

## Hoofdstuk 1 Bouw van materie

1. Inleiding
2. Onderzoeksmethoden om stoffen beter te leren kennen
  - 2.1. Herkenning door louter zintuiglijke waarneming
    - 2.1.1. Uitzicht
    - 2.1.2. Smaak en geur
    - 2.1.3. Gehoor
  - 2.2. Waarneming i.v.m. aggregatietoestand
  - 2.3. Stofeigenschappen die meetbaar zijn
    - 2.3.1. Stoffenonderzoek door temperatuuffecten
    - 2.3.2. Stofonderzoek door samenvoegen van stoffen
  - 2.4. Stoffenonderzoek door andere technieken
3. Mengsels
  - 3.1. Van voorwerp tot mengsel
  - 3.2. Soorten mengsels
    - 3.2.1. Homogene en heterogene mengsels
    - 3.2.2. Indeling van mengsels
  - 3.3. Scheiden van mengsels
    - 3.3.1. Soorten scheidingstechnieken
      - zeven en ziften
      - filtreren
      - decanteren
      - centrifugeren
      - adsorberen
      - destilleren
      - chromatografie
    - 3.3.2. Scheidingsschema's
4. Zuivere stoffen
  - 4.1. Begrip zuivere stof
  - 4.2. Soorten zuivere stoffen
    - 4.2.1. Analyse: ontleden van stof
    - 4.2.2. Synthese
    - 4.2.3. Onderscheid mengsel en samengestelde zuivere stof
5. Opbouw van zuivere stoffen: molecuulmodel
  - 5.1. Het begrip mol
  - 5.2. Het molecuulmodel
  - 5.3. Toepassingen van het molecuulmodel
    - 5.3.1. Mengsels en zuivere stoffen
    - 5.3.2. Moleculen en aggregatietoestanden
    - 5.3.3. Fysische en chemische processen
    - 5.3.4. Kristalvorming
    - 5.3.5. Diffusie
  - 5.4. Verfijning van het molecuulmodel: atoomtheorie
6. Atoomsoorten chemische elementen
  - 6.1. Atoomsoorten
  - 6.2. Symbolische voorstelling
  - 6.3. Formules van zuivere stoffen
    - 6.3.1. Voorstelling van enkelvoudige stoffen
    - 6.3.2. Voorstelling van samengestelde stoffen

# **Hst1 :BOUW VAN MATERIE**

<http://www.youtube.com/watch?v=6aK2CKrdjE>

## **1. Inleiding**

B1	Het studieonderwerp van de chemie <b>verduidelijken</b> binnen de schaalniveaus van de natuurwetenschappen.	SET1
<b>Wenken</b> Met schaalniveau wordt bedoeld de grootteorde van kosmos - gaande van micro tot macro - die vooral wordt bestudeerd door de chemie en door de andere natuurwetenschappen.		

De kennis van de eigenschappen van de materie, van de veranderingen die ze kan ondergaan (de natuurverschijnselen) en de oorzaak van die veranderingen (natuurwetten) is het onderwerp van de natuurwetenschappen.

De mens stelt zich vragen naar de eigenschappen van de dingen om hem heen, naar de verklaring van de verschijnselen die hij waarneemt.

Om het antwoord te vinden op deze vragen is met succes een natuurwetenschappelijke werk- en denkmethode ontwikkeld.

De verschillende stappen zijn:

- De natuurverschijnselen worden nauwkeurig geobserveerd en, indien mogelijk, gemeten.

In

experimenten laat men de verschijnselen plaatsvinden in gecontroleerde omstandigheden.

-Hieruit worden dan wetten afgeleid, in deze en die omstandigheden gebeurt dit en dat.

-Vervolgens tracht men door een liefst wiskundige redenering, uitgaande van een theorie, aan te

tonen waarom dingen zo gebeuren zoals ze in feiten gebeuren. Dit is de natuurwetenschappelijke verklaring.

experiment

informatie uit metingen en waarnemingen

ordenen van de informatie

wetmatigheden en regelmaat opsporen

wetmatigheden verklaren

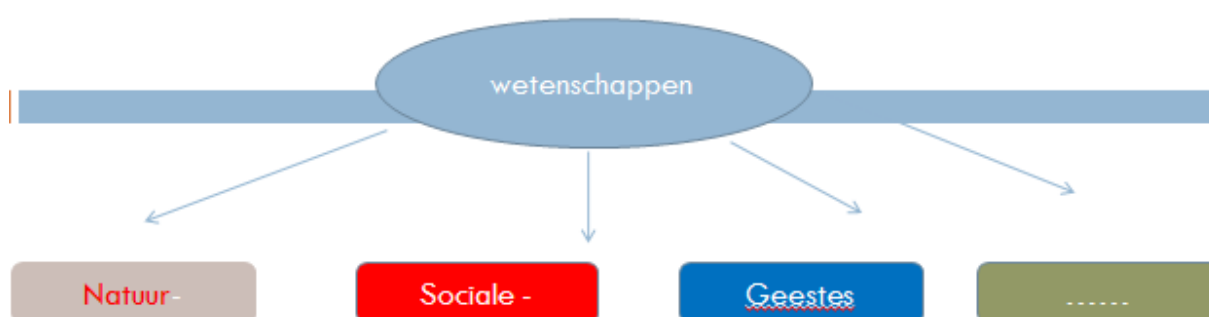
aanwenden van modellen en theorieën

toepassen op nieuwe experimenten

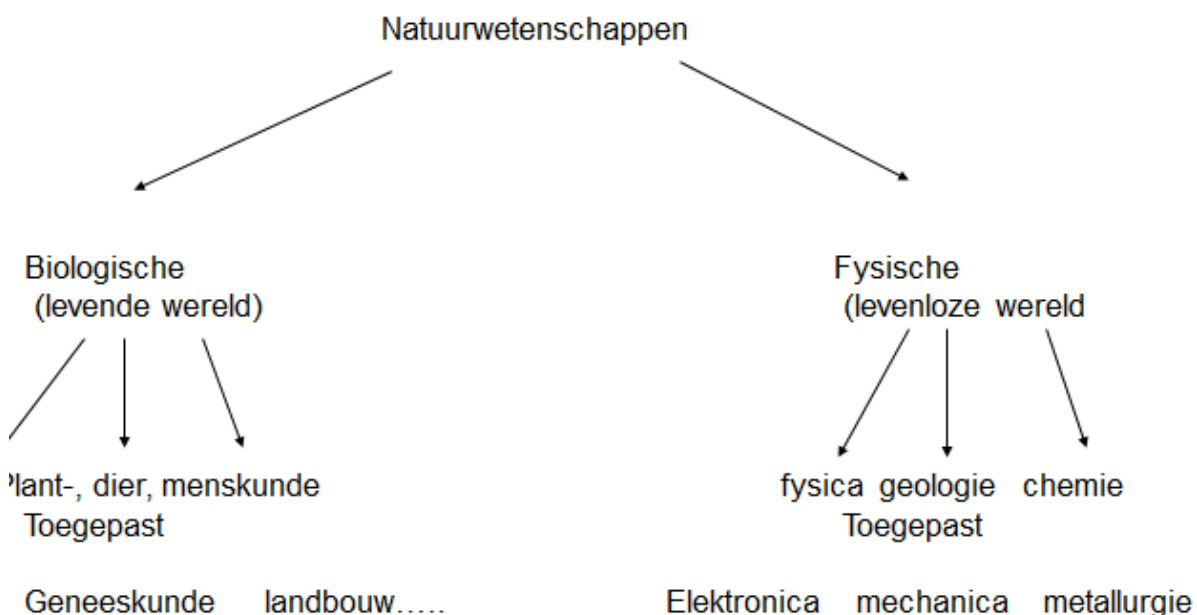
De natuurwetenschappen worden onderverdeeld in de biologische en de fysische natuurwetenschappen.

De biologische natuurwetenschappen hebben de levende wereld als onderwerp en de basiswetenschap is de biologie. Men kan deze verder onderverdelen in onder andere plantkunde, dierkunde, menskunde en toegepaste wetenschappen als geneeskunde