicaten met de algemene formule $(AB_2-3X, Si)_4O_{10}(O, F, OH)_2$ waarin: A staat meestal voor kalium, maar kan ook natrium, calcium, barium of cesium zijn. B kan aluminium, lithium, ijzer, zink, chroom, vanadium, titanium, mangaan en/of magnesium bevatten. X is gewoonlijk aluminium, maar kan ook berillium, boor en/of ijzer (3+) zijn.



Hoornblende of amfibool is een groen, bruin of zwart mineraal; harder dan staal, maar minder hard dan kwarts. Het komt in kristallen voor in de vorm van 4- of 6-zijdige zuilen die in 2 driehoekige of 3 ruitvormige vlakken eindigen. De hoofdbestanddelen zijn magnesium- en ijzersilicaat, maar ook de silicaten van calcium, kalium, natrium en aluminium komen in wisselende hoeveelheden voor. Het is een half doorzichtig tot ondoorzichtig mineraal.

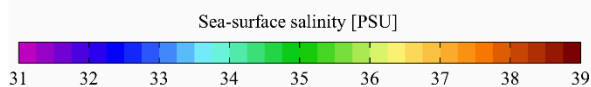
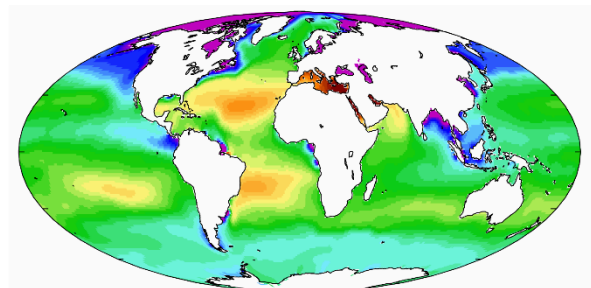


Augiet is een mineraal met chemische formule $(Ca, Na)(Mg, Fe, Al)(Al, Si)_2O_6$. Augiet komt vooral voor in gesteenten zoals gabbro's en basalten. Sommige exemplaren hebben een bijzondere schittering, waar de naam vandaan komt (Grieks: augites betekent helderheid), hoewel normaal gesproken de kristallen een dof (donkergroene, bruine of zwarte) glans hebben.



Veldspaat is de naam voor een groep mineralen die naar schatting 60% van de aardkorst vormen. Het zijn aluminium-tectosilicaten; silicaten waarbij de silica tetraëders in een driedimensionaal patroon gerangschikt zijn. Er zijn drie typen veldspaat: Kalium-aluminiumsilicaten, Natrium-aluminiumsilicaten, Calcium-aluminiumsilicaten.

De natrium-, kalium- en kalkzouten maken niet alleen trekbewegingen, maar ook concentratiebewegingen. In het Passaat-gebied, ongeveer tussen de 2^o tot 25^o breedtegraad, heeft de zee aan de oppervlakte een zoutgehalte tot 38‰, in het noordpoolgebied daarentegen slechts 33‰, terwijl het gehalte in de gematigde breedten 35‰ bedraagt. Ook in de randzeeën wijken ze met een gemiddelde waarde van 35‰ af: in de Zwarte Zee is het gehalte 17‰, in de Middellandse Zee 38‰. Hier laten riviermondingen, verdamping en toestroom van zout water hun invloed gelden. Instromend oceaanwater wordt of geconcentreerd (Middellandse Zee) of gezoet (Oostzee). Ook deze concentratiebewegingen drukken uit dat zout deelneemt aan de grote waterbewegingen van de planeet, veroorzaakt door het op- en afgaan van verdamping en neerslag. Het maakt dus deel uit van het voortdurende leven van de aarde in de nabije kosmos. <3>



Zoutgehalte in de zeeën van 31 – 39 g zout per kg zeewater

De tien hoofdbestanddelen in zeewater in %	
chloride	55,04
natrium	30,61
sulfaat	7,68
magnesium	3,69
calcium	1,16
kalium	1,10
waterstof-carbonaat	0,41
bromide	0,19
boraat	0,07
strontium	0,04

De hoeveelheid zouten bedraagt gemiddeld 34,5 gram per liter zeewater, oftewel 34,5‰ = 3,45% (m/m). Het zoutgehalte is echter niet overal gelijk. De hoogste zoutgehalten komen voor in de subtropische gordels, namelijk 36,3‰. Langs de evenaar is het minder, ondanks de grote verdamping 34,3‰. Dit wordt veroorzaakt door de grote regenval. De Middellandse Zee heeft ook een hoger zoutgehalte, in het oostelijk deel circa 39‰. De Rode Zee heeft met 41 tot 42‰ het hoogste zoutgehalte voor open zeeën.

In enkele gesloten zeeën wijkt het zoutgehalte sterk af van dat van de open zeeën. Zo is de saliniteit van de Dode Zee met 33,7‰ zo'n 10 keer zo hoog als die van oceaanwater, terwijl de Kaspische Zee met een gemiddeld zoutgehalte van 1,2‰ veel minder zout is dan 'gewone' zeeën. Op hoge breedtegraden is het zoutgehalte belangrijk lager, vooral in de omgeving van de polen. Dit komt door de geringe verdamping en het vele smeltwater.

- 1 STEINER, R. (1924): Landwirtschaftlicher Kurs, GA 327; 1e voordracht, ongeveer de 23e alinea
- 2 MACKENSEN, M.v. (1989): zouten, zuren, basen; Bildungswerk, Kassel
- 3 We zien een oplossing niet als een mechanische samenvoeging van stoffen, maar als een kwalitatieve verandering. In die zin lijken concentratieveranderingen en watermassaverplaatsingen essentiële kwaliteitsbewegingen die alleen in bepaalde stoffen verlopen. Geografische processen creëren als het ware deze substanties.

Zout in rust. Als men de oceanen zou indrogen en het vrijkomende zout, samen met het zout dat onder het gesteenten ligt, op het aardoppervlak zou verdelen, dan zou de 'laatste mens' op een laag van bijna 100 m dik wit, knisperend zout staan. Eeuwige rust zou op deze aarde heersen; al het leven zou onder het zout begraven zijn.



Zoutpannen

Uit: Periodiek Systeem der Elementen

groep I	groep II	groep III	groep IV	groep V	groep VI
H waterstof					
Li lithium	Be beryllium	B borium	C koolstof	N stikstof	O zuurstof
Na natrium	Mg magnesium	Al aluminium	Si silicium	P fosfor	S zwavel
K kalium	Ca calcium	Ga gallium	Ge germanium	As arsenicum	Se selenium
Rb rubidium	Sr strontium				
Cs cesium	Ba barium				

De Dode Zee, de zoutmeren en de zoutsteppen geven een zwakke indruk van de levensvijandigheid van deze natuurkracht. Het stuurt aan op verstarring en conservering. Ingezouten voedsel blijft lang houdbaar. Zelfs een kleine toevoeging van zout verhoogt de houdbaarheid, van b.v. kaas. Zo is het zeewater helderder en minder gevoelig voor verrotting dan zoet water. In de zee komen praktisch geen schimmels voor. Ook tref je hier minder de glinsterende lagen en slijmerige massa's aan die typisch zijn voor zoetwaterbaaien en vennen. Zout water is nat, maar niet vochtig. De zojuist gegeven beschrijving hoeft niet noodzakelijkerwijs het treffende *woord* uit te spreken. Het gaat om een kwalitatieve totaalindruk, die deels uit het levenszintuig voortkomt en nauwelijks onder woorden gebracht kan worden. De verschillende bevindingen kunnen slechts brokstukjes samenbrengen. Het zoutbeleven moet ieder bij zichzelf oproepen.

Wanneer je als begin een dergelijk beeld gegeven hebt, dan kun je aan het menselijke bloed en ook aan het bloed van hogere dieren bespeuren, hoe een, op zout gebaseerde conserverende kracht, de labiliteit, de voedingskracht en het reactievermogen tegengaat. Iets conserverends slaat in in de beweging van het bloed. Het maakt de beweging mee; bij het stromen blijft het bij elkaar. Hiervan ervaar je iets halfbewust, wanneer je je bij het aflikken van bloed plotseling verbaast dat het zout smaakt. Zout brengt rust in de beweging, brengt zwaarte in de lichtheid. Het houdt het verdampende water vast. Of andersom: het oplossen brengt beweging in de rust.



Menselijk bloed

In lichaamsvloeistoffen worden, vergeleken met kaliumzouten, hoge gehalten aan natriumzouten aangetroffen, waarbij deze minder de nadruk leggen op het stromen, maar eerder op een zekere conservering. Het zijn:

Vloeistof	Na ⁺ g/L	K ⁺ g/L
Hersenvocht, hersenuwgemergvocht	3,3	0,1
Oogkamervocht	2,5	0,1
Traanvocht	3,3	0,6
In zenuwen is het omgekeerd	Na ⁺ g/kg	K ⁺ g/kg
Zenuwsubstantie	1,3	3,4
Bewegende skeletspier	0,8	3,7

Evenzo werken de zouten in zenuwen en spieren, waar echter de verhouding tussen Na en K omgekeerd is. Zie tabel hierboven.
{48}

Bloedvervanger. Voordat we ons tot het zoutproces in de mens en de zouttherapie wenden, wordt een meer feitelijk gedeelte over bloedvervangers ingevoegd. Het eenvoudigste middel om bloed te verdunnen, ook voor het spoelen van wonden of inwendige lichaamsholten (kaakholten en dergelijke), is de fysiologische zoutoplossing: water dat 0,9% NaCl bevat, wat overeenkomt met de zoutconcentratie in het menselijke bloed. De zoutconcentratie in kikkerbloed is bijvoorbeeld maar 0,68%. Hun organisme is minder van het omringende zoete water geëmancipeerd. De oplossing wordt fysiologisch genoemd, omdat deze dezelfde osmotische druk heeft als het bloed. Levende cellen en weefsels blijven langer in leven in zo'n oplossing dan in zuiver water, omdat ze dan niet opzwellen door waterabsorptie. Voor al deze doeleinden is het beter om met een oplossing te werken, waarin ook nog andere zouten opgelost zijn die in kleine hoeveelheden in het bloed aanwezig zijn. Dergelijke oplossingen laten zich bijvoorbeeld pijnloos injecteren, terwijl de fysiologische zoutoplossing een licht brandend gevoel veroorzaakt.

Belangrijke in het bloed aantoonbare zouten (gemiddelde in gram per liter)

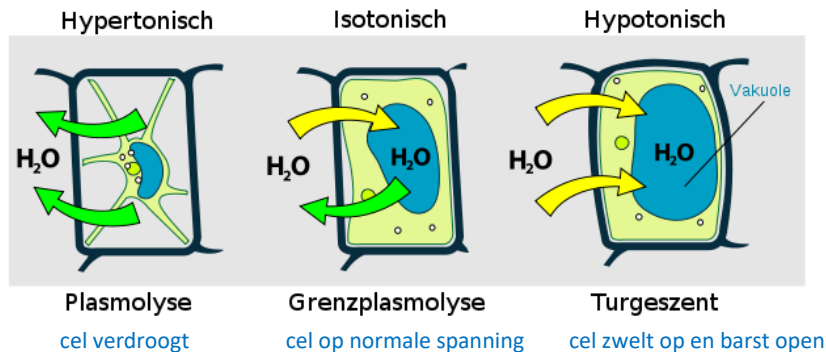
basestammen	Natrium	Na ⁺	3,30
	Kalium	K ⁺	0,21
	Calcium	Ca ²⁺	0,10
	Magnesium	Mg ²⁺	0,02
zuurstammen	Chloride	Cl ⁻	3,70
	Bicarbonaat	HCO ₃ ⁻	2,30
	Fosfaat	PO ₄ ⁻	0,10

Toevoegingen van kalium- en calciumchloride, natriumbicarbonaat en druivensuiker verhogen de levensvriendelijkheid van de keukenzoutoplossing. Zo gebruikt men bijvoorbeeld de *Ringer-oplossing*. [\[De Ringer-oplossing is een isotonische infusievloeistof die wordt gebruikt voor de behandeling van dehydratie \(waterverlies uit het lichaam\) en verlies van chemicaliën \(bijvoorbeeld als gevolg van hevig zweten of nierfunctiestoornissen\). AvH](#)

Samenstelling Ringer-oplossing per liter		
Natriumchloride	NaCl	0,9 g
Kaliumchloride	KCl	0,2 g
Calciumchloride	CaCl ₂	0,2 g
Natriumbicarbonaat	NaHCO ₃	0,1 g

Osmotische druk

Wanneer de omgeving van de cel en de celvloeistof zelf een even hoge osmotische waarde hebben, spreekt men van een isotonisch milieu. De cel is dan zodanig gevuld dat ze met het celmembraan net de celwand raakt. Deze normale toestand van de cel heet grenzplasmolyse. Zie middelste situatie op de tekening hieronder.



Hypertonisch = de concentratie van opgeloste stoffen buiten de cel *groter* is dan in de cel

Isotonisch = de concentratie van opgeloste stoffen buiten de cel *gelijk* is aan die in de cel

Hypotonisch = de concentratie van opgeloste stoffen buiten de cel *kleiner* is dan in de cel

Osmose is een belangrijk proces in de levende natuur, omdat celmembranen semipermeabel (halfdoorlatend) zijn. Water kan wel vrij in en uit de cel vloeien, maar opgeloste zouten, proteïnen en andere stoffen, kunnen dat niet. Veel biologische processen zijn erop gericht om deze scheiding tot stand te brengen en in stand te houden. Bovendien is de stevigheid van kruidachtige planten grotendeels op osmose (en op turgordruk) gebaseerd. Als buiten de cel een lagere osmotische waarde heerst dan in de cel gaat water de cel in en omdat de celwand uitzetting voorkomt verkrijgt de cel stevigheid (vandaar dat planten gaan hangen als ze niet voldoende water krijgen).

Heeft de omgeving van de cel een hogere osmotische waarde dan de cel zelf, dan bevindt de cel zich in een hypertonisch milieu. Dan zal er meer water uit de cel diffunderen dan erin. De cel verschrompelt dan en duwt niet langer tegen de celwand. Dit noemt men **plasmolyse**. Als de cel lange tijd in deze toestand blijft, dan sterft ze. Zie eerste situatie op de tekening hierboven.

De omgeving kan ook een lagere osmotische waarde hebben dan de cel. Dan noemt men het milieu hypotonisch. In dat geval zal door diffusie meer water de cel in diffunderen dan eruit. De cel zwelt op en drukt tegen de celwand, dit verleent de cel zijn stevigheid. De druk die zo ontstaat op de celwand noemt men turgordruk, in deze toestand zal er evenveel water uit de cel diffunderen als erin. Zie laatste situatie. In sommige gevallen kunnen cellen daardoor barsten (rijpe kersen na een regenbui b.v.) Omdat diercellen geen celwand hebben kunnen ze door dit fenomeen zelfs gewoon openspatten. Bij bloedcellen noemt men dat **hemolyse**. Om dit te voorkomen worden stoffen via infuus altijd toegediend in 'fysiologische zoutoplossing': dat is een zoutoplossing van 0,9% natriumchloride, die isotoon is met het lichaamsvocht van de mens.

Het natriumzout in het bloed wordt met de methode van de vlamkleuring van een druppel bloed aangetoond. (Na 1).

Vlamkleuren

Als een metaalhoudende stof verbrand wordt kan de vlam, afhankelijk van het metaal, een bepaalde kleur krijgen. Dit effect wordt toegepast om de kleuren te verkrijgen bij Bengaals vuurwerk.



Bengaals vuurwerk

In de scheikunde wordt dit fenomeen gebruikt bij de analyse van stoffen. Aan de kleur is te zien welk metaal in de vlam aanwezig is.



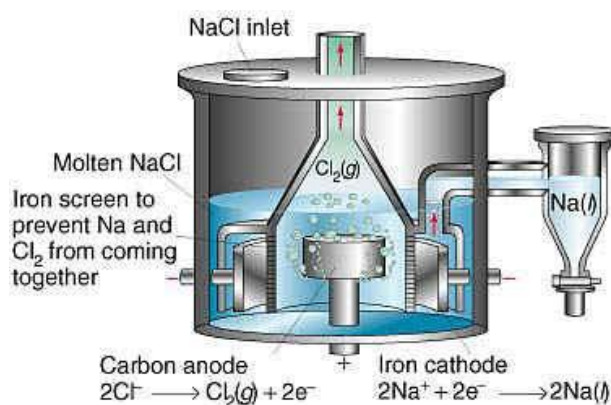
De vlamkleuren van verschillende metalen

Een heel precieze analyse techniek in de scheikunde is de Atomaire-emissiespectrometrie (AES). Met deze techniek kan men de elementen-samenstelling van een monster kan vaststellen. In een atomaire-emissiespectrometer wordt gebruikgemaakt van een zeer zuivere en zeer hete vlam, en worden de monsters in opgeloste vorm door een slangetje met zeer constante snelheid in de vlam gebracht. Door de emissielijnen van de vlamkleur vast te stellen kan de samenstelling van het monster achterhaald worden. Informeel wordt deze techniek ook weleens aangeduid met vlamproef of vlamtest.

Het metaal-spook

Het stabiele, geconsolideerde, d.w.z. het niet-ontlede smeltbare, het isometrisch klein-kristallijne en het in zijn oplosbaarheid weinig temperatuur-afhankelijke natriumchloride, is bekend uit de lessen scheikunde van de 10e klas. Van hieruit gaan we verder en leggen de donkere kern ervan bloot: het metallische natrium.

{49}



Natrium bereiding door middel van elektrolyse van natriumchloride (keukenzout), boven 800 °C

Natriumbereiding (Na_2) laat door alles wat er voor komt kijken zien hoe heftig deze ingreep is. De geproduceerde producten reageren verder met vochtigheid en/of atmosferische zuurstof (zie onder). Eerst moet echter worden besproken, waartoe elektrische stroom eigenlijk in staat is. We moeten teruggaan naar de oudste gelijkstroomproductie. Waar kwam elektriciteit eigenlijk vandaan? In het Volta-element en in de Volta-zuil, en ook in de huidige oplaadbare loodaccu - die we ook voor het experiment hadden kunnen nemen - wordt metaal opgelost. Bij de Voltastroombron is dit zink, in de bekende accu is het lood. Metaal wordt omgezet in zout (in de "stroombron"), zout wordt omgezet in metaal (in de smeltkroes). De stroombron is in feite de aandrijver van de reactie, die door de additie van de spanning in de serieschakeling zo sterk gemaakt worden kan, dat het het steenzout kan overmeesteren. Zo kan het onedele natrium vrijgemaakt worden en het relatief edele lood verdwijnen. In de reageerbuis zou omgekeerd het natrium steeds het lood reduceren. De draden koppelen de beide reacties: ze tonen geen transport van een reagerende stoffen.



Metaal natrium is snijbaar (Na)

Elektriciteit en "metaal-leven". Doordat de reacties door de draden gelijklopend (bij de loodaccu's) of tegen elkaar in lopend (accu's tegen natrium-cellen) gekoppeld kunnen worden, wordt het chemische proces zeer manipuleerbaar - zoals überhaupt elk met dergelijke draden opgeroepen proces. Deze manipuleerbaarheid noemt men samenvattend elektriciteit. Zolang we ons bewegen in galvanische verschijnselen die met gelijkstroomcellen worden opgeroepen, hebben we een spookachtig, op afstand veroorzaakt "metaalleven" voor ons, d.w.z. metalen verschijnen, metalen verdwijnen, vervolgstoffen treden op.

Galvanische cel

Galvanisch element, galvanische cel, voltacel of elektrochemisch element. Het element is vernoemd naar de Italiaanse arts en natuurwetenschapper Luigi Galvani. In 1780 ontdekte hij dat, als twee verschillende metalen (bijvoorbeeld koper en ijzer) met daartussen een in pekeld gedrenkte lap, verbonden werden met de zenuw van een kikkerspier, de kikkerpoot samentrok. Dit verschijnsel werd door hem bio-elektriciteit genoemd.

Secondary Cells - The Lead Acid Accumulator

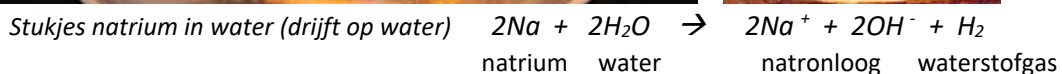
Loodaccu

Een vergelijkbaar metaalleven is tegenwoordig op het open aardoppervlak buiten onze reageerbuisen onmogelijk: de betreffende halfedele of onedele metalen worden al snel geoxideerd door luchtzuurstof. Maar in vroegere geologische tijden, toen de atmosfeer van de aarde nog reducerend of indifferent was, zou je je misschien een metaal-leven kunnen voorstellen. Tegenwoordig moet het, zelfs wanneer het kunstmatig wordt opgeroepen, worden samengetrokken op de technisch geproduceerde materialen en draden. Om deze te maken moet de reducerende oertijd en de voor ons giftige atmosfeer, opgeroepen worden. Deze samentrekking leidt tot het atavistische spook van ieder hedendaags metaalleven, de elektriciteit. Alleen al over dit onderwerp zou men op basis van de voorstellingen van R. Steiner een boek kunnen schrijven. De bedoeling hier is alleen maar om een denkrichting aan te bieden, die van de naïef-realistische naar een ideële opvatting van de elektrische stroom verwijst. <4> {50}

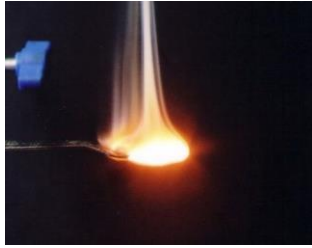
Experimentele verschijnselen

Natrium eigenschappen.

Een stukje natrium dat er enigermate blank en metaalachtig uitziet, wordt in petroleum gedaan en getoond (Na 3a). Een ander deel wordt op een horlogeglas gelegd en aan de lucht blootgesteld; de volgende is het vervloeid, terwijl de erover gegroeide korst in het ontstane loog ligt (Na 3b). Andere stukjes worden op water gegooid (Na 3c), worden stukjes onder water gehouden met het doel het waterstof op te vangen (Na 3d), wordt het op water geworpen in een reageerbuis, waar het bijzonder heftig reageert (Na 3e), op drijvend filtreerpapier gelegd (Na 3f) en in zoutzuur gegooid (Na 3g): steeds ontstaat uit de reactie waterstof en loog (resp. zout) die op verschillende manieren heel heftig verloopt.



Zo leidt de reactie, wanneer er weinig afkoeling plaatsvindt omdat het natrium nauwelijks op het water heen en weer 'schaatst' bij e) en f), tot ontbranding van het waterstof en vervolgens ook van het natrium, dat vanwege de toenemende hoeveelheid warmte, verdampt en uit elkaar spat. Het is opmerkelijk dat de stukjes meteen in ronde bolletjes veranderen: natrium smelt bij 98°C. Op het zoutzuur ontstaat keukenzout, waarvan de verzadigingsconcentratie, na een stormachtig begin, zeer snel wordt overschreden, zodat een onderlaag van zout-slib de waterstroom vertraagt en daarmee de reactie vertraagt. Over het algemeen was immers te verwachten dat het zout het proces vertraagt en kalmeert. Dus doven de, met de afnemende hoeveelheid natrium steeds hoger wordende sissende geluiden, heel zachtjes uit.



Brandend natrium (metaal) op lepel

Nadat wij het natrium blootgesteld hebben aan lucht en aan water, gaan we het in vuur brengen (Na 4). Het smelt direct, draait rond onder de nieuwgevormde oxidehuid en ziet er af en toe uit alsof het zilver is. Al snel zijn er plaatsen met een fel gele, vlamme vacht, dan een heldere fonkeling en tot slot brandt het in nestjes tot het einde toe op. Door erin te blazen kan het tot ontbranding gebracht worden. De rook is alkalisch en prikkelt de keel. Er blijft een wit-gele korst van peroxide achter, die, wanneer deze wordt verhit, een houten spaander doet opvlammen. [zuurstof komt vrij. AvH] Op kalkzandsteen, diatomietsteen of asbest (-vervanger), brandt het zonder peroxidevorming, soms zeer snel en spattend, op soldeerkool traag en op veel koolstof invretend, waarbij een putje gevormd wordt. Goud en platina schijnen door brandend natrium en calcium opgelost te worden en enigszins mee geoxideerd te worden. Het natrium trekt het overtollige zuurstof aan, zo groot is zijn reductieve labiliteit.

{51}

Dit laatste toont zich ook bij de reductie van koolstofdioxide (Na 5). Bij kalium ontstaat in zuivere zuurstof zelfs het hyperoxide KO_2 , dat wordt toegepast als kaliumpatroon (levert zuurstof) bij het ademen in volledig verbruikte lucht.

De over-oxidatie van natrium en kalium komt voort uit hun aard. Deze elementen komen voor in het waterige (loog, zoutoplossing) of in het glasachtig-minerale (veldspaat, glimmer): daar zijn ze eenwaardig. In de volledig droge en geïsoleerde toestand, verzadigen zij zich met zuurstof uit de lucht, in plaats van met water, zuur, kiezel of kooldioxide. Al tijdens de verbranding, worden de stoffen van de onderlaag (koolstof, calciumsilicaat, edele metalen) erin getrokken. De metalen zijn namelijk op zich niet echt levensvatbaar. Hun sterke alkaliteit leidt dan bij de verbranding, voor zover uit de onderlaag (zoals bij hard porselein) niets voor de korstvorming kan worden aangetrokken, tot de hoge oxidatiewaarden. Een proces dat ook overigens ook bekend bij oxidatiesmelten.

Het natriumproces

Uit de evolutionaire beschrijving (zie pagina 6) weten we, dat doordat de vloeistof- en oplossingsprocessen door de leiding van de menselijke ziel eruit vielen, er levenskrachten vrijkwamen voor de waarneming, de verbeelding en het verstand. Het oplossingsproces wordt overgelaten aan externe krachten. Het leven treedt later terug, afstervende krachten leiden tot de eerste vorming van zoutafzettingen. Terwijl op aarde imponderabilia-lege stoffen optreden, namelijk de zoutkorsten en zoutkristallen, polariseert de menselijke gestalte en vormt een gedevaliseerd orgaangebied in het hoofd. Hier ontstaat het voorstellingsvermogen, dat vrij geworden is van het met wilskracht verweven lichaam. Door de inactiviteit ontstaat helderheid. Omdat de vitale krachten in de hersenen zich terugtrekken, kan de spiritueel bewogen ziel, met behulp van de door het naar buiten zetten en terugtrekken van de vrij geworden levenskrachten, werken aan de innerlijke wereld van de voorstellingen, die van buitenaf gestimuleerd worden. Zo kunnen nieuwe innerlijke ervaringen gegenereerd worden en zich grotere verstandelijke vermogens ontwikkelen. Ons hedendaagse logische, voorwerpsdenken is voor een deel gebaseerd op de impuls tot zoutvorming.

Dit spirituele deel van het natrium- of keukenzoutproces dringt door tot in de lichaamssubstantie en wordt lichamenlijk levensproces. Dit kun je innerlijk waarnemen, wanneer je ervaart hoe de zekerheid van het verstand en de doorwerkte voorstellingen zonder dwang opgaan in de continuïteit van de wil. Als ondanks de helderheid van het verstand, ja zelfs *met* deze helderheid, de handelingskracht zegeviert. De kracht komt hierbij niet voort uit het voorstellen, maar dringt van onderop naar voren uit de robuustheid van de levensactiviteit. Het verstand moet het enkel toelaten. Hij moet zich kunnen terugnemen. En toch gaat er van hem een soort licht uit. We hebben een helder denkend en toch idealistische persoon voor ons, misschien licht van huid, slank, gevoelig, maar nog niet asthenisch (lang, slank). Stoffelijk-beeldend verschijnt het geschilderde zieleleven in het spel tussen kristal en oplossing. Het metallische natrium belichaamt met zijn vervloeien en oplossen de beweging naar dit spel. Alleen wanneer we in ons zelf het natriumproces mentaal en spiritueel nagaan, vinden we gezichtspunten voor het hanteren en begrijpen van de experimentele feiten om ons heen.

Het natriumproces bij de mens kan verstoord zijn. Het individuele spirituele deel van de mens kan via het zielelichaam het leven overweldigen: er is dan sprake van **neurasthenie**. Alle vormen van vermoeidheid na stress, vegetatieve dystonie, in combinatie met bleekheid of voedingsstoornissen tot anorexia nervosa, behoren tot dit procesgebied. Hier is natriumchloride, soms ook zeezout, de remedie. In ieder geval moet het zout gepotentieerd zijn. Anders gaat het verloren in het voedingszout, waarvan sowieso 10 tot 20 g per dag ingenomen wordt. Door het potentiëren wordt de stof immers aangesloten op zijn ontstaanskrachten, zodat hij deze (krachten) eerder in werking kan zetten. Van "Natrium muriaticum" of haliet (= steenzout, NaCl) zijn potenties van D3 tot D30 in gebruik. (worden gebruikt bij loopneus en tranende ogen, AvH) Zeer vergelijkbaar met het natrium- of zoutproces is het kalkproces; gedeeltelijk wordt het op dezelfde ziekten ingezet. Bij de beschouwingen over kalk en calcium wordt hier verder op ingegaan.

Neurasthenie is een psychosomatische aandoening die zich uit in snelle vermoeidheid, prikkelbaarheid, en andere klachten als duizeligheid, hoofdpijn, gebrek aan concentratie, depressieve verschijnselen, angst en slaapproblemen. Soms wordt de term gebruikt als ouder synoniem voor overspannenheid en burn-out. De naam werd in 1869 voor het eerst gebruikt door de Amerikaanse neuroloog George Miller Beard.

Dystonie betekent een gestoorde tonus (activatietoestand) van dat autonome zenuwstelsel maar heeft geen betrekking op de spanningstoestand van de willekeurige spieren zoals bij de neurologische extrapiramidale dystonie het geval is. Verschijnselen van vegetatieve dystonie zijn bijvoorbeeld te lage bloeddruk, flauwvallen, zweten etc. (AvH)

<http://www.klassiek-homeopaat.info/natrium-muriaticum-en-phosphorus>

Zout in het lichaam

In het bloedserum van alle diersoorten en ook de mens vinden we verhoudingen tussen Calcium, Kalium en Natrium resp.: 5:10:160. Deze verhouding vinden wij ook terug in zeewater. De zee wordt gezien als de voornaamste bron van leven en schepping.

Zodra men zout in de mond neemt ontstaat er speekselvloed. Het zout wordt direct geabsorbeerd in onze lichaamsvloeistoffen en speelt een zeer ingewikkelde rol. De stroming van lichaamsvloeistoffen in en rondom cellen staat of valt met onze zoutconcentratie. Celmetabolisme is afhankelijk van zout. In ons lichaam wordt zout gereguleerd door het endocriene systeem, zoals de bijniere. Een bijnierschorshormoon (aldosteron) zorgt voor het in standhouden van de zoutconcentratie in ons lichaam. Indien de bijniere niet of slecht functioneren (ziekte van Addison) veroorzaakt dat zoutverlies via de urine. Als men extreem transpireert wordt veel natriumchloride uitgescheiden en zien wij verschijnselen als uitputting, spierzwakte, vermoeidheid, misselijkheid, verlies van eetlust en/of van smaak.

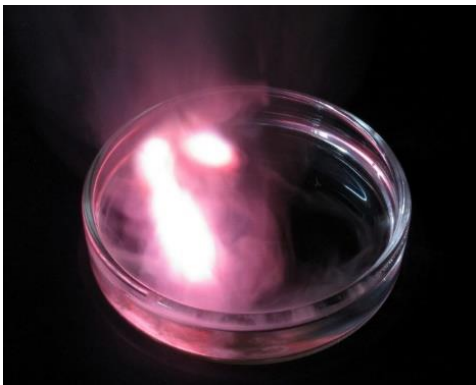
Grote hoeveelheden zout in het lichaam veroorzaken maag-/darmontstekingen en paralyse. Deze zelfde lichamenlijke symptomen zien wij o.a. terug bij het geneesmiddelenbeeld van Natrium muriaticum. (AvH)

2. Het kalium

Vergelijking met natrium. In conventionele leerboeken over schoolchemie worden kalium en zijn verbindingen gewoonlijk alleen behandeld als naaste familieleden van natrium, waardoor de gelijkenis in chemisch gedrag wordt benadrukt. Aangevoerd wordt de in ieder geval iets grotere reactiviteit en oplosbaarheid in water van het kaliumgebied. Als het gaat om de kwantitatieve verdeling op aarde komen de kaliumzouten inderdaad maar een beetje minder voor (= 10%) dan de natriumzouten.

Betekenisvol wordt echter het verschil als we kijken naar de kwalitatieve verdeling bij het voorkomen van de twee zouten: het zeewater is slechts in geringere mate een kaliumoplossing (bevat 40 keer meer natrium). Dit heeft te maken met de sterke binding van kaliumzouten in het silicium-houdende gesteente (vergeleken met natriumzouten), waardoor, als gevolg van erosie, hoofdzakelijk natriumzouten in de zeeën uitstromen.

{52}

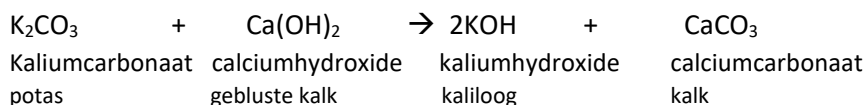


Stukjes kalium in water



Absoluut dominant is de rol van kaliumzouten in de plantenwereld. Dit gaf dit de mens ook de eerste analytische toegang kaliumzouten: de in "potten" uitgeloopte houtas, de zogenaamde "potas" = K_2CO_3 , kon met behulp van gebluste kalk tot kalkloog (KOH) geaustificeerd worden; hieruit won Davy in 1807 voor het eerst elementair calcium via de elektrolytische methode. Vandaar dat kalium tegenwoordig in de Engelse- en Franse taal nog "Potassium" genoemd wordt.

Caustificatie is een oude methode in de chemische technologie voor de bereiding van natriumhydroxide en kaliumhydroxide.



Het belang van kaliumzouten voor de plant wordt beschreven als "vergroete zwellende werking op de plasma-eiwitten, plasmaproteïden en enzymen" en "moet daarom worden gezien in zijn stabiliserende en activerende effecten op de structuur." <5>

Interessant in deze context is, dat nergens op aarde *pure* kaliumverbindingen worden gevonden: zowel in het minerale- als in het plantenrijk komt kalium altijd voor in combinatie met magnesiumverbindingen. Dit feit laat ook zien, hoe de in het Periodiek Systeem der Elementen toegewezen ordening van natrium en kalium enerzijds, en die van magnesium aan calcium anderzijds, de werkelijke samenhangen eigenlijk doorkruist.

Over de betekenis die het voor de mens heeft, werd in het hiervoor behandelde deel "De beweging van het zout in de natuur" reeds gewezen op het feit dat natrium in de lichaamsvloeistoffen de

boventoon voert, terwijl kalium wordt aangetroffen in zenuw- en spierweefsel; waarbij 96% van het kalium in het lichaam binnen in de cellen wordt aangetroffen. Zijn grote werkzaamheid laat kalium waarschijnlijk in de lever zien. Zo bevat bijvoorbeeld het geneesmiddel "Anagallis comp." (WALA), dat wordt aanbevolen voor de behandeling van aandoeningen van de lever en galblaas, het uit beukenhout-as gewonnen en gepotentieerd kaliumcarbonaat.

Samenvattend kunnen we misschien zeggen, dat we ons het kaliumproces overal daar kunnen voorstellen (imagineren), waar het waterige niet alleen verbonden is met eenvoudige oplos- en kristallisatieprocessen, maar waarbij eerder het zwellen en het structureren van een halfvaste - halfvloeibare toestand van betekenis is. We kunnen onze blik daartoe richten op zowel de groeiende plant, als op de menselijke lever.

De overweging dat de vlamkleuring van kalium het typisch rood-violet is, in tegenstelling tot het (meestal dekkende) krachtige geel bij natrium, kan helpen om het verschil tussen de op het eerste gezicht schijnbaar op elkaar lijkende elementen te verduidelijken (K 1).

Het kalium vertoont de kleur van een gebalde gloed, dat enigszins naar het blauwachtig-vloeibare neigt. Het natrium lijkt meer duister vlammend, vol van grote droogte. Aldus vertonen de vlammen in de kleuren de tegenovergestelde stemmingen met de respectieve karakters van het uiterlijk van de twee stoffen.

3. Kalk en calcium

Als eerste hebben we uit de groep van de “kalken”, die natriumzouten, kaliumzouten en calciumverbindingen omvat, in het voorgaande natrium en kalium behandeld. Dat heeft voor de lespraktijk het voordeel dat voor de winning van calcium verwezen kan worden naar de ervaringen bij de natriumelektrolyse, terwijl deze moeilijk met calcium uit te voeren is.

Elementair calcium

Calcium korrels kunnen in de handel verkregen worden. Het is mat grijs en ziet er aangevreten uit; het is zeker geoxideerd en in ieder geval weinig metaalachtig. Hoewel het bij 850 °C smelt, kan het bij 1100 °C niet tot een vloeïend metaal komen, laat staan dat het kan gaan glanzen. Het smeltende metaal wordt blijkbaar geabsorbeerd door de in de hitte groeiende oxidekorst; en als men probeert de voortgaande oxidatie, b.v. in een waterstofomgeving te verhinderen, dan vormt zich een grijze massa, het calciumhydride (CaH₂), dat alleen maar bijdraagt aan een nog verdere verharding (smeltpunt boven 1000°C). Het hydride is een zeer grondig droogmiddel voor gassen, oplosmiddelen en dergelijke, omdat het onmiddellijk ontbindt met water (Ca 1).

{53}

In tegenstelling tot het direct smeltende of aan de lucht vervloeiende natrium, ontbreekt bij calcium volledig de neiging om over te gaan in het vloeibare metaal, of om aan de lucht of met water te vervloeien. Als het verhit wordt toont het steeds vastgeworden, grijze of witachtige korsten. Wanneer het in water wordt gegooid, zinkt het omlaag en sist het steeds krachtiger, totdat het onder krachtige waterstofvorming volledig tot wit slib (gebluste kalk = Ca(OH)₂) uiteengevallen is (Ca 2). Zowel natrium als calcium vertonen in een soort versneld proces de transformatiepaden van de natriumzouten of de kalksubstanties. Bij natrium vervloeiend terugtrekkend tot de een heldere oplossing die in de zee op en neer schommelt, bij calcium overgaan in modder, verstarring en tenslotte de vorming van korsten en lagen.



$\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- + \text{H}_2$
ontstaan

Stukje calcium in water (waterstofgas komt vrij)

→



Na een minuut zien we het witte calciumhydroxide

De opgeloste calciumhydroxide noemen we klakloog

Juist het oplossen van beide metalen kan grote indruk op ons maken. Als we het op zo'n manier doen dat in beide gevallen iets vast neerslaat, door bijvoorbeeld het natrium in geconcentreerd zoutzuur te brengen en het calcium in water, dan beleven we bij calcium een versnellend proces. Het begint langzaam, maar daarna versnelt het proces steeds sterker. Het calcium grijpt om zich heen als een begeerte, terwijl in het water de hele ruimte wordt ingenomen, waarin hij onmiddellijk afzinkt en het van onderaf vult met wit slib. Het natrium daarentegen wordt steeds zachter. Het blijft boven drijven en het witte zout zinkt naar beneden. Eerst geeft het zijn vorm op (smelt tot een kogel), dan heft het zich als object op, waarbij de heftigheid van de reactie als het ware aan de lucht wordt vrijgegeven.

Bij kalk daarentegen, balt zich iets eruptiefs samen en de witte modder spuit eruit. We zullen hieronder de grotere samenhangen van de kalk-activiteit en hun begeerte-natuur behandelen, die hier al in aanzet in beeld zijn gebracht.

De kalkimpulsen in de mens

Allereerst willen we het voorkomen en de functie van kalk in de mens beschouwen, daaraan aansluitend de natuurlijke geschiedenis, dat wil zeggen, de verschijnselen van kalk in het leven van planten en landschappen, en pas met deze achtergrond het behandelen van verdere experimenten.

De botten worden door de meesten beschouwd als het belangrijkste kalkfenomeen bij de mens. Maar bedenk echter dat de minerale substantie van de botten, dat het residu na het drogen en aansluitend oxidatief gloeien, slechts voor 10% uit calciumcarbonaat bestaat, CaCO_3 , de eigenlijke kalk, en voor 85% bestaat uit het hardere, meer elastische calciumfosfaat, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. En in de tanden wordt het carbonaat grotendeels, en het fosfaat gedeeltelijk, uitgewisseld tegen het (qua hardheid tussen calciëet en apatiet staande), bijzonder onoplosbare en zuurvaste vloeispaat (calciumfluoride, CaF_2).

{54}

Samenstelling van een vers runderbot (bij mensen ongeveer dezelfde waarden)

		D'Ans/Lax	Felix	lt. Römp
verlies aan:		%	%	%
water	schedel	14	ca. 50	ca. 10
drogen bij 105 graden C.	ribben	34		
vet	ribben	4	ca. 15	ca. 25
extractie met trichlooretheen	dijbeen	26		
eiwit	dijbeen	16		ca. 25
gloeien. vetvrije organische stoffen: osseïne, collageen	schedel	24	ca. 12,5	
zouten	dijbeen	38	ca. 22	ca. 50
minerale stoffen: as	schedel	53		

Samenstelling van de minerale substanties van botten <6>

a) naar verbindingen		
	Felix	Römp
	%	%
calciumfosfaat $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ en $3[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2] \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$	ca. 85	80
magnesiumfosfaat $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$	1,5	1,4
calciumcarbonaat (CaCO_3)	10	6,6
calciumchloride (CaCl_2)	0,2	?
calciumfluoride (CaF_2)	0,3	0,5
rest en afrondingsfout	1	11,5
alkalizouten	2	?

- 6 FELIX, K. (1951): Physiologische Chemie; Heidelberg
 D'ANS J., LAX, E. (1967) 4: Taschenbuch für Chemiker und Physiker; Heidelberg
 Römp-Chemie-Lexikon, Stuttgart (1989) 9
 LEUTHARDT, F. (1963) 15: Lehrbuch der physiologischen Chemie; Berlin

Samenstelling van de minerale substanties van botten <6>

b) naar elementen			
		D'Ans/Lax	Leuthardt
		%	%
Ca	calcium	38	36,7
Mg	magnesium	0,35	0,6
N	stikstof	0,5	0,8
K	kalium	?	0,15
P	fosfor	18	16,7
C	koolstof	1,36	1,52
P	fosfor	0,05	0,05
Cl	chloor	?	0,04

Samenstelling van de substanties in tanden

	dentine			tandglazuur		
	Römp	D'Ans/Lax	Felix	Römp	D'Ans/Lax	
	%	%	%	%	%	
calcium fosfaat	Ca 27	36	89,9	Ca 36	37	
calciumfluoride	P 13	18		P 17	17	
calciumcarbonaat	F 0,76‰	0,4‰	4,27	F 0,34‰	0,3‰	
magnesiumfosfaat	Mg 0,9	1,1	1,34	Mg ?	0,4	
andere zouten			0,88			
org. substanties	30	23	3,5		2	
water	10	12	5	3	4	

7 De in het voorgaande genoemde getallen worden in de literatuur gevonden met zeer grote fluctuatie. "Terwijl de analyse van gloeiresten nog bij benadering overeenkomstige waarden hebben, fluctueert de informatie voor het watergehalte in vers bot tussen 10% (Römp), 32% (Brockhaus) en 50% (Felix). Mörcke / Betz / Mergenthaler noemen 20 tot 25% delen water voor de intercellulaire substantie van botweefsel, zonder aan te geven hoe groot hun aandeel in levend bot is. Dienovereenkomstig zijn de variaties in de droge stof: men vindt waarden tussen 22% en 65% voor de totale hoeveelheid mineraal! Of het verschil in ouderdom van de botten, meetfouten of afwijkende berekeningen de verklaring leveren, is moeilijk te zeggen - over het algemeen een somber beeld, dat laat zien waar de reductionistische, en altijd enigszins liefdeloze wetenschap, overgaat in de werkelijkheid van het leven.

Brockhaus Encyclopaedia, Mannheim 1987 ¹⁹

MÖRCKE/BETZ/MERGENTHALER (1989) ¹² : Biologie van de mens, Heidelberg

Calciumfosfaat en apatiet <7>, kunnen pas bij fosfor uitgebreid besproken worden. Vooruitlopend kan alvast gezegd worden dat calciumfosfaat verschilt van het calciumcarbonaat door zijn neiging naar te slaan en op te lossen in waterig milieu, enkel door de zuurgraad te veranderen. Het carbonaat is via kooldioxide onderhevig aan invloed uit de lucht, waardoor het verstart, broos en poreus wordt, d.w.z. afgestorven raakt, terwijl het fosfaat meer gesloten, taai, elastischer en meer levend is.

Ze hebben gemeen dat ze beide vast worden vanuit een organisch-animale impuls, die zijn oorsprong vindt in het voelen, zelfs in het verstandig worden toe van het bewustzijn. De mentaal-geestelijke impuls leidde evolutionair en uiteindelijk ook tegenwoordig nog bij de individuele mens tot de mineraalvormingen van de kalkbase. De kalkbase is als gemeenschappelijke 'stof' de ene kant van de impuls. Hoe deze impuls zich door carbonaat, respectievelijk fosfaat en door de onderliggende universele krachten van koolstof en fosfor, differentieert, wordt in de desbetreffende hoofdstukken toegelicht. Of beter gezegd: de impuls van de kalkbasenstam metamorfoseert zich in beide.

Apatiet

Apatiet is een mineraal, of eigenlijk de naam voor een mineraalgroep, want de samenstelling van apatiet kan verschillen. De algemene chemische formule van het chloor- en fluorhoudende calciumfosfaat is $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F},\text{Cl},\text{OH})$.

De apatietreeks wordt onderverdeeld in:

- Fluorapatiet: $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$
- Chloorapatiet: $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$
- Hydroxyapatiet: $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$

Fluorapatiet is verreweg het meest voorkomend, waardoor apatiet ook wel als synoniem voor fluorapatiet gebruikt wordt. In apatiet kan ook een hoeveelheid carbonaat voorkomen. Verder bevat het doorgaans kleine hoeveelheden van bepaalde metalen, waaronder ijzer, mangaan, magnesium en uranium.



Fluorapatiet. São Geraldo do Baixio, Doce valley, Minas Gerais, Brazilië.



Fluorapatiet, doubly-terminated crystal in calcite from Pontiac County, Quebec, Canada.



Chloorapatiet: $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$ met kwarts



Hydroxyapatiet vindplaats: Cerro Huañaquino, Departamento Potosí, Bolivia

In zuivere vorm is hydroxyapatiet kleurloos en doorzichtig. Door polykristallijne vorming kan hij er ook wit uitzien. Door het inbouwen van vreemde stoffen kan hij ook grauw, geel, groen, bruin of zelfs zwart gekleurd zijn.

Hydroxyapatiet vormt de basis van de harde substantie (**botten, tanden**) van alle vertebraten. Het is aanwezig in botten voor ongeveer 40%, in het tandbeen (dentine) voor 70% en in het tandglazuur voor 95%. Hiermee is het tandglazuur met een Mohse-hardheid van 5 het hardste materiaal van ons lichaam. Na het doorbreken van de tand vindt het grootste deel van de mineralisatie plaats: door Ca^{2+} en fosfaten in de vorm van apatiet op te slaan, krijgt het glazuur zijn uiteindelijke hardheid.

Tandglazuur beschermt niet alleen mechanisch, maar ook chemisch. Toch kan hij wel oplossen, dat doet het bij een $\text{pH} < 5,5$. In de mond zorgen bacteriële zuren en fruitzuren voor het zure milieu. Dit kan worden voorkomen door het substitueren van de hydroxide-ionen door een fluor-ion, bijvoorbeeld door fluoride toevoegingen in tandpasta, zoutoplossing of water.

Het van nature voorkomende calciumfosfaat komt niet overeen met het chemisch zuivere en kristallijne hydroxyapatiet, maar heeft substituties in het kristalrooster. In eerste instantie vindt bij contact met carbonaationen, bijvoorbeeld uit het bloed en interstitiële vloeistof, een substitutie van PO_4^{3-} door CO_3^{2-} plaats. Een andere belangrijk substituent in vivo is magnesium, maar ook natrium- en zinkionen en biologische stoffen zoals citraat en eiwitten worden gesubstitueerd.

Biografische ontwikkeling. Bij haaruitval kan - vooral bij oudere mensen - de schedel met zijn oneffenheden, als een verbeende, karakteristieke schaal in verschijnen treden. Bot wordt persoonlijkheidsexpressie. De schedel staat, samen met het borstbeen en sleutelbeen, als platte beenderen tegenover de zogenaamde pijp- en onregelmatige beenderen, die de rest van het skelet vormen. D.w.z. de platte beenderen worden heel vroeg gevormd, namelijk vanaf de 7e embryonale week van de dermale laag, en is bij de geboorte qua ossificatie ver gevorderd. Terwijl de pijp- en onregelmatige beenderen de plaats innemen van eerdere delen van het kraakbeen en pas vanaf de 10e week de eerste botkernen vertonen, die grotendeels pas na de geboorte uitgroeien. De calcificatie (verkalking) of betere ossificatie (verbening) gaat dus uit van de schedel. Daar bevindt zich de afsterf-pool en tegelijkertijd het deel met de sterkste, meest verfijnde vormdifferentiatie van het hele lichaam. Wat tot schedel geworden is, d.w.z. gedifferentieerd en blijvend verhard is, kan alleen maar afsterven. Het woord schedel komt van Schadet, de kleine schade. Het Latijnse woord voor hoofd is caput - voor ons een term die staat voor iets dat kapot is, afgedaan is.

Beenvorming

Ossificatie is het proces waarbij beenderen gevormd worden. Er zijn twee soorten ossificatie.

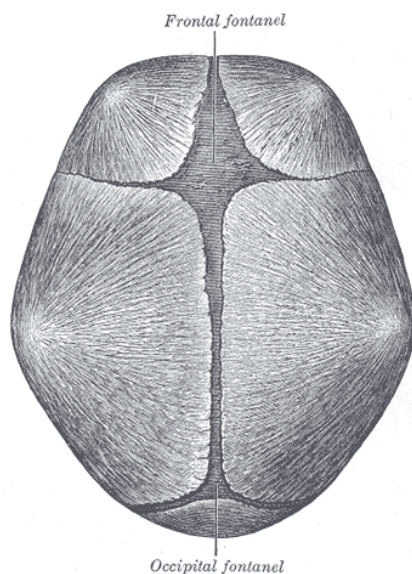
1. Bij endesmale (intramembraneuze) ossificatie ontstaat het bot vanuit het omringende bindweefsel. Dit gebeurt in het embryonale stadium. Tot de achtste week bezit een embryo nog geen botten, maar bestaat het hele skelet uit vezelige membranen en kraakbeen. Vervolgens zet ossificatie in, waarbij het skelet langzaam omgezet wordt in botweefsel. Het voornaamste voorbeeld zijn de verschillende schedelbeenderen, zoals het schedeldak.
2. Enchondrale ossificatie, ook wel dermische ossificatie genoemd, vindt de botvorming vanuit het kraakbeen plaats. Dit gebeurt na de geboorte. Mesenchymcellen condenseren tot eiland-achtige voorlopercellen. Deze differentiëren tot osteoblasten en bouwen de botmatrix (osteoïde) op, die vervolgens mineraliseert. In het proces assembleren ze zichzelf geleidelijk door de bevestiging van verdere osteoïde lagen en worden ze osteocyten (rustende cellen). Dit resulteert in individuele ossificatiepunten die zich verenigen en zo het voltooide bot vormen.

Schedel

De schedel van een skelet bestaat uit verschillende schedelbeenderen. Bij mensen is dit ook na de geboorte nog zichtbaar (zie fontanel). Deze beenderen hechten zich middels ossificatie aan elkaar.

De fontanel is een opening tussen de delen waaruit de schedel is opgebouwd (de schedelbeenderen).

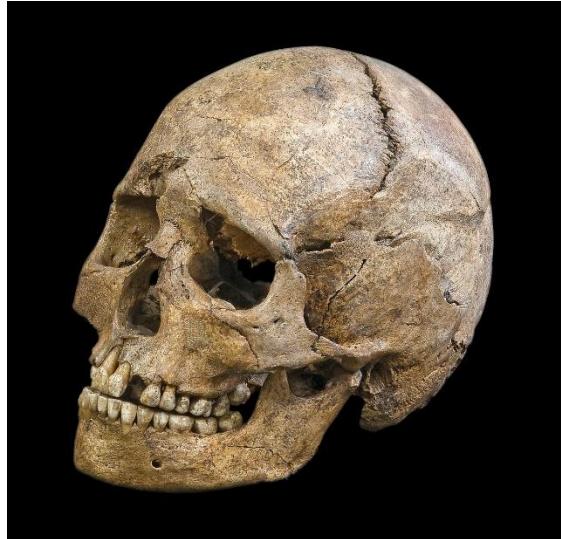
De meeste pasgeborenen hebben twee fontanellen: de grote en de kleine fontanel. De grote fontanel (die de vorm van een ruit heeft) ligt vlak boven het voorhoofd, de kleine fontanel (die de vorm van een driehoek heeft) ligt ter hoogte van de kruin.



Botremodellering

De botremodellering staat onder de controle van twee systemen: (1) het hormonale systeem wat verantwoordelijk is voor het constant houden van de calciumconcentratie van het bloed en (2) de mechanische krachten en zwaartekracht die inwerken op het skelet.

Het belang van het hormonale systeem wordt duidelijk wanneer het belang van een constante calciumconcentratie wordt uitgelegd. Calcium is nodig voor een heel scala aan fysiologische reacties in het lichaam; prikkelgeleiding, spiercontracties, bloedstolling, secretie door klieren en zenuwcellen en celdeling. Het menselijk lichaam bevat ongeveer 1200-1400g calcium en meer dan 99% hiervan is opgeslagen in het skelet. Ongeveer 1,5g van het calcium bevindt zich in het bloed. De calciumconcentratie van het bloed zit tussen de 90 en 110 mg/L bloed. Calcium wordt onder de invloed van Vitamine D-metaboliëten uit de darm geabsorbeerd.



Menselijke schedel

<https://www.gezondheidsplein.nl/menselijk-lichaam/botten/item45095>

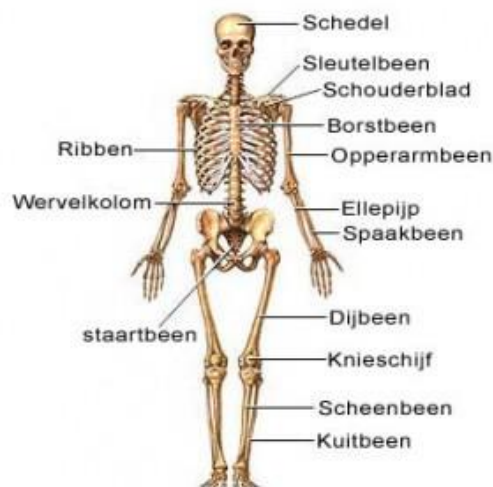
Het menselijk lichaam bestaat uit verschillende typen botten:

Pijpbeenderen. Deze botten zijn de slanke beenderen. Deze bestaan uit een schacht (het middengedeelte) die meestal gevuld is met geel beenmerg. Aan de uiteinden zitten bredere stukken die de kop of kom van een gewricht vormen. In deze uiteinden zit meestal het rode beenmerg. Er wordt ook nog onderscheid gemaakt tussen lange en korte pijpbeenderen. Voorbeelden van lange pijpbeenderen zijn dijbeen, scheenbeen, kuitbeen, opperarmbeen, spaakbeen en ellepijp. Korte pijpbeenderen zijn bijvoorbeeld de middenhandsbeentjes, middenvoetsbeentjes, vinger – en teenkootjes.

Onregelmatige beenderen. De botten die niet tot de bovenstaande types behoren, worden onregelmatige beenderen genoemd. Voorbeelden van onregelmatige beenderen zijn de wervels en de hand- en voetwortelbeentjes.

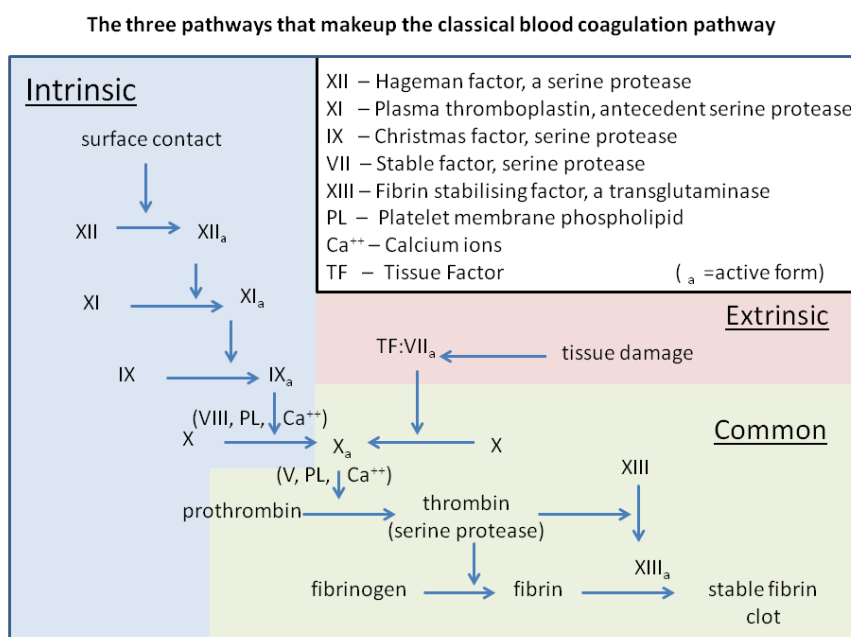
Platte beenderen. Bij deze botten liggen de buitenlagen dicht tegen elkaar aan. Voorbeelden zijn de schedel, ribben, schouderbladen en heupbeenderen.

Sesambeenderen. Een sesambeen is een bot dat zich bevindt in het verloop van een pees. Een voorbeeld is de knieschijf. Ook in de handen en voeten bevinden zich sesambeenderen.



Kalk in het bloed. Het gehalte in het bloed van de base-stam calcium (Ca^{2+}) is gering; het is 100 mg/L bij volwassenen. De dagelijkse omzetting van deze base-stam is 0,75 g. Het voedsel levert bijna altijd meer calcium; een veelvoud passeert via het spijsverteringskanaal. Die kalk, hoewel deze in het dagelijks voedsel al meer dan genoeg aangeboden wordt en desondanks als geneesmiddel kan dienen, laat zien dat er geen stoffen (ionen, elementen) werken, maar dat aan dit proces iets van buiten het lichaam worden overgedragen, dus iets van het kalkproces. In het bloed is de basestam calcium belangrijk voor de bloedstolling. Evenzo hangt de melkstolling af van de werking van de kalk. Zijn stollings- en korstvormingsimpuls gaat door het leven heen. Dit komt ook tot uiting in de vermindering van de prikkelbaarheid van de zenuw door calcium (kramptherapie). Meer over kalktherapie zie onder.

De bloedstolling is een proces dat over vele schijven verloopt. Calcium is een noodzakelijke stof in reeks reacties die uiteindelijk leidt tot het vast worden van het bloed. Zie schema. AvH



Kalk als bewustzijnsproces. De devitalisering van het hoofdgebied bij de mens, maakt ruimte vrij voor verbeeldings- en denkprocessen. Deze zielsactiviteiten zijn gebaseerd op de kalkbase. Ze zijn gebaseerd op afstervende processen in het organisme. Steiner verklaarde op 02-07-1922,

"dat er bijvoorbeeld mensen zijn, die als het ware neigen naar skeletvorming. Daarmee bedoel ik niet dat zij een sterk skelet hebben, maar dat ze in de rest van het organisme veel kalkafzettingen hebben. Er zijn, als ik het zo mag zeggen, kalkrijke mensen en kalkarme mensen. Natuurlijk moet je je niet voorstellen dat dit heel veel is. Je moet het natuurlijk zien als een homeopathische dosis, maar het heeft zijn eigen, grote betekenis. De meer kalkhoudende mensen zijn in de regel de slimmeren, degenen die fijne begrippen kunnen samenvoegen en ze weer uit elkaar kunnen pellen . . . Een persoon, die dus door zijn vorige leven op aarde de aanleg gekregen heeft, in een incarnatie een heel slimme persoon te worden, bijvoorbeeld een zeer goede wiskundige. Hij ontwikkelt dus tussen dood en een nieuwe geboorte mentaal-geestelijk dergelijke krachten, die dan in hem het kalkachtige afzetten. We zijn afhankelijk van kalkafzettingen in ons zelf, als we slim willen worden. We zijn daarentegen meer afhankelijk van de afzettingen van het kleiachtige – datgene wat bijvoorbeeld in gevormd leesteen of klei leeft, wanneer we eerder de wil willen ontwikkelen." <8>

We moeten nu ook hier terugkijken op de evolutie in de Lemurische tijd. Nadat in het kiezellevens van de aarde de eerste plantvormen verschenen als zwevende afzettingen, komt de kalk, of beter, het leven van de kalk, vanuit de kosmos naar de aarde. De kalk stijgt dan in deze eiwitachtige, dichte atmosfeer weer op. Hij verdicht zich in gestolde, zwevende, dierachtige eiwitvormen. Daarna komt hij weer naar beneden en brengt daarmee de dierlijke wezens op aarde.

"We weten dat in de aarde iets aanwezig is, dat in het toenmalige stadium van de wording van de aarde wezenlijk was, iets dat we in de onopvallende kalk, die ook in de Jura zit, aantreffen. In de kalkgebergten, in de kalklagen van de aarde, hebben we wat we willen beschouwen. En we hebben de aarde omhuld met, wat ik gisteren het vloeibare eiwit heb genoemd. En we weten dat de kosmische krachten zodanig in dit vloeibare eiwit inwerken, dat het vloeibare eiwit in bepaalde vormen stolt. En we hebben gehoord dat tijdens deze toestand van de aarde in wording, in verhoogde mate, in een dichtere mate datgene plaatsvindt, wat wij tegenwoordig bij het opstijgen van waterdamp en bij het omlaag vallen van het water zien. Het kalkachtige stijgt op en doordringt datgene wat zich in het vloeibare eiwit verdicht heeft met kalk, vult het zodanig op, dat het het beenachtige als inhoud krijgt; we hebben hier te maken met de dierwording tijdens de wording van de aarde. Het dier wordt als het ware door de geestelijke wereld, die in het kalkachtige leeft, naar beneden gehaald uit de nog eiwitachtige atmosfeer". <9>

De grotschilderingen uit de ijstijd, die bijna uitsluitend diervormen op de kalkmuren in de berg afbeelden, spreekt ons speciaal aan vanwege de diepe waarheid van deze associatie van het kalkwezen van de grotformaties met de dierencontouren.

Al het dierlijke, in de breedste zin van het woord, kan alleen door de krachten van de kalk op de vaste aarde rondlopen. Zijn verschijnen en zijn activiteit is kalkimpuls, ook vandaag nog. Evenzo is het alledaagse denken een kalkimpuls. De variëteiten van de denkvormen zijn gestoeld op de variëteiten van de diervormen: *"Men kan dus zeggen, dat de kalkvorming, die stralingen en stromingen in zich draagt, niet alleen geschikt is om het dier in zijn gestalten op de aarde te vormen, maar ook in ons als materiële basis werkt, zodat we innerlijke gedachten kunnen vormen. Buiten in de ruimte bevinden zich de vele dierengestalten. Binnen in ons intellect bevinden zich de gedachtevormen. Ze zijn niets anders dan in het geestelijke omgevormde dierlijke gestalten. Het gehele dierenrijk is tegelijkertijd het verstand. Dit gehele dierenrijk, geprojecteerd naar binnen in de mens, zodat het daar in de beweeglijke gedachtevormen verschijnt, dat is het verstand. Maar net zoals het dierenrijk buiten voor zijn gestalten de kalkvorming nodig heeft, zo hebben wij in zekere zin een inwendige, verfijnde kalkafzetting, dus ook de kalkvorming nodig, om slim te worden. Als de mens op een buitensporige manier kalk zou afzonderen, dan zou de slimheid zich juist weer van hem afscheiden, ze zou niet bij hem blijven. Het zou in zekere zin aanleiding geven tot een objectief ontwikkelde slimheid, die echter niet bij zijn persoonlijkheid blijft. Alles is gebonden aan een bepaalde maat der dingen." <10>*

9 STEINER, R. (1923): *Mysteriengestaltungen*, GA 232; 6e voordracht. Verder ook in de 5e voordracht

10 STEINER, R. (1922): *Menschenfragen und Weltenantworten*, GA 213; 5e voordracht

{56}

Als de kalkafscheiding dus te sterk wordt, waardoor de kalk massaal wordt afgescheiden uit de vloeistofstroom, dan ontsnapt daarmee ook de persoonlijke slimheid, d.w.z. het vermogen om voor eigen doeleinden tot geraffineerde gedachten te komen. Het verstandige verandert in het bewust worden van iets algemeen, iets objectiefs, waarin zij opgaat. Zij treedt door de ontmoeting met dit

laatste in verschijning. Zij verwijdert zich van het eigen wezen, doordat zich de objectiverende kalk naar buiten toe afzet.

Kalktherapie. Deze samenhang kan nu worden gebruikt, om bij **neurasthenie** de te sterk organisch ingrijpende verstands- en bewustzijnskrachten af te leiden. Steiner heeft de kalk als geneesmiddel in deze richting aangegeven.

*"Nu kunnen we de kalk heel goed gebruiken als we hem tot een geneesmiddel maken, bijvoorbeeld wanneer het opvalt dat kinderen zich bijvoorbeeld niet meer goed kunnen voeden. Dit is nu vooral in Duitsland merkbaar. In Duitsland is het nu verschrikkelijk. Onlangs, toen ik naar Stuttgart kwam en de Waldorfschool weer eens bezocht . . . bracht men een kleine jongen uit de klas naar mij toe in de conferentiekamer en zei: Wat zou men met hem moeten doen? Hij kan helemaal niet meer eten. De dokter heeft hem al opgegeven. Natuurlijk, door **ondervoeding** krijgen de spijsverteringsorganen geleidelijk de gewoonte dat ze niet langer meer verteren, ze wijzen alles af; . . . Hier komt het kleine beetje leven dat in de kalk zit, zeer van pas. Als de kalk namelijk op de juiste manier als geneesmiddel wordt gebruikt, dan kan men deze sluimerende spijsverteringskrachten weer wakker maken . . . De kalk wordt dan nog steeds opgenomen, wanneer hij, zeg 5%-ig aan het kind wordt toegediend."* <11>

In de eerste medische cursus in 1920 beschrijft Steiner precies hoe kalk, in tegenstelling tot zout, bij neurasthenie kan worden gebruikt. Maar het moet wel **oesterkalk** zijn, omdat hij de afbraakprocessen samen met het te hard ingrijpend bewustzijn zo naar buiten schuift, zoals de oester haar kalklagen onder elkaar legt; een weke, vitale binnenruimte uitsparend (die vervolgens bij het eruit slurpen genoten wordt). <12>

Kalk werkt hier niet als voedingsmiddel. De ziekmakende en ondervoedingsbeschadigende werking door gebrek aan voedsel werkt het tegen. Kalk doet dit door tegen de inwerking van de bewustzijnskrachten op de onderpool van de mens in te gaan. Door dit laatste wordt de voedselverwerking weer in de goede stand gezet. Dus wordt de zelfversterking van het ondervoedingssyndroom opgeheven.

Een andere, wijdverbreide toepassing van oesterkalk, conchea genaamd, wordt hieronder gegeven. Het is de **rachitis** profylaxe met de zogenaamde opbouw-kalk 1 en 2. Opbouw-kalk 1 is D6 gepotentieerde apatiet samen met pompoenbloemen-extract en wordt 's morgens ingenomen; het heeft een gunstige invloed op rachitis van de ledematen. Terwijl opbouw-kalk 2 zich richt op de koolzure kalk in de vorm van oesterkalk tegen craniotabes (het niet hard willen worden van de schedel van de baby, AvH). Opbouw-kalk 2 is conchea 5%-ig met gepotentieerde eikenschors extract in lactose en wordt 's avond ingenomen.

<https://www.shop-apotheke.com/homoeopathie/11514469/weleda-aufbaukalk-1.htm>

Opbouw-kalk 1 en 2

Werkzame stoffen: 100 mg apatiet D5, 100 mg Cucurbita flos D2, Apatiet / Conchae

toepassingen:

Volgens antroposofische kennis van de mens en de natuur. Dit omvat: het stimuleren van het kalkproces, b.v. bevordering van de gezonde botten- en tandvorming bij baby's en tijdens de zwangerschap.

Beschrijving

Het menselijk lichaam is niet alleen een 'verzameling van stoffen', maar is in de eerste plaats een samenhang van krachten. De levensprocessen, die de stoffen organiseren en transformeren, werken in de vorm van opbouw- en afbraakkrachten. Als dit krachtenspel wordt uitgedaagd, is het noodzakelijk om het organisme te ondersteunen. Dit geldt met name tijdens de zwangerschap en borstvoeding en bij het opgroeiende kind.

De Weleda Opbouwkalk 1 vormt samen met Weleda bouwcalcium 2 een eenheid:

Weleda Opbouwkalk 1 wordt 's ochtends ingenomen. Hij ondersteunt de vormende, vormgevende processen in de botvorming.

Weleda Opbouwkalk 2 wordt 's avonds ingenomen. Hij ondersteunt de opbouwende, voedende processen.

De speciale farmaceutische samenstellingen van Weleda Opbouwkalk 1 en 2 zijn geen "calcium"-preparaten in de traditionele zin. Het zijn geen supplementen, maar helpen het organisme om de met het voedsel opgenomen stoffen beter te verteren en te verwerken.

<http://medisch.weleda.nl/?id=3224>

Conchae, oestercalcium



De geneesmiddelsstof 'Conchae' bestaat uit gereinigde, tot poeder vermalen oesterschelpen van *Ostrea edulis*, de gewone of platte oester. Het is een natuurlijk calciumcarbonaat.

De oester leeft op de zeebodem in de nabijheid van de kust; ze verkiest een rotsachtige ondergrond en weinig bewegend water. Ze voedt zich voortdurend door water door zich heen te laten stromen en er de voedzame bestanddelen uit te zeven: plankton, algen en kleine deeltjes organisch afval. Ze filtert tot 250 liter zeewater per dag.

Oesters hebben een aparte levenscyclus: ze wisselen meerdere keren tijdens hun leven van geslacht. Vanaf het einde van de lente tot in de zomer vindt de voortplanting plaats. De op dat moment mannelijke oesters lossen spermacellen in het water. Deze worden door de stroming meegevoerd en komen zo terecht in de op dat moment vrouwelijke oesters. Binnenin de mantelholte ontwikkelen de bevruchte eitjes zich tot piepkleine 'oesterlarfjes' met mini-schaaltjes.



Na een broedperiode van zeven tot tien dagen worden de larfjes vrijgegeven in het water. Ze zweven een tweetal weken vrij rond tussen het plankton, voeden zich ermee en groeien snel. Door het toenemende gewicht van hun schelpjes zakken ze tenslotte naar de bodem, waar ze zich vasthechten op hard substraat met behulp van een klier die een 'cement' afscheidt, dat snel hard wordt. Na circa vier, vijf jaar worden ze geschikt geacht voor consumptie (8-10 cm groot) en opgevoerd, maar ze kunnen wel 30 jaar oud worden (en dus ook veel groter).

De oester neemt calcium uit het zeewater op in haar weke, eiwitrijke lijf. Ze verbindt de opgeloste calcium met koolzuurgas (CO_2) en scheidt vervolgens, van binnen naar buiten, vaste koolzure calcium (CaCO_3) in laagjes af, samen met een hoornachtige stof. Zo vormt ze zich een beschermend buitenskelet.

De kalk, oorspronkelijk fijn verdeeld en opgelost in het dierlijke eiwit van de oester - als levende substantie -, wordt geleidelijk aan omgezet en afgescheiden als het kalkzout van de schelpen, een harde, minerale, eerder 'dode' vorm.

In de loop der jaren nemen de oesterschelpen in dikte toe, waarbij een onregelmatig ovaal bouwsel gevormd wordt, met smalle, onduidelijke jaarringen. Het proces in zijn geheel is krachtiger dan bij de mossel, er wordt een dikkere mantel gevormd, met meer lagen en toch poreus.

De vuil-grijsbruine buitenkant van een oester ziet er geschubd (als verhoord) uit, de binnenkant witachtig glanzend.



Honingraadstructuur van colloïdale laag in opaal

De typische parelmoerglans binnenin ontstaat door de bijzondere ordening van ontelbare microscopisch kleine kalkspaat -(calciumcarbonaat)-plaatjes. Het parelmoer omvat verschillende lagen, met telkens, tussen twee kalkkristal-lagen in, een organische matrixlaag (uit elastische biopolymeren, zoals chitine, lustrine en zijdeachtige proteïnen). Deze mix maakt het materiaal sterk en veerkrachtig. Bij de organisatie van dit steeds wederkerend patroon van lagen, spelen bepaalde eiwitten een cruciale rol.

De oester kan als natuurlijk 'voorbeeld' gezien worden voor verschillende pathologische afgrenzingsprocessen bij de mens, zoals bijvoorbeeld bij exsudatieve diathese.

Deze treden in het bijzonder op gedurende intensieve ontwikkelingsfasen, zoals bij een grote groeisput in de kinderjaren, of bij ingrijpende veranderingen zoals in de overgang.

Er dreigt dan een disbalans te ontstaan tussen vorm en afgrenzing enerzijds en groei- en opbouwprocessen anderzijds. Het organisme kan zich in zijn geheel gaan gedragen als 'zintuigorgaan' en overmatig 'open' worden voor omgevingsinvloeden.

In al die gevallen maakt de antroposofische geneeskunde dankbaar gebruik van Conchae, met als hoofddoel de patiënt te helpen zich naar buiten toe beter af te grenzen.

Deze uit levensprocessen stammende kalk wordt gemakkelijk opgenomen en kan zo direct verstevigend en vormend werken, en daardoor ook rustgevend.

Substantieel toegediend kan oesterkalk bijdragen aan een betere kalkstofwisseling.

Kalk en planten

Hoewel de sterkste uitwerking van de kalkimpuls kan worden waargenomen als verharding in het gebied van voelende en bewuste, levende wezens, is ook een plantenleven zonder kalk niet mogelijk. Hooguit is voor de groei van schimmels en bacteriën de noodzaak van kalk tot nu toe nog niet aangetoond. <13>

Vanuit de fysiologie van de plant, wordt het calcium beschouwd als de tegenspeler van kalium. Kalium is gunstig voor zwellingsprocessen, terwijl calciumzouten alle membraan- en plasmastructuren van de cellen stabiliseren, ja zelfs een dehydraterende werking hebben op de cellen. <14> Chemisch is het vooral aantoonbaar in de transpiratie- en vloeistofstromen van planten en bereikt zodoende de periferie van deze organismen. In dit opzicht vinden we hier opnieuw een omkering van de verhoudingen bij de mens.

Kenmerkend in dit verband is ook wel het analytisch aantoonbare verschil in het Ca-gehalte van vruchtvlees en vruchtschil. Bij sinaasappel vond men 42 mg% in het vruchtvlees en 157 mg% daarentegen in de schil. <15> Het lijkt er sowieso op dat de gezonde vruchtvorming vooral

afhankelijk is van een uitgebalanceerd aanbod van Ca / K / Mg uit de bodem, waarbij de behoefte toeneemt met de intensiteit van de stikstofbemesting.

De onomkeerbare ophoping van kalk in de periferie, hangt waarschijnlijk ook samen met het feit dat alle planten steeds weer hun oude bladeren moeten afstoten en de boomstammen naar schorsvorming neigen: te veel kalk remt de vitale processen. Met name in de schors van de eik (**Quercus robur**) vindt de farmaceut een rijke bron aan plantaardig kalk, wanneer hij kalk voor de mens nodig heeft (Ca 3). Zij geeft 7,5% calciumcarbonaat, dit is ongeveer vijf keer de hoeveelheid van berkenschors of drie keer die van de schors van een spar.

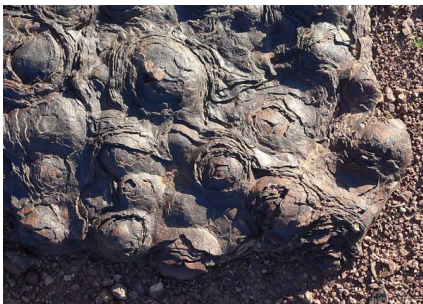
{57}

Een dergelijke stof wordt in gepotentieerde vorm toegepast- eventueel samen met minerale kalk (bijvoorbeeld "Calxjurassica = Jura kalk") – voor de genezing van allergieën, huidziekten en klachten van het onderlijf. Ook hier vestigt en fixeert de kalk vormende krachten, door vanuit het centrum van de mens naar de periferie toe te werken.

In een geheel andere richting wordt het kalkproces verduidelijkt, wanneer men leest, dat "de oudste veiliggestelde geologisch levende wezens", die zijn ingedeeld in de categorie van de blauw(groene) algen, aan ons de algenkalk van stromatolieten hebben achtergelaten. Het zijn platte, vaak broodvormige lichamen van enkele tot honderd centimeters lang, die aan zee-kusten in het gebied van de branding gevonden worden. Ze zijn lamellenachtig opgebouwd en bestaan uit afwisselend donkere (= organische) en lichte (= kalkhoudende) lagen. Hun ouderdom wordt op 3 - 4 miljard jaar (Precambrium) geschat. Men stelt zich hun vorming voor, door binding van sedimenterende kalk aan zogenaamde blauwalgen-grasmatten.



Stromatoliet uit het Precambrium



Voorbeeld van een fossiele stromatoliet



Levende stromatolieten gevonden op Tasmanië.

<http://www.geologievannederland.nl/tijd/reconstructies-tijdvakken/precambrium>

Stromatolieten

Het Precambrium beslaat 88% van de aardgeschiedenis. In deze beginperiode werd de aarde gevormd, kwam het eerste eencellige leven tot bloei en ontstonden de voorlopers van alle huidige levensvormen. Het is een tijd waarin continenten verschenen en weer verdwenen en de aarde mogelijk meerdere malen bijna helemaal bevroor tot een harde ijsbal. In warme kuststreken vormden oerbacteriën gelaagde kalkklompen. Deze stromatolieten zijn wereldwijd in Precambrische gesteenten te vinden. Het oppervlak en de atmosfeer waren heel anders dan nu. Door het ontbreken van zuurstof vond er geen oxidatie plaats en mogelijk was het oppervlak van landmassa's daardoor wit gekleurd. Tijdens het Archaicum (3,8-2,5 miljard jaar geleden) ontstonden de eerste continenten. In de Precambrische oceanen ontstond al snel na het einde van de Hadeicum het eerste eencellige leven. Leven op het land was er nog niet. De aarde zou destijds een vijandige omgeving zijn geweest voor mensen: heet, nauwelijks beschermd door een atmosfeer en vrijwel zonder zuurstof. Ook de hoge ultraviolette straling zorgde ervoor dat landleven geen schijn van kans maakte.

Bij dergelijke verklaringen, zou men zich kunnen afvragen waarom deze verbinding van het kalkachtige met een meer plantaardig oer-wezen niet voortgezet is, zodat wij tegenwoordig nog kalkplanten met een skelet van beenderen zouden vinden, zoals dat bij dieren het geval is. De door R. Steiner overgeleverde, en op pagina 55 weergegeven voorstelling van een "kalkregen" in de oertijd, wijst toch op de principiële mogelijkheid van een dergelijke verkalking.

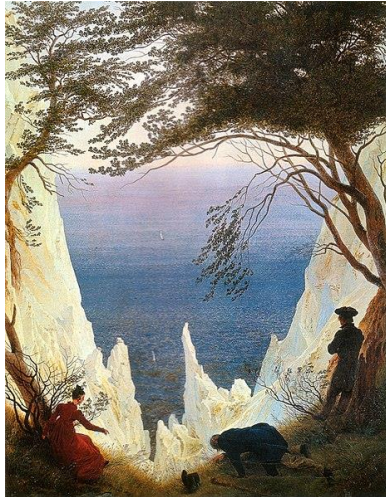
Maar als je echter, de door de verharding mogelijk gemaakte andere werking van de kalk, de bewustzijnsvorming (zie blz. 5) in aanmerking neemt, kun je begrijpen, dat een voortijdige "verkalking" van levende organismen op aarde, dit verhinderd zou hebben. De plantvorming uit en in het meer beweeglijke kiezellevens op aarde, moest eerst begonnen zijn, om zodoende een voorstadium voor de latere diervorming te kunnen laten verlopen. Het ontstaan van de genoemde algenkalk zou, zo gezien, een door vervroeging noodzakelijk doodlopend pad in de evolutie geweest zijn. Zulke doodlopende paden schijnen ook later steeds weer – bijvoorbeeld als Dinosaurussen - of als Neanderthalers – te zijn voorgekomen.

De kalk in het leven op aarde

Kalklandschap. Het grootste deel van de bovenste korst van de aarde (tot 16 km diepte), bestaat uit kiezels en silicaten (zie pagina 18). De koolzure kalk vormt slechts ongeveer 1,5% van de korst. En toch is hij een veelvuldige vormgever van het landschap. De kalklagen liggen dicht aan het oppervlak, de kiezel meer in de diepte. Er zijn veelzijdige kalklandschap beschrijvingen. <16> Alles overziend, zie je in de kalkformatie dramatiek, concreetheid en gebeurtenissen. De kalk komt niet tot rust en tot afronding. De fijnste verschillen in bladeren van een geologische laag, de sedimentatie verhoudingen (facies), de fossielen, de ijzersteen, de vuursteenknollen en de pyrietknollen, enz. differentiëren het kalkleven. Zij zijn aanleiding om goed te kijken en zaken rationeel in te delen. Het verstand wordt reeds door het uiterlijke beeld, met constructies in ruimte en tijd en met tektonische verrassingen beziggehouden. Ook de plantenwereld op kalk toont differentiatie en gebeurtenissen. In het voorjaar bloeien de weiden snel en veelzijdig.

Wikipedia

Facies of faciës is een begrip uit de geologie waarmee een omstandigheid wordt bedoeld, waarin een bepaald type gesteente gevormd wordt. Het begrip wordt gebruikt om duidelijk te maken dat een verandering van de lithologie (het soort gesteente) niet door het moment van afzetting komt, maar door gelijktijdige verschillende omstandigheden. Een verandering in gesteente als gevolg van een andere facies is dus positiegebonden, niet tijdsgebonden.



Kalklandschap

Het kalkveld. Laten we nu van het kalklandschap overgaan naar de functie van kalk voor de aarde als geheel. In de landbouwcursus <17> beschrijft Steiner het "kalkveld" van de planeet, die verhindert, dat de planten dun worden als slingerplanten en alleen onvruchtbare bloemen dragen. Het is alsof de naar het dierlijke neigende kalk, ook de planten nog een fijne, maar kosmisch open uitdrukkingaansporing geeft, die, met de bloem als uitdrukking van iets kosmisch, tot bevruchting leidt. Terwijl zij in het dier op een verinnerlijkte manier, in al haar gedragingen, de begeerte-natuur ontwikkelt. (De term "kalkveld" zoals magnetisch veld - komt niet van Steiner, maar wordt door hem aanbevolen.)

Boven de kalk werken de onderzonnige planeten, die immers snelle baanbewegingen aan de hemel uitvoeren en afwisselend zijn in hun helderheid. Ze roepen reproductiekrachten, als ook uitbreidings- en massavormende tendensen op, die de planten breed en aards maken, d.w.z. aarde-vullend, kortom: tot aards object maken. In water, neerslag, mist en nevel, dat wil zeggen, in alles dat brouwt en wervelt, kunnen we de impulsen van de Maan, Venus en Mercurius ervaren. Deze verteringsachtige processen in de vochtige, bodemnabije lucht, behoren tot het bewegingsprincipe van kalk in het landschap. Kalk rust niet (zoals kiezel wel doet).

De voorjaarskalk. We vonden de volgende zaken op de weg van de kalk: beweging, stofwisseling, voortplanting en massificatie (vorming van zulke massa's en lagen, tot waarin het gedetailleerde oog reikt). Dit stimuleert in de mens het verstandelijk denken en de begeerten en verlangens. Verstand en begeerten horen bij elkaar (zie pagina 6). Een zekere versterking van het zelfgevoel, het begeren en een zelfzuchtige emotionaliteit gaan immers uit van het wakkere verstand, zodra het ik weer onderduikt in de hele mens. Op deze manier gebeurt dit ook in de aarde. De kristallisatiekracht in de diepte van de bodem tijdens het midden van de wintertijd in januari / februari, wordt in maart een bijzondere aandrijvende kracht voor de plantengroei. Koolzuurrijke bodemvochtigheid met opgeloste kalk stijgt op. De zouten die door vorst gefixeerd waren, b.v. salpeter, circuleren weer en gaan naar de wortels van de planten. Maar de kalk slaat neer, achtergelaten door koolstofdioxide en water. Voordien was hij vervuld en 'tevreden' (R. Steiner). Nu blijft hij echter hol en 'verlangend naar vervulling' achter en trekt hij ziele-kwaliteiten aan vanuit de omgeving van de aarde. <18> Dit is vergelijkbaar met de zojuist beschreven situatie van het ik in de verstandsziele.

16 z.B. HAUSCHKA, R. (1976) 6: Substanzlehre, Frankfurt/M., S. 156 ff.

17 STEINER, R. (1924): Landwirtschaftlicher Kurs, GA 327, 1. und 2. Vortrag

{58}

Kalkaarde en de mens. Kiesel maakt de mens bewust van de eeuwigheid, de kosmos. Hij richt onze geest op de tijd tussen dood en nieuwe geboorte. De kalk trekt onze aandacht naar de objecten op aarde. Hij richt het verstand op het aards maakbare, wat mij hier zelf ten goede komt. Hierdoor word ik op de mooiste manier aan alle begeerten blootgesteld. Door de kalk wordt de weg van de menselijke ziel bepaald. Op deze manier is het christendom een uiteenzetting met de kalk: niet wegschuiven, niet vluchten naar de kiesel, maar er doorheengaan.

Friedrich Benesch is de kalk in het Nieuwe Testament nagegaan: "De geboorteplaats van Jezus van Nazareth ligt in een kalkgebied, ook de berg van de verzoeking bij Jericho, verder de Tabor, de berg van de verheerlijking van Christus, en Gethsemane en Golgotha zijn als centrale plaatsen van de werking van Christus geologische kalkformaties, d.w.z. landschappen, die door een kalkachtige ondergrond gevormd zijn. Is dat zomaar toeval?" <19>

Door de kalk zijn de dieren naar de afkoelende, gestolde aardkorst omlaag gehaald. Ook de mens is vaster geworden en zijn ziel is meer afgesloten, meer animaal, meer geneigd naar het begeerlijke. Door de kalk wordt hij een zelfstandig aards wezen: de mens als kalkimpuls. Maar hij verliest hierdoor de levensdrift om weer een hemels wezen te worden. Dit is de religie van de heilzame beheersing van de kalk: die van zelfstandige zelfopoffering; van een fundament van gedachten, maar ook van openheid van gedachten, die van individuele aspiraties en verlangens, maar ook van hun maatschappelijke betrokkenheid.

Verdere aanvullende losstaande observaties en methodische opmerkingen over experimenten.

Het zal duidelijk zijn dat wederom, ogenschijnlijk tegen iedere fenomenologie in, menige externe waarneming van het gekozen object tot een einde is gekomen, waar zij toch, naar de mening van velen, het uitgangspunt zou moeten vormen. Maar dat is in te zien. Omdat het belangrijk is voor de experimenten en afzonderlijke observaties blikrichtingen te hebben. Anders zou men uiteindelijk tegenover de veelheid aan verschijnselen en manipulaties aan een geïsoleerde stof, richtingloos en hiermee ook ideeën-loos blijven. Men zou gegevens verzamelen en deze abstraheren; het zou een soort fenomenalisme worden.

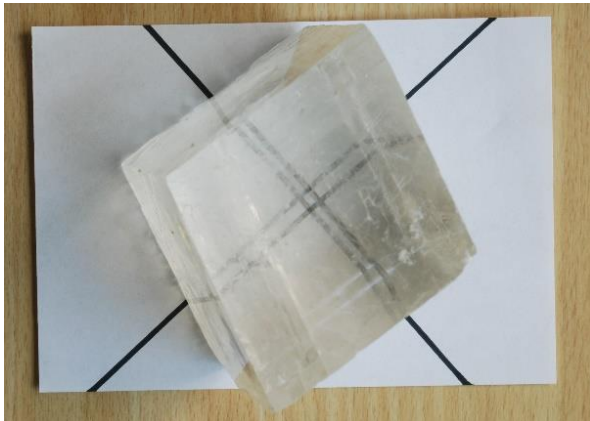
Dergelijke kijkrichtingen komen overeen met de reductionistische categorieën zoals daar zijn: geleidingsvermogen, waardigheid, ionenwolk en dergelijke; zij komen voor hen in de plaats. Want de kijkrichtingen zijn eveneens gewonnen uit grote, het onderhavige voorwerp (in dit geval calcium) ver overstijgende gebied van fenomenen, zoals bijvoorbeeld de bouw van de natuur, de activiteitsgebieden van de mens als zielewezens, de evolutie van het leven, de geologie van de aarde, enz. Bij de fenomenologische categorieën brengt de denkende mens zichzelf in het proces, als een ervarend en ontwikkelend wezen. Hij ziet de mens en de wereld in een beweging, die hij zelf ook is. De reductionistische categorieën verwijzen daarentegen alleen naar iets dat buiten de mens blijft, zelfs naar al het uiterlijk van alle wezens.

18 STEINER, R. (1923): Das Miterleben des Jahreslaufes, GA 229, 2. und 3. Vortrag

19 BENESCH, F., K. Wilde (1983): Kiesel, Kalk, Ton; Stuttgart

Calciet/kalkspaat en bergkristal. Laten we eerst kijken naar de neergeslagen vaste stof. Een niet helemaal helder bergkristal en een vergroeide bundel van troebele calcietkristallen staan voor ons. Het bergkristal neigt naar helderheid, hij staat open voor de omgeving; de troebeling werkt in ieder geval opvullend waarbij licht naar binnen wordt gehaald. In het geval van calciet werkt de troebeling afgrenzend en verblindend. Zij verdicht het kristal tot voorwerp, tot de er omheen liggende zaken

met bepaalde uitwendige vlakke oppervlakken. En als een calciet eens helemaal helder is (dubbelspaat), dan dringt zich veel sterker als bij het bergkristal de verdubbeling van de door hem waarneembare aanzichten op. Men ziet alles eronder dubbel en wordt dus op de nabije concreetheid van de wereld gewezen en men wordt tegelijkertijd verward.



Calciet (CaCO_3)



Bergkristal (SiO_2)

Terwijl het bergkristal en helemaal de kiezel sterk variëren in hun fijnste opvulling met andere mineralen, zodat we de reeks van amethist tot aan de ruwe jaspis kregen (zie pagina 21), varieert de kalk meer in de uiterlijke vormen. Dracht (aantal vlakken) en habitus (vorm van de vlakken) zijn uiterst afhankelijk van de omgeving en voegen zich in de meest uiteenlopende lagen, korsten en massa's. Zelfs een lichte temperatuurstijging tot 30 °C is voldoende, om het rhombische aragoniet te laten ontstaan, in plaats van het trigonale-scalenoëdrische (tegenwoordig rhomboëdrisch) calciet; die in lagen van plaatjes parels en paarlemoer laat ontstaan. Het leven van de mossel op de kalk (dat zich voltrekt tussen 10 tot 20 °C) werkt als een temperatuurverhoging tot 30 °C. Het aragoniet is ongeveer 7% oplosbaarder dan de kalspaat en is iets reactiever.

Een trigonaal of romboëdrisch kristalstelsel (ook: rombisch = ruitvormig) is een bepaald type kristalstelsel dat weinig verschilt van het hexagonale. Het is het meest ingewikkelde van alle zeven stelsels, omdat sommigen ervan uitgaan dat een trigonaal kristal een onvolledig hexagonaal kristal is. De eenvoudigste trigonale kristallen bestaan uit een lichaam met 3 gelijke assen, die elk dezelfde hellingsgraad hebben en niet onder een rechte hoek op elkaar staan. Een aantal gedegen elementen (antimoon, arseen en bismut) vertonen een trigonale symmetrie. Kristallen van deze elementen zijn vrij zeldzaam.

Een scalenoëder (oud Grieks skalenos = hinkend, ongelijk, ongelijk) is een veelvlak begrensd door congruente ongelijke driehoeken.

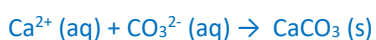
Calciet - kalkspaat



Calciet

Chemische formule CaCO_3 ; Kleur kleurloos, wit, blauw, geel, rood; Streepkleur wit
Hardheid 3 (per definitie); Gemiddelde dichtheid $2,71 \text{ kg/dm}^3$; Glans glas
Opaciteit doorzichtig tot opaak, meestal doorschijnend; Breuk: bros, schelpvormig
Habitus prisma, romboëder, scalenoëder; Kristalstelsel: trigonaal, hexagonaal
Brekingsindices 1,486 - 1,66; Dubbele breking 0,1540 - 0,1740
Chemisch gedrag gaat gemakkelijk een zuur-base reactie aan met zowel zwakke en sterke zuren, en vormt daarbij water, koolstofdioxide en opgeloste calciumionen
Vergelijkbare mineralen Aragoniet
Bijzondere kenmerken vaak thermoluminescent en kathodeluminescent

Het mineraal calciet (ook wel kalkspaat) bestaat voornamelijk uit het zout calciumcarbonaat (CaCO_3) en is een van de meest voorkomende mineralen in de aardkorst. Calciumcarbonaat ontstaat doordat oplosbare calciumionen in contact komen met CO_2 (koolstofdioxide kan een carbonaation vormen). Calciumcarbonaat is (onder normale atmosferische condities) een slecht oplosbaar zout, waardoor het gevormde CaCO_3 neerslaat; dit gaat volgens de volgende reactie:



Kristaleigenschappen

Calciet heeft een trigonaal kristalstelsel en behoort tot de ruimtengroep R-3c. Een zeer zuivere vorm van calciet wordt ook wel dubbelspaat genoemd vanwege de dubbelbreking van licht in dit mineraal.

Het heeft een romboëdrische structuur en wordt soms als romboëdrische prisma's gevonden, maar het komt ook vaak in andere vormen voor, zoals scalenoëdra, of in vezel-, korrel- of compacte vorm. De kristalstructuur is in hoofdzaak gevolg van de temperatuur, graad van oververzadiging in de nabije omgeving van het kristal en de CO_2 -druk. De calcietstructuur is de stabiele modificatie van CaCO_3 bij kamertemperatuur. Er is een andere vorm, aragoniet, die bij 743K in calciet overgaat.

Dubbelbreking door calcietkristal

In zuiver kristallijne vorm is calciet helder, kleurloos doorschijnend, maar door onzuiverheden (zoals van koper of natrium- zouten) kan het allerlei kleuren aannemen, zoals grijs, blauw, violet, groen en zelfs zwart. Vaak is het ook ondoorzichtig wit. Het mineraal kan zowel fosforescentie als fluorescentie vertonen. De hardheid is per definitie 3.

Calciet is sterk dubbelbrekend. Deze optische eigenschap werd het eerst beschreven door Rasmus Bartholin toen de IJslandse vorm van het mineraal, die uit grote glasheldere romboëders bestaat, beschikbaar werd. Christiaan Huygens gaf de eerste verklaring met zijn golftheorie van het licht.

Geologie

Calciet is een algemeen bestanddeel van sedimentaire gesteenten, van aders en in afzettingen in hete bronnen en spelonken in karstgebieden (als druipsteen). Het is het mineraal dat kalksteen vormt en daarmee het meest voorkomende mineraal van biologische oorsprong. Calciet is het hoofdbestanddeel van kalksteen, krijtgesteente en marmer en ook is het een belangrijk bestanddeel van mergel, kalkhoudende zandsteen en kalkschalies.

Calciet zorgt voor de chemische verwerking bij stollings- en metamorfe gesteenten, waardoor er sedimentaire gesteenten ontstaan. Calciet is onder lichte druk oplosbaar in CO₂-houdend water. Tijdens het neervallen in de lucht neemt regenwater het gasvormige koolstofdioxide op, waardoor het zuur wordt. Dit zure regenwater is in staat kalk op te lossen. In ondergrondse stromingen kan dit materiaal in oplossing vervoeren tot, na contact met atmosferische druk, CO₂ ontsnapt en het calciet neerslaat. Zo worden stalagmieten en stalactieten in grotten gevormd.

Gebruik

Vroeger werd de doorzichtige IJslandse vorm van calciet, die IJslandspaat werd genoemd, gebruikt voor het vervaardigen van Nicolprisma's. Sommige onderzoekers veronderstellen dat de Vikingen op zee navigeerden met behulp van kristallen van dit mineraal, waarmee ook bij bewolkt weer de zonnestand nauwkeurig is te bepalen. Tegenwoordig wordt kalksteen vooral in de bouw gebruikt als bouwelement, voor het vervaardigen van kalk en cement, terwijl marmer gebruikt wordt als bouw- en siersteen.

Aragoniet



Aragoniet

naaldvormig

Chemische formule CaCO₃ ; Kleur kleurloos, wit, geel, bruingroen, grijswit, roze, lichtviolet, rood, oranje en roodbruin ; Streepkleur wit ; Hardheid 3,5 – 4 ; Gemiddelde dichtheid 2,94 kg/dm³
Glans glasglans, op de splijtvlakken parelmoerglans tot vetglans ; Opaciteit doorzichtig of doorschijnend ; Breuk schelpvormig ; Habitus 'prisma', tafelvormig, naaldvormig, vezelig, koraalvormig, niervormig, pisolietisch, stalaktitisch ; Dubbele breking 0,155

Bijzondere kenmerken Metastabiel bij gewone temperatuur, wordt bij 400°C omgezet tot calciet
Het mineraal aragoniet is een calciumcarbonaat met chemische formule CaCO₃. Het is een metastabiele polymorf van calciet en is daardoor moeilijk te onderscheiden van calciet, omdat de chemische eigenschappen weinig verschillen. Door middel van een kleurtest kan een onderscheid gemaakt worden: met een Feigl-oplossing wordt aragoniet zwart, terwijl calciet kleurloos blijft. Bovendien is aragoniet iets harder dan calciet en kan via een krastest bepaald worden om welk mineraal het gaat. Een derde onderscheidingsmethode is de habitus: aragoniet groeit meestal in naaldvormige kristallen (aciculair), terwijl calciet een bladvormige habitus heeft. Met behulp van poederdiffractie is het verschil wel eenduidig vast te stellen omdat aragoniet een orthorombische structuur heeft en niet een trigonale zoals calciet.

Aragoniet wordt steeds gevormd bij lage temperatuur dicht bij het aardoppervlak. Aragoniet wordt gevonden in geisers, warmwaterbronnen, grotten, als oölieten in ondiepe zeeën, in schelpen en in parels. Vindplaatsen in Europa zijn Aragón (Spanje), Limousis (Frankrijk), Girgenti (Sicilië), Bilin (Bohemen) en Eisenertz (Oostenrijk).

Oplossen en neerslaan. Reacties met bijtende zuren in de reageerbuis of oplosprocessen met gesteenten, zijn in principe niet vergelijkbaar met zoutoplossingen. Een beschouwing over oplosbaarheidsgetallen suggereert meestal dat zij vergelijkbaar zijn, met als resultaat, dat kalk in principe net zo oplosbaar is als zout, alleen met een lager oplosbaarheidsgetal, dus dat het slecht oplosbaar is (14 ppm). Als men zich daarentegen op de ontstane vormen van de kalkverwerking richt, dan merkt men dat kalk niet in water oplost - dit gebeurt zijdelings - maar dat kalkmassa's gegroefd, geperforeerd en weggevreten worden. De kalk wordt met lucht doortrokken en trekt leven naar binnen in zijn nissen en grotten (holenbeer, vleermuis, waterlopen). Dat is het hoofdfenomeen.

Dus "lost" hij (weer conventioneel) het best op in water, dat met name rijk is aan lucht en gebruikte lucht (koolstofdioxide). Hij wordt hierbij als het ware, en dat is weer hoofdfenomeen, door de lucht en niet door het water opgelost. In een experiment kan men kooldioxide in half-geconcentreerde kalkloog leiden (Ca 4). Eerst slaat kalk neer, dus een kalkreactie (vast worden), dan lost het volledig op, dus de luchtreactie. Ook de op deze manier ontstane "kalkoplossing" gedraagt zich weer heel anders dan normale oplossingen. Zo krijgt ze geen zoute smaak of iets dergelijks, zij draagt het kalkmateriaal ook slechts een klein beetje voort. Veeleer zet zij zich meteen aan het oppervlakte van de aarde verwarmd verder stromend af, in de vorm van kalkkorsten (kalksinters, gesinterde terrassen, bijvoorbeeld bij de Urach-waterval). De vastwordende kalkimpuls komt weer tevoorschijn, de beluchting en verzuring treden terug.

{59}

Het bicarbonaatprobleem. Terugkijkend op het bovenstaande kunnen we drie kalkverschijnselen eruit halen:

1. De kalk belucht zichzelf, wordt weggevreten: een begeerte-uitdrukking
2. Kalksinter (kalktuf) bezinkt in holen, beekjes en op rivierterrassen: korst worden
3. Kalkhoudende schelpen vormen zich in de zee, de dieren worden door de last van de kalk aan de bodem vastgehouden, of na hun dood naar beneden getrokken: de zwaarte van de aarde.

De verbindende factor is het kalkgehalte van het water. Aanvullend opgelost koolzuur doet, binnen het denken in ionen (HCO_3^-), spreken van calciumbicarbonaat. Maar dit bestaat niet als een vaste stof - in tegenstelling tot dubbele koolzure soda = natriumbicarbonaat, NaHCO_3 . Wat er gebeurt is geen carbonaateffect (zuur-stam), maar alleen een effect van het zuur-zijn. Zoutzuur verdund tot dezelfde pH, veroorzaakt dezelfde oplosbaarheid van kalk. Natuurlijk, zonder al het koolstofdioxide uit te drijven, zou dat afbraak zijn, dat pas bij een hogere zuurconcentratie voorkomt (Ca 5).

Aanzuigen. Men kan hier wijzen op de Stinkkalk, b.v. bij Imst of Seefeld in Tirol. Bij het blussen van de ongebluste kalk en het uitharden van kalkmortel met lucht, die jarenlang in de wanden naar binnen kan trekken, komt het aanzuigen in beeld. Iets dergelijks gebeurt bij het stromen van water in kalksteenformaties (kloof- en grotvorming). Een bepaalde indruk van activiteit of zelfs begeerte kan worden gevonden in sommige beboste of voor landbouw gebruikte hellingen in het kalkgebergte. De humus wordt snel afgebroken en uit de dunne, zwarte bodembedekking komen witte, bijna botachtige stukken kalk tevoorschijn - alsof ze uit begeerte zijn uitgemergeld.

Stinkkalk

Kalksteen bestaat voornamelijk uit de mineralen calciet en aragoniet, twee kristallisatievormen van calciumcarbonaat (calciumcarbonaat CaCO_3). In min of meer fluctuerende proporties komen andere mineralen voor. Deze omvatten kleimineralen, dolomiet ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), kwarts, gips en andere. Als het Dolomiettaandeel de boventoon voert, wordt dit de Dolomietgesteente genoemd. Als de kalksteen een relatief hoog aandeel kleimineralen heeft, wordt het mergel genoemd. Kalksteen kan ook tot enkele procent

organisch materiaal bevatten en wordt dan bitumineuze kalk genoemd (in de aanwezigheid van waterstofsulfide ook stinkkalk genoemd).



Stinkkalk (Zechstein, Marsberg)

De troebelheid van alle kalkstenen wordt gebruikt in het kalklicht van Drummond (Ca 6). Het werd in 1826 door de Schotse ingenieur voor het eerst toegepast door een knalgasvlam op een roterende kalkcilinder te richten. De kalk gaat hierdoor geweldig gloeien en straalt een verblindend wit licht uit. Dit intens helder licht werd gebruikt voor vuurtoren- en oorlogssignalen en in fotografie en cinematografie.

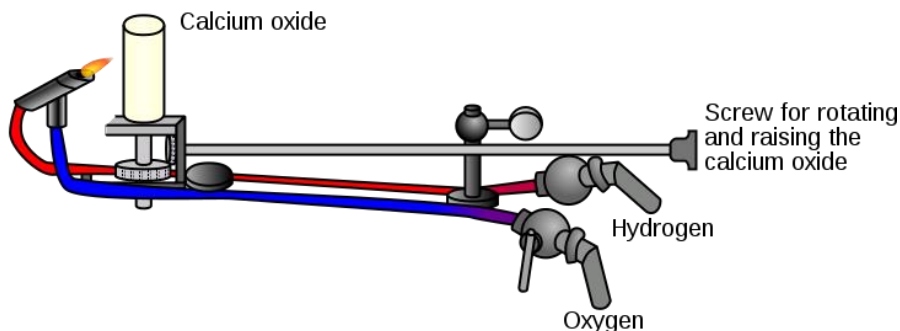
Kalklicht is een type podiumverlichting die vroeger gebruikt werd in theaters. Rond 1910 werd het kalklicht als lichtbron gebruikt in projectieapparaten, die toen "toverlantaarns" werden genoemd.

Een knalgasvlam wordt gericht op een cilinder van ongebluste kalk (calciumoxide), waarvan de temperatuur kan worden verhoogd tot 2572 °C voordat de kalk smelt. Het is daarom mogelijk het materiaal witgloeiend te maken zonder dat het smelt. Daarnaast zendt het materiaal veel kortgolvlige elektromagnetische straling uit, een eigenschap die men ook terugvindt in gloeikousjes. De combinatie van deze twee effecten zorgt voor een intens wit licht.

Geschiedenis

Het kalklichteffect werd rond 1820 ontdekt door Goldsworthy Gurney, op basis van zijn werk met de 'knalgasblaaspijp'. In 1825 zag de Schotse ingenieur Thomas Drummond (1797-1840) een demonstratie van het effect door Michael Faraday. Hij realiseerde zich dat het licht een onderzoek waard was. Drummond vervaardigde een werkende versie in 1826. Het kalklicht wordt daarom in andere talen ook wel Drummondlicht genoemd.

De kalklichtschijnwerpers werden voor het eerst openbaar gebruikt in het Royal Opera House in Londen in 1837. Ze genoten wijdverbreid gebruik in theaters over de hele wereld in de jaren 1860 en 1870. Kalklicht werd in de late 19de eeuw vervangen door de booglamp.



Feuer – Kalk – Metalle, M. von Mackensen, 1987, scheikundeboek klas 7

Vertaald door Antoon van Hooft

{17}

IV. DE KALK

Proces en materiaal. Aan het begin van de lesperiode begonnen we met plantendelen en andere overblijfselen van het leven. We hebben het veranderlijke, vluchtige verbrandingsproces onderzocht. We verlaten het rijk van levende wezens en gaan nu uit van iets dat schijnbaar dood is. Daarbij gebruiken we onze kennis van de toepassingen van het vuur. Trad bij het verbranden van de stof helemaal op het einde het proces terug, nu hebben we reeds met het kopje 'kalk' met een materiaal, een stof te maken. Wij willen desondanks proberen, ook ditmaal van algemene waarnemingen aan het de natuur als geheel uit te gaan.

Landschapsvormen. Als we door de landen op aarde lopen, dan vindt men in bepaalde gebieden de zogenaamde karst-landschappen. Is het mogelijk om dit landschapstype in het laagland, in het middel- en hooggebergte samen op een geomorfologische manier te karakteriseren, zonder eerst te spreken van kalk als chemische substantie? Want alleen naar de substantie kijken, betekent dat je het uit het leven gevallene als oorzaak, als motor van natuurlijke processen ziet - een gebruikelijk, maar beperkt proces. Geomorfologische, de leer der gesteenten en mineralogische onderwerpen zijn reeds immers in de natuurkundeperiode van de 6^e klas behandeld, hierbij onder andere ook kalk als landschapsfactor. Hieronder wordt in ieder geval nog een korte beschrijving gegeven.

Karstlandschap

Met de term karst worden alle verschijnselen bedoeld die te maken hebben met de oplossing van kalksteen in water.

Karst doet zich voor in streken waar kalksteen aan de oppervlakte ligt en wordt aangetast door de chemische verwerking door de zure eigenschappen van regenwater. Karst veroorzaakt steeds enkele typische landschapsvormen en kenmerken:



Karstlandschap in Italië



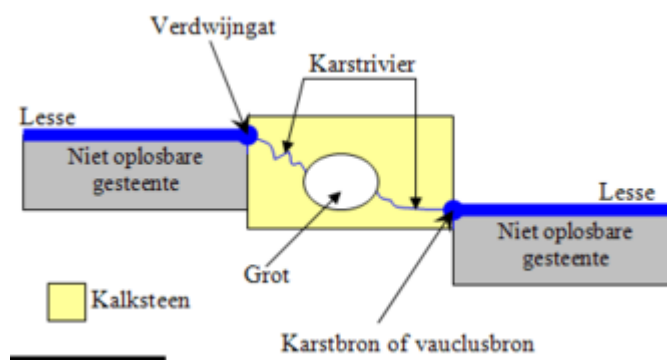
Pinnacle-Karst-Landschaft, Shilin (China)

Het kalklandschap. Bekijken we een middelgebergte zoals de Schwäbische Alb. Het contrast met het Zwarte Woud is onmiskenbaar. In de valleien van de steile alphellingen kijkt, vanaf de kruin van de valleiflanken, de blanke rots naar beneden. Uitgebleekt rijzen witte muren en kantelen op. Het gesteente is gekloofd, broos en aangevreten, soms alsof dieren er gaten in gemaakt hebben. Mons alba, de witte bergen, noemden de Romeinen dit land. Op de hellingen liggen witachtige stenen in de donkerbruine humuslaag, afgerond en doorboord met karakteristieke uitgewassen vormen. Onder de steile hellingen hoort zich scherfachtig, scherpgerande puin op; men let op de verschillende vormen hiervan en de verderop in het bos liggende stenen. Op de bodem van de vallei zoekt men tevergeefs naar water: alleen een droog, rotsachtig stroombed vertelt van zeldzame wolkbreuken. Sommige stroompjes verdwijnen na een korte loop in het puin op de helling, of in het stenige bed.

Op de hoogvlakten staat men plots voor brede spleten en verdwijngaten, die paard en wagen kunnen verslinden (sinkholes). Op de dalwanden vindt men nissen en holen, waardoorheen de holenbeer destijds in- en uitging, en waar de vleermuizen vandaag nog in de herfsttijd binnenvliegen. Zelfs de mensen woonden in de oertijd in deze natuurlijke 'kalkhuizen'. Later bouwden ze voor zichzelf uit gebrande kalk en de laatste tijd uit de tot cement omgevormde kalk, eigen kalkhuizen. De lager gelegen grotsystemen worden seizoensafhankelijk gevuld met ondergrondse wateren, die pas in het afgelegen voorland abrupt verschijnen, zoals in de Blautopf bij Blaubeuren (Ulm).

Een **verdwijngat** of chantoir(e) is een plek waar een beek in de grond verdwijnt en ondergronds verder stroomt. De benaming chantoir is afgeleid van het Waalse tchantwère en wordt voornamelijk gebruikt in België en ook in het noorden en oosten van Frankrijk. Wanneer de stroom in de grond verdwijnt, leek het geluid van het water op zingen en werd het, waarschijnlijk door een paar dichters, aangeduid met het woord chantoire dat zingen betekent.

Een verdwijngat is de plaats waar een stroom of rivier ondergronds verdwijnt in een kalklandschap. De ondergrondse voortzetting van die rivier noemen we een karstrivier. Kalksteen is van zichzelf weinig permeabel (doorlatend) en vaak tamelijk rigide van structuur. Als een kalksteenlaag onder druk staat, breekt het gesteente door deze rigiditeit. Zo ontstaan breuken, waarlangs grondwater door de kalksteen omlaag sijpelt. Hierdoor lost de kalk aan weerszijden van de breuk op. De breuk wordt daardoor wijder, waardoor meer grondwater naar beneden wordt afgevoerd. Dit verschijnsel heeft tot gevolg dat in kalkgebieden erg weinig stromen bovengronds lopen. Vaak verdwijnen ze in de grond waarbij diepe, verticale schachten (karstpijpen) kunnen ontstaan, waardoor zich op die plaats een waterval van soms meters hoog kan ontwikkelen.





Chantoire de Grandchamp, Adzeu, Province de Liège, Belgique

De **Blautopf** (letterlijk: blauwe pot) in Blaubeuren in Baden-Württemberg is de op één waterrijkste karstbron in Duitsland. Hier ontspringt de rivier de Blau, die na ongeveer 22 kilometer in het gebied van de stad Ulm in de Donau stroomt. Bekend is de Blautopf voor de afhankelijk van de lichtinval min of meer intense, maar altijd opvallende blauwe kleur van het water. De blauwe kleur wordt veroorzaakt door een fysiek effect van lichtverstrooiing op de kalkdeeltjes (nano-grootte), die in het water zijn verspreid.



Blautopf

De verschijnselen in het laagland en in het hooggebergte zijn metamorfosen van de hier besproken bergformaties in het middengebergte. Men heeft in een dergelijk gebied de indruk, dat de rotsachtige bodem in de vorm van de kalksteenlagen zich plotseling 'opent' naar het luchtrijk, of naar hem toe oprijst. Het water en het leven die tot het oppervlak van de aarde behoren, zijn naar beneden gegaan en op mysterieuze plaatsen, onder de afgestorven kalkkorst verborgen. Deze grotformaties brengen het samenspel van neerslagen in de bodem van de vaste aarde naar beneden en vormen ondergrondse rivieren. Daar van binnen groeien stalactieten en sinterlagen. De boven- en middenlagen dringen diep in de aarde door.

Hogerop, daarentegen, wordt de oprijzende, kale rots opgenomen in de snelle veranderingen van het luchtrijk. De verwerking knaagt aan de vormen en lost geleidelijk grote steenmassa's op in water. Het eigenlijke vegetatieve aardoppervlak, waarop planten groeien en dieren leven, is verzwakt.

Literatuur: Goethes natuurwetenschappelijke Schriften (1883).

Schelpen en behuizingen van dieren. In het rijk van koralen, schelpen, slakken en koppotigen (inktvis, octopus), vinden we vele soorten buizen en schalen, die bij elk dier typische vormen hebben. Je kunt aan de schelp de manier van leven van het dier zien. De slak komt uit haar huis en neemt het op haar rug. De mossel klappt haar helften voorzichtig een beetje uit elkaar en laat het water er doorheen stromen. Voor details, zie het randgebied op pagina 51 f ..

Het vochtige en glibberige leven trekt zich naar binnen terug en duwt het afgestorven pantser naar buiten; men kan dit met de grotvorming vergelijken. Hele bergen zijn klaarblijkelijk door afzettingen van dergelijke overblijfselen in de zee ontstaan. Er zijn nauwelijks kalklagen, waarvoor het waarschijnlijk is, dat zij uit een zuiver anorganisch neerslag in warm zeewater zijn ontstaan.

{18}

Als voorbereiding kan men misschien met de leerlingen vóór de periode een uitstapje maken naar een karstlandschap, waarbij je stukken steen en bovendien het bovengenoemde plantenmateriaal voor de vuurexperimenten verzamelt. Men beschrijft het kalklandschap en vertelt over de vele dieren met kalkhuisjes. Door de kinderen pas daarna in te voeren in de afzonderlijke experimentele fenomenen, hebben ze al een gevoelsmatige oriëntatie. Ze krijgen dan eerder een verhouding met de kalk als iets afgestorvens, en iets wat niet voor altijd tot rust gekomen is. Ook staan ze aan het begin niet tegenover lege feiten. Het inleidende gesprek zal de leerlingen ook vertrouwder maken met de oorsprong van de volgende natuurlijke materialen, die voor hen worden uitgesteld: grauwe kalk (korrels), tufsteen of geel-rood sinter (travertijn): witte kalksteen, bordkrijt *, marmer, kalkspaatkristallen, stalactieten, fossielen, mosselschelpen en slakkenhuizen, verder Schulpke inktvis, zee-egelspanters, schelpen met en zonder parelmoer, koralen en parels (onderzoek van stenen op kalk zie V 7).

* bordkrijt bestaat vandaag bijna volledig uit gips (zwavelhoudende kalk en niet uit echt krijt (carbonaatkalk)).



Travertijn of travertin is een kalksteen die gevormd wordt door de neerslag van kalk uit met calciumcarbonaat (kalk) oververzadigd water uit warme bronnen. Takjes, bladeren en ander materiaal dat in dit water valt en later verteert, veroorzaken de kenmerkende onregelmatige poriën van dit materiaal.



Parelmoer is een onderdeel van de schelp van de weekdieren. [Wikipedia](#)

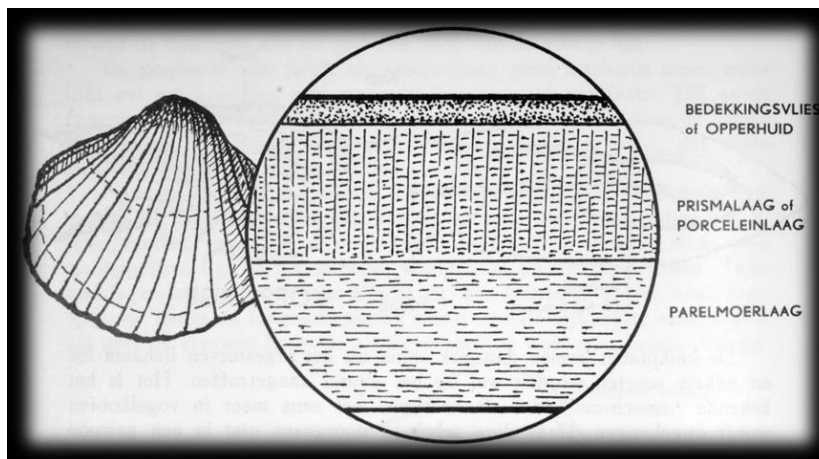
Bijna alle schelpen bestaan uit een aantal op elkaar liggende lagen, elk met een eigen functie en waarvan de parelmoerlaag er één van is. De dikte van de verschillende lagen varieert per weekdiergroep. Bij de meeste groepen is de parelmoerlaag één van de dunnere lagen waaruit de schelp bestaat, bij sommige is de laag (bijna) afwezig, er zijn ook groepen waar de schelp voornamelijk uit de parelmoerlaag bestaat. De parelmoerlaag bevindt zich altijd aan de binnenzijde van de schelp en wordt daar (evenals de rest van de schelp) afgescheiden door epitheelcellen van het mantelweefsel van het dier. Afgezien van het verlenen van sterkte is de voornaamste functie het glad maken van de binnenzijde van de schelp. Een tweede functie is het verdedigen van het dier tegen parasieten en schadelijk afval.

Wanneer het dier door een parasiet aangevallen wordt of als het geïrriteerd wordt door een extern object dat het dier niet kan uitwerpen, dan stelt een proces zich in werking waarbij het object wordt omvat in opeenvolgende lagen parelmoer. Dit proces kan ononderbroken doorgaan totdat het schelpdier het leven laat. Meestal bevindt een dergelijk object zich tussen het dier en de schelp. In die gevallen zal de schelp ter plaatse alleen een verdikking vertonen: het object wordt in de schelp zelf opgenomen. Minder vaak bevindt het object zich niet op deze plaats en zal zich een geheel losliggende parel ontwikkelen.

Beschrijving van de opbouw

Parelmoer is opgebouwd uit hexagonale aragonietplaatjes (calciumcarbonaat (CaCO_3)) die 10 tot 20 μm breed en 0,5 μm dik zijn. Ze zijn geplaatst in een ononderbroken parallelle, dunne laag. De lagen worden van elkaar gescheiden door bladen van organische matrices die samengesteld zijn uit elastische biopolymeren, zoals chitine, lustrine en zijdeachtige proteïnen. Deze mix maakt het materiaal sterk en veerkrachtig, wat ook te danken is aan de adhesie veroorzaakt door de "metselstructuur" van de plaatjes. Dit steeds wederkerend patroon verhoogt de hardheid enorm, waarbij het bijna kan evenaren aan silicium.

De iriserende verschijning van parelmoer is te danken aan het feit dat de dikte van de aragonietplaatjes ongeveer 0,5 micrometer bedraagt, wat vergelijkbaar is met de golflengte van zichtbaar licht. Dit resulteert in constructieve en destructieve interferentie van licht in verschillende golflengtes, waardoor de verschillende kleuren van het licht weerkaatst worden bij verschillende hoeken waarin naar het parelmoer gekeken wordt.



De gelaagdheid van de schelp

De gasvorming. Al deze afgeleefde diervormen en al die enorme steenmassa's van de beschreven landschappen zouden uiteenvallen als ze gegloeid zouden worden. Hierbij zouden massa's kooldioxidegas vrijkomen. De eerste vraag dringt zich op: **waarom ontstaat eigenlijk een gas?** Hierop kun je - zoals geleerd - uit de formule-chemie antwoorden: omdat de carbonaatgroep gesplitst wordt. Hierbij scheidt het licht-vluchtige deel zich af. Zo'n antwoord berust op het zekere principe: wat eruit komt *moet* eruit gaan, omdat het er eerder *in* was. Dit is dus geen antwoord. Het probleem is alleen verlegd. In plaats van de transformatie te begrijpen, wordt verwezen naar iets blijvends, naar iets dat men zich daar voorstelt.

Een juiste verklaring zou daarentegen verbanden tussen waarnemingen moeten leggen. Dit wordt natuurlijk niet zo snel afgedaan als het denken in deeltjes, die in de stoffen aanwezig zouden zijn. Om het modeldenken van de 'stoffen die iets bevatten' bij de chemie van formules te verlaten, stellen we het fenomeen nog eenmaal voor ons. Uit kalk die uiteenvalt ontstaat een gas dat in de lucht verdwijnt. Een begin tot begrijpen kan nu worden gezocht, als je je het beschreven luchtige karakter van de kalkverschijnselen in het landschap voorstelt. Wanneer je uit materiaal dat op deze manier gewonnen wordt, naderhand in de voorstelling het gasachtige laat ontstaan, dan merk je een kwalitatieve samenhang. Als je op dezelfde manier probeert je innerlijk voor te stellen, hoe het zou zijn om uit kwarts of graniet een gas in deze hoeveelheid te produceren, dan zul je het verschil merken. Dergelijke beschouwingen leveren natuurlijk bij lange na niet de noodzakelijke causale verklaring op: omdat *dit* is, moet noodzakelijkerwijze *dat* zijn. Je kunt het verschijnsel hiermee niet uit het voorwerp afleiden. Maar je kunt door de getoonde ideële verbinding alerter en onderzoekender waarnemen, dan wanneer je losstaande feiten constateert. Je kunt in het ene (het kalkgebergte), het andere (het ontstaan van gas) zien.

Als tweede vraag kan bijvoorbeeld deze gesteld worden: **waarom is het juist koolstofdioxide dat daar ontstaat?** We kennen aan de ene kant de brandbare gassen (aardgas, moerasgas), aan de andere kant de ontstekende lucht (zuurstofgas) - geen van beiden ontstaat. Het kooldioxide is inderdaad het verbrandingsgas van gewone verbrandingsprocessen en tegelijkertijd is het een product bij de uitademing van mens en dier. Het koolstofdioxide verschijnt als een verbruikte, afgeleefde lucht. Dat juist de met de afbouw- en afsterfprocessen verbonden kalk dit en geen ander gas afgeeft, lijkt kwalitatief begrijpelijk. De afgeleefde, noch brandbare, noch ontstekende steen resulteert in een al even onbrandbaar 'steengas'.



Houtvuur

hout + zuurstof → koolzuurgas + water

Het is tegelijkertijd ook een zuur gas, en een base (de basis van het geheel) blijft achter. Bij het kalkbranden ontstaat hetzelfde gas als bij de houtverbranding. Zowel het hout als het marmer verliezen met de kooldioxide hun cohesie, hun elasticiteit of hun glans. Ze desintegreren tot iets poederachtig of poreus - vermolmd. Deze vergelijking leidt ertoe, het koolstofdioxide meer te zien als een verbruikt gas, als de drager van bepaalde werkingen in lichamen.

{19}

Als een bijzonderheid van de kalk komt naar voren, dat hier het zure gas en de base slechts zwak met elkaar verbonden zijn en dat ze gemakkelijk **door warmte** afzonderlijk geproduceerd kunnen worden – dit in tegenstelling tot de echte zouten. De kalk zelf brandt hierbij niet, hij kan alleen door de warmteontwikkeling van een echt vuur gebrand worden.

Niet alleen door vuur, maar ook **door zuren** wordt het kalkzuurgas geproduceerd. Schelpen dansen bruisend op en neer in aangezuurd water, het modderige schuim ruikt naar de Waddenzee en de oplossing smaakt na enige tijd naar zeewater. De zure smaak wordt na verloop van tijd zilt-bitter. Een zout van kalk, het calciumchloride, is ontstaan. De geoloog test in het veld de stenen op kalk, door ze te druppelen met verdund (10%) zoutzuur; alleen kalk schuimt op, dolomiet een beetje, andere niet (V 8).

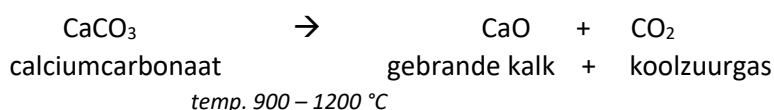


kalk + zoutzuur → koolzuur + water + calciumchloride

Schelpen in zoutzuur

{20}

Het kalkbranden is eigenlijk een groot uitgevoerd, technisch proces. In het binnenste van huizenhoge kamers met 2 meter dikke muren, werd vroeger de kalk dagenlang gebrand; dit gebeurt vandaag de dag nog in ontwikkelingslanden. Hij moet hierbij gloeiend heet gemaakt worden. Tegenwoordig gebruikt men in ons land continu werkende schachtovens. Onze experimentele oven is een voorbeeld voor het bereiken van hogere temperaturen in dergelijke afgeschermd brandkamers. Over de techniek van kalkbranden zie randgebied blz. 52. Bij het branden van kalk neemt zijn gewicht met bijna de helft af. Onze kalkproeven beginnen met het moeizaam en met kracht hameren van marmer of stukken steen. Als je eerst een stuk kalksteen voor de kinderen neerlegt, dan kun je de voorstelling oproepen, dat je dagen op dit gesteente kunt lopen, misschien alleen gescheiden door een dunne, kruimelige humuslaag. Ook kun je naar binnen gaan, in spleten en grotten. Het stuk op de tafel draagt dit alles in zich. De brokstukken lossen niet op in het water en veranderen ook de smaak van water niet. Ze trotseren ook een vluchtig vuur (de brander). Om haar bloot te stellen aan een grotere hitte, zetten we een grote proefopstelling op. Daarbij wordt de kalk gebrand, waardoor grote hoeveelheden koolstofdioxide worden geproduceerd. Elke leerling kan gas het in zijn mond leiden om het te proeven, en men kan er kaarsvlammen mee doven en bruiswater mee maken (V 7).



Men spreekt ook wel van het ontzuren van kalksteen. Dit proces wordt calcinatie genoemd.

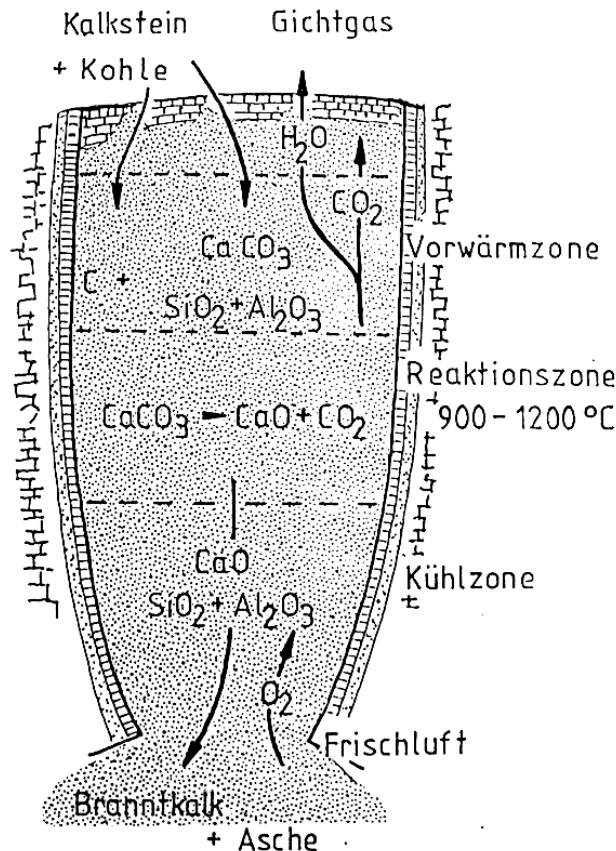


Voormalige kalkoven in Wriezen (D)



Historische kalkoven in openluchtmuseum Maria Saal (D)

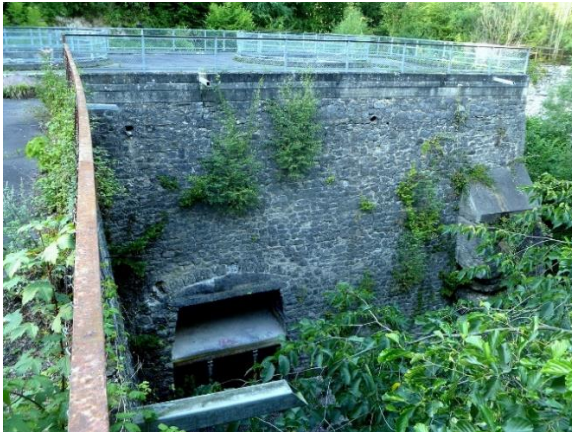
De gebrande kalk die we de volgende dag uit de buis halen, is poreus, bros en kruimelig. Het is de overgebleven basis van de kalksteen. Als men gebrande kalk (calciumoxide, CaO) naast een beker water in een gesloten vat legt, dan trekt de kalk aanmerkelijke hoeveelheden water door de lucht aan en zuigt deze naar binnen zonder nat te worden. Hierbij ontstaat droge 'gebluste kalk' (calciumhydroxide, Ca(OH)_2). Wanneer het direct in water gelegd wordt zwellen de brokken gebrande kalk van binnenuit op en breken uit elkaar. Het water wordt hierbij kokend heet, zo snel is de verbinding met het water. De zo verkregen slurry van gebluste kalk heet kalkmelk. Zij ontstaat steeds wanneer men kalk omroert tot een troebele melk. Zowel de kalkmelk als haar filtraat kleuren rodekoolsap groen. De gebluste kalk lost in geringe mate op, namelijk ongeveer 1 gram per liter water. De heldere oplossing (het filtraat) is kalkloog, ook vaak kalkwater ($\text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^-$) genoemd (zie V 9). {21}



Reactiezones en temperatuurverdeling in een kalkoven

Nadat reeds in het Neolithicum kalk uit kalksteen gewonnen werd, werd in het gebied van Aken ongeveer 2000 jaar geleden al, door de Kelten kalk gebrand en gebruikt voor kalkmortel en plamuur. Deze kennis en ervaring namen later de Romeinen en Germanen over en zij gebruikten kalk, onder meer in de fresco's, voor bemesting in de landbouw, voor het looien van leer en in de geneeskunde. De kalk werd aanvankelijk in eenvoudige putten of meilers gebrand. Pas in de 14e eeuw werd het bestaan van kalkovens in het gebied rond Aken schriftelijk vastgelegd. Vooral de prins-abten van de keizerlijke abdij Kornelimünster waren degenen die de gekwalificeerde onderdanen het recht verleenden om kalkovens te bouwen en kalk te branden. Nog in de 18e eeuw kwamen hier nog verschillende steengroevebedrijven bij in het district Hahn.

In de loop van de industrialisatie in de 19e eeuw was meer kalk nodig, bijvoorbeeld als grondstof voor cement, kalkzandsteen en gasbeton, voor de productie van vloeistaal (zacht) en kunstmatige soda of als meststof in de landbouw. Dit leidde tussen 1870 en 1930 in het gebied Kornelimünster / Walheim tot de oprichting van moderne ovens, die voornamelijk door particuliere ondernemers werden geëxploiteerd. Omdat tegelijkertijd in het gebied ten Zuiden van Aken langs de nieuwe spoorweg door de Hoge Venen kalkovens werden gebouwd, kon dit gebied in het begin van de 20e eeuw opstijgen als het meest belangrijke kalkwinningsgebied van Duitsland.



Kalkofen Walheim

De oudste kalkoven is de fabriek uit 1870 op de Bilstermühlerweg tussen Kornelimünster en Krauthausen in de buurt van het viaduct over de Inde. Het grootste en belangrijkste monument met meerdere ovens werd in 1890 gebouwd door twee buitenlandse fabrikanten in de buurt van het Walheimer Bahnhof. Na de Tweede Wereldoorlog werden bijna alle kalkovens gerenoveerd in het gebied Walheim / Kornelimünster, maar al in de jaren '50 moest de een na de andere om economische redenen gesloten worden, omdat de structurele veranderingen in de kalkindustrie tot gevolg hadden dat men zich alleen ging richten op grootschalige bedrijven. Als laatste werd de Walheim fabriek in 1959 werd gesloten, die alleszins nog tot 1964 kalk uit de Stolbergse bedrijfstak verwerkte tot gebluste kalk en hogedrukkalk. Hogedrukkalk bevat naast calciumhydroxide, zogenaamde hydraulische factoren zoals silicaten (bijv. SiO_2), aluminaten (bijv. Al_2O_3) en ijzeroxiden (bijv. Fe_2O_3) waaruit calciumsilicaten en calciumaluminaten ontstaan.

Daarna raakten de kalkovens voor lange tijd in de vergetelheid en verweerden zij geleidelijk. Door de initiatieven van Werner Kasig, die samen met het Geologisch Instituut van de RWTH Aken in de jaren 1984/1985 een omvangrijke sanering doorvoerden, werd er uiteindelijk voor gezorgd dat deze fabrieksterreinen als gerestaureerde industriemonumenten voor de langere termijn behouden bleven.

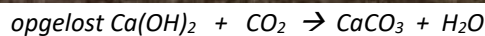
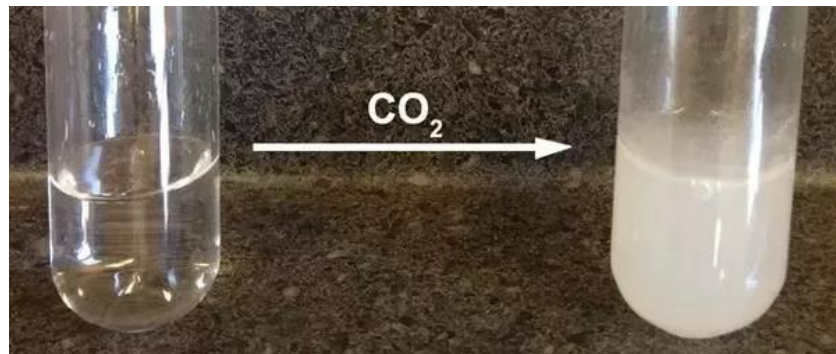
De teruggroei van kalk. Als je aan kalkloog, de koolzuur toevoegt die bij het branden van de kalk vrijkwam, of als je er uitgedemde lucht in blaast, dan vormen zich witte vlokken die omlaag zinken. Er is weer kalksteen ontstaan. De prachtige vormen van de kalkhoudende schelpen, de glans van het marmer of de samenhangende kracht van het massieve gesteente zijn echter onherstelbaar verloren. Want kalk laat zich niet aan elkaar smelten (het valt uiteen, het wordt gebrand!). In een snel

uitgevoerde laboratoriumproef kunnen we alleen kalkpoeder terugwinnen. Als je langzamer te werk gaat en je kalkloog in een laag, wijd bekglas ruim een uur lang aan de lucht laat staan, dan vormt zich aan het oppervlak een dunne korst. Net als in de kalkgebergten en bij de slak, trekt zich het vochtige achter een droge schelp terug. Als je het een uur, of beter een dag, laat staan en het glas dan bij je oor beweegt, dan hoor je een onnavolgbaar raspend en knarsend geluid. De kalkkorst wrijft tegen de kalkaanslag op de glazen wand. Deze proef duurt iets langer, maar levert al een eenvoudige vorm op, een soort drijvende kalkschots. Het is ook mogelijk om te laten zien hoe de kalkloog het koolzuurgas zo begerig opzuigt, dat er een onderdruk ontstaat (V 10e en f).

{22}



Blazen in kalkwater



De conserverende werking van kalk wordt al duidelijk bij eierschalen, mosselschelpen en dergelijke, maar vooral bij fossielen. Wat verkalkt, blijft behouden. Dit wordt toegepast bij het kalken (witten) van muren (V 10 b). In keukens en veestallen vormt zich meestal een vochtig of vettig laagje op de muren, dat dient als voedingsbodem voor insecten en ongedierte. Door de muren te kalken met de licht bijtende kalkloog, wordt het ongedierte 'dood-gewit'. De bijtende werking duurt slechts één dag, totdat de ongebluste kalk geneutraliseerd wordt door koolzuur uit de lucht. Bij frescoschilderingen laat men de kleuren als het ware mede in de kalksteenvorming verstenen - zo blijft de schildering duizenden jaren behouden (Etruskische graven, enz.). In de natuur worden de veranderingen die voortkomen uit de werking van de atmosfeer en het zure water in het binnenste van de aarde op de kalksteen, pas na generaties zichtbaar. Sneller gebeurt dit met gebouwen door de zure regen. Dieren brengen de kalk zeer snel in beweging, b.v. de kip die zich voedt met gebroken eierschalen.

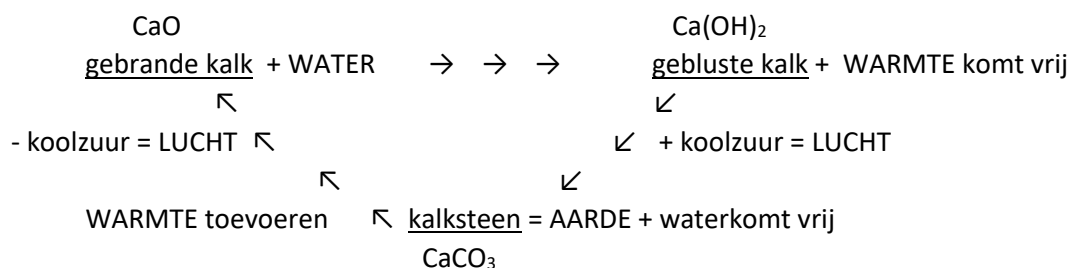
De kalkmortel, die men tegenwoordig alleen nog als toevoeging bij cement doet om te metselen of te plamuren, bindt de kooldioxide uit de lucht slechts langzaam gedurende vele maanden, terwijl het kalksteen teruggevormd wordt. Het gaat hier het dus niet alleen om een 'normale' uitdroging, zoals de kinderen vaak aannemen. Weliswaar moet het water hierbij verdampen, maar de verharding kan alleen verlopen wanneer voortdurend (langzame) koolzuurgas uit de lucht binnendringt. Bij deze reactie ontstaat een belangrijke hoeveelheid water, die vervolgens uit de poriën verdampt. Het komt overeen met de hoeveelheid water die de gebrande kalk opgenomen heeft, toen het droge gebluste kalk werd. Dit deel van het water kan niet worden verwijderd door alleen maar te drogen. Het uitharden van muren werd door cokesovens in de nieuwe gebouwen of door mensen, die het huis 'droog woonden', versneld. Beide geven kooldioxide af en houden het huis warm om de verdamping van het vocht te versnellen. Deze twee mogelijkheden die het uitharden versnellen, kunnen de leerlingen op basis van het geleerde zelf vinden. De kalktechniek – de huizenbouw – verloopt dus veel trager dan de laboratoriumproef, maar toch kun je er iets van laten zien (V 10u). Zij verloopt

echter nog steeds veel sneller dan de vorming van de wanden en kantelen bij de kalkrotsen. (Over moderne bouwmaterialen, zie pagina 53.)

{23}

Een grote schets van de kalktechniek wordt met het volgende schema gegeven. Er kan door leerlingen een compositie van verschillende kleurrijke tekeningen van worden gemaakt. Ook zijn er nog steeds opnieuw onze experimenten. De kalk gaat door de werking van de vier elementen heen. Men kan zich afvragen of de mortelkalk juist 'zijn' kooldioxide terugkrijgt die het bij het branden afgegeven had? (nee!)

Cyclus van kalkomzettingen. Rol van de 4 elementen.



Druipsteen en ketelsteen. Een met koolzuur vers gevuld kalkneerslag (zoals bij V 10), kan men met veel water, en met het doorleiden van een overmaat aan koolzuurgas, weer in oplossing brengen. Bij elke soort zeer zwakke zuren, b.v. koolzuurwater of humuszuurwater, kan kalk oplossen. Bij het koken ontsnapt een groot deel van de kooldioxide uit dit zogenaamde harde, kalkhoudende water, en de overmaat kalk zet zich als keiharde korst ketelsteen op de binnenwand af. Men kan ketelsteen op een milde manier uit de vaten verwijderen door te koken met azijn. Desalniettemin bestaat altijd het gevaar dat het zuur het vrijgekomen metaal wegvreet. Gekookt water schuimt met zeep beter, omdat de kalk eruit verwijderd is.

Op dezelfde manier als ketelsteen ontstaan ook de druipstenen (stalactieten). Wanneer het zwak koolzure, kalkhoudende (harde) grondwater uit de spleten van het plafond van de grot sijpelt, dan vervliegt een deel van het koolzuurgas in de lucht en de kalk zet zich af als druipsteen of gesinterde korst.

Literatuur over het karstlandschap en over de grotten zie randpagina pagina . . .

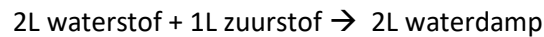
{24}

V. VERBRANDINGS-GAS EN VERBRANDINGS-GAS

Nadat bij het begin van de periode het vuur, in de vele verschijningsvormen en met zijn werken in de omgevende lucht, voor de leerlingen als een groot beeld neergezet werd, wordt het nu sterker van de omgeving gescheiden en gemanipuleerd. We zullen afzonderlijke verbrandingsproducten van het vuur scheiden en ze voor het willekeurig verder gebruik ter hand nemen. Het meest voor de hand liggende is de inwerking van koude, die uit het koude, verre luchtruim komend, gedacht kan worden.

Koude werkt zodanig op de verbrandingslucht van een vuur dat nevel ontstaat. In het koude seizoen vormen de vuren – ook met droog materiaal – soms eerder witte rook. Het is fijne nevel van water, dat condenseert bij afkoeling van de transparante, dampachtige verbrandingslucht. Elke gas- of kaarsvlam, brengt op een droog, koud, zelfs alleen maar kamer-warm oppervlak dat erboven wordt gehouden, een aanslag teweeg. Na verloop van tijd ontstaan op oppervlakken die voortdurend gekoeld worden, echte waterdruppels, b.v. op keukenramen wanneer gasvlammen langere tijd gebrand hebben - zelfs wanneer er niets op gekookt is.

Uit de verbrandingslucht van houtskolengloed condenseert vrijwel geen waterdamp. Iets meer verkrijgt men bij kaarsen en bij olie- of petroleumlampen. Het meeste water ontstaat uit verbrandingslucht van alcohol- en gasvlammen. Daar tegenover ontwikkelen de laatste minder koolzuurgas. Vaste brandstoffen ontwikkelen een verbrandingslucht die meer droge verstikking (koolstofdioxide) verspreidt, vloeibare en in het bijzonder gasvormige brandstoffen ontwikkelen meer vocht. De verbrandingslucht van het aller beweeglijkste, lichtste gas, van waterstof, is puur waterdamp (V 11).



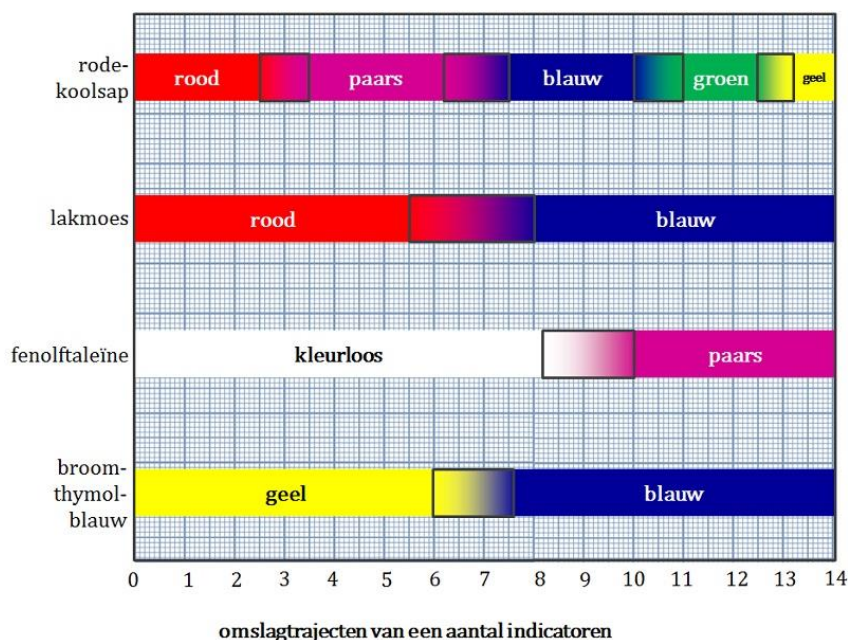
De werking van verbrandingslucht op vuur. Wanneer de verbrandingslucht van een vuur - afgekoeld tot kamertemperatuur, naar een tweede vuur wordt geleid, doet het dit vuur 'stikken'. Bijna precies zo werkt de (diep) uitgeademde lucht van een mens. De verbrandingslucht van iedere vuur moet dus veranderd zijn vergeleken met normale lucht, haar frisse ontstekingskracht is 'verbruikt'. Het is een 'afvalgas' of een 'verbruikt gas' geworden (V 12).

{25}

De werking van verbrandingsgas in water. Wanneer het verbrandingsgas door water wordt geleid, dan blijft iets van dit gas in het water 'hangen'; het lost er een beetje in op. Het gas geeft de eigenschap aan het water om blauw rodekoolsap rood te maken.

Dit water met verbrandingsgas/verbruikt gas kun je nu koken. Het beste gaat dat met spuitwater, dat het belangrijkste verbrandingsgas (koolzuurgas, CO₂) geconcentreerd 'bevat'. Reeds bij langzaam verwarmen borrelt het gas uit het water. Je kunt het weer in een tweede vat met normaal water leiden. In het eerste vat verandert de kleur van het rodekoolsap langzaam van rood (violet) naar blauw. In het tweede vat precies omgekeerd, omdat het gas nu gedeeltelijk blijft 'hangen' (zich oplost) (V 12h). Gassen lossen gewoonlijk tot een bepaalde temperatuurafhankelijke concentratie op in water; dus ook de lucht in water – hiervan leeft de vis.

{26}



De kleuren van rodekoolsap, die we bij de vorige verschijnselen tegen kwamen, moeten we nu systematisch onderzoeken. Suiker, zout en alcohol verkleuren het rode koolsap niet merkbaar.

Citroen, azijn, kortom alles dat zuur smaakt, zorgt meteen voor een rode kleur. Soda kleurt het rodekoolsap snel groen, zeep doet hetzelfde maar langzaam (V 13).

Citroen en azijn hebben een verschillend aroma, een verschillende smaak; je zult ze altijd kunnen onderscheiden. Beide hebben ze echter de zure eigenschap gemeen. En alleen hierop reageert de rodekool. Dus hij is een primitievere 'kleurproever' voor het zure en voor het loogachtige/basische (v. 13b). In deze hoedanigheid is het echter superieur aan het menselijke proeven, omdat het ook nog reageert op grote verdunningen (V13c). De beweeglijkheid en harmonie van de rodekoolsap kleuren is uniek (V 13d).



De kleur van rodekoolsap bij verschillende zuurgraden. Links (1-7) is zuur, pH=7 is neutraal, rechts (7-12) is base.

Vergelijkbare kleurreacties vertonen ook andere sappen van fruit en bloemen (bijv. zwarte bessensap, vlierbessensap, bosbessensap). In laboratoria gebruikt men tegenwoordig chemische kleurstoffen (zogenaamde indicatoren), die vergelijkbare kleurveranderingen vertonen. Met indicatorkleurstoffen geïmpregneerd papier, dat kort wordt ondergedompeld in de te onderzoeken oplossing, wordt indicatorpapier genoemd. Voor meer informatie over de kleurstoffen van rodekool en over plantenkleurstoffen zie randgebied pagina 54.

Koolzuur wordt een oplossing van verbrandingsgas (kooldioxide, CO_2) genoemd, b.v. van een houtskoolvuur in water, het is datgene wat wij vroeger verbrandingsgaswater genoemd hebben. Dat het een zuur is, toont het rodekoolsap aan. Het is echter zo'n zwak zuur, dat het nauwelijks zuur smaakt. De naam koolzuur komt van het feit dat dit type gas (het koolzuurgas) steeds ontstaat, wanneer stoffen verbranden die kunnen verkolen of roeten. Dat doen b.v. alle plantaardige stoffen. Het zwakke, onschadelijke kooldioxide vervliegt gemakkelijk weer uit het water als koolzuurgas, vooral in de warmte. Koolzuurhoudende dranken borrelen daarom in de warme mond. Aangezien koolzuur als rookgas van de verbranding andere branden blust, vult men met dit gas de zogenaamde koolzuur-sneeuwblussers en droge blusmiddelen. De laatste spuiten bovendien nog een poeder (natriumbicarbonaat) op de brandhaard, die het vuur afdekt en door de hitte extra kooldioxide ontwikkelt (voor details over brandblussers, zie pagina 57).

Brandblussers

Een brandblusser is een apparaat om het vuur van een kleine brand te doven. Het bestaat uit een cilinder waarin een beperkte hoeveelheid blusmiddel onder druk staat. Door een opening kan het blusmiddel op het vuur gespoten worden.

Een brandblusser bestaat ruwweg uit drukvat, blusstof en drijfgas. Als er geen drijfgas in het drukvat aanwezig zou zijn, dan kan ook de blusstof niet uit de blusser komen.



ABC-blusser met manometer

Het blusmiddel kan vloeibaar zijn, maar ook (bijvoorbeeld in poedervorm) in gasvorm zijn. Veelgebruikte blusmiddelen zijn:

Water. Een goedkoop middel met een groot koelend effect en (bij een slanghaspel) een onbeperkte aanvoer. Nadelen: vorstgevoelig en water kan gevaarlijk zijn bij gebruik op brandende benzine of olie. Ook onder elektrische spanning staande apparatuur kan gevaar opleveren als er water als blusmiddel wordt gebruikt.

Poeder. Men spreekt dan van een poederblusser. Het poeder van een ABC-blusser bestaat uit een mengsel van ammoniumfosfaat en ammoniumsulfaat. Het poeder van een BC-blusser bestaat uit een mengsel van natriumbicarbonaat en kaliumbicarbonaat, poeder van een D-blusser bestaat uit natriumchloride. Een poederblusser heeft een groot blussend vermogen, is geschikt voor vele soorten branden, niet elektrisch geleidend en niet vorstgevoelig. De blussende werking is ongeveer zesmaal die van bijvoorbeeld CO₂. Een belangrijk nadeel van een poederblusser is de grote nevenschade aan elektronische apparatuur en de kans op herontsteking van de brand als er niet goed geblust is. Wanneer met een poederblusser is geblust, dan moet het overgebleven poeder met een industriële stofzuiger worden verwijderd, geen water. Het poeder kan, wanneer het in contact komt met de huid, diarree veroorzaken.

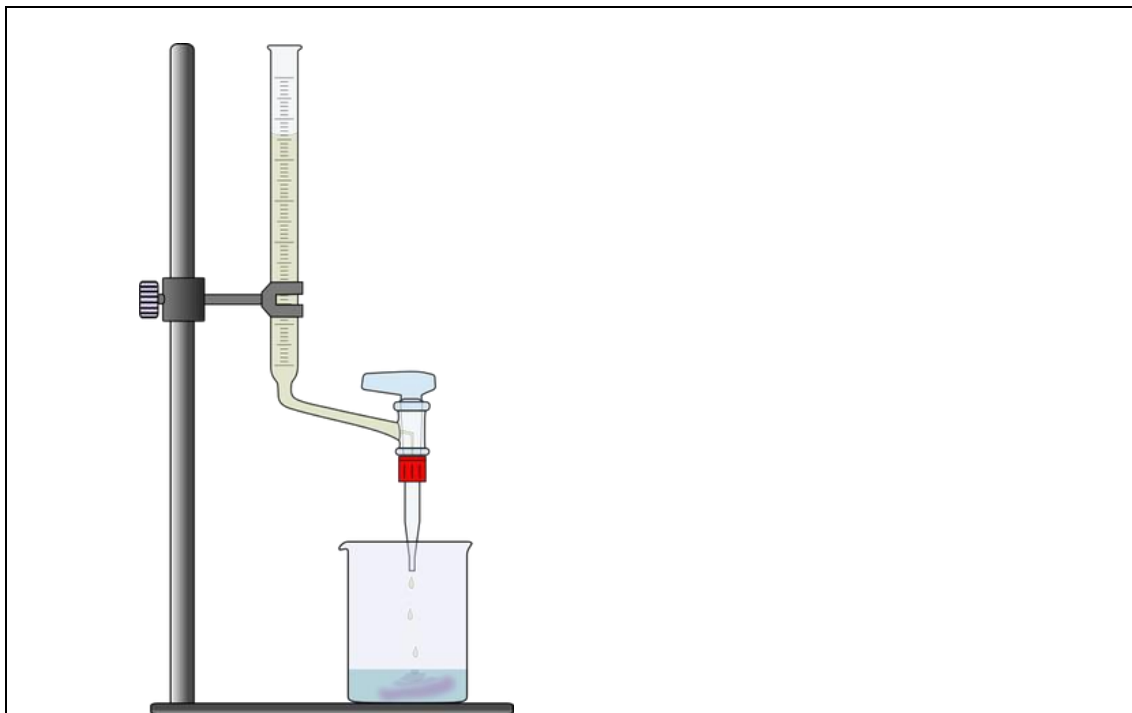
Schuim. Men spreekt dan van een schuimblusser. Schuimblussers zijn simpel gezegd gevuld met water en een schuimvormend middel. De blussende werking van schuim berust op afdekking (zuurstof wegnemen) en in geringe mate op afkoeling. De meest toegepaste schuimblussers zijn de zogeheten sproeischuimblussers die door een aanpassing in de spuitmond elke druppel uitstromende vloeistof onderbreken met lucht. Hierdoor ontstaat een nevel, die niet elektrisch geleidend is. Bovendien heeft het mengen van lucht een langere blusduur als gevolg. Door de lange blusduur en de geringe nevenschade is een sproeischuimblusser uitermate geschikt voor thuis en kantoor.

Koolstofdioxide (CO₂). Deze blussers zijn direct te herkennen omdat ze een zwarte expansiekoker of sneeuwkokker aan het uiteinde van de slang hebben. Tussen expansiekoker en slang zit een handvat, dat men tijdens gebruik van de blusser moet vasthouden. Het handvat is nodig omdat het uiteinde van de onbeschermd koker zeer koud wordt (tot ongeveer -80 °C) en men door deze extreme kou derdegraads brandwonden op kan lopen.

{27}

De as van het loog die overblijft nadat hout is verbrand, kleurt rodekoolsap groen, zonder zich volledig op te lossen. Als we as in water roeren en filteren, dan heeft de helder en kleurloos geworden vloeistof (het zogenaamde filtraat) nog steeds het vermogen om rodekoolsap groen te kleuren. We noemen deze gefiltreerde vloeistof 'loog', omdat het door het uitloggen van de as ontstaan is. Wanneer een mens volledig uitgeloozd/uitgeput is, dan zijn alle krachten uit hem weggetrokken. Hetzelfde is het geval met de gefiltreerde as. Bij het indampen van de as-loog blijft een grauw-geel poeder over. Het is 'loog-poeder' want bij het oplossen in water keert het heldere loog terug. Dit toont V 14, hij is de tegenhanger van V 12 h.

De neutralisatie. Loog en het zuur zijn 'gretig' voor elkaar, de een vernietigt de ander. Hierbij wordt de oplossing warmer, alsof het een soort 'begeertewarmte' is, toen zuur en loog geconcentreerd waren. Voegen we beetje bij beetje aan aangezuurde (rode) rodekoolsap toe aan as-loog, dan wordt het langzaam weer blauw; met nog meer loog wordt het groen. Overeenkomstig bewerkstelligt een omgekeerde toevoeging. Loog en zuur heffen elkaar in hun kleureigenschappen op (V 15) Een vloeistof kan nooit zuur zijn en tegelijkertijd als loog werken. Wanneer zuur en loog elkaar wederzijds neutraliseren, verdwijnen ze niet volledig; het ontstane neutrale water is een zoutoplossing. Dat wordt later in de 10^e klas nader besproken.



Titratie apparaat. Het zuur uit de buret wordt gedruppeld in het bekeerglas met de base. Het zuur neemt de base weg (en omgekeerd neemt de base het zuur weg). Als er geen base meer over is is de vloeistof neutraal geworden, *ne eutrum* = geen van beide. In het glas is geen base meer en geen zuur. Aan de kleur van de indicator in het bekeerglas, kun je aflezen of het neutralisatiepunt bereikt is.

De reactie die bij een neutralisatie optreedt:

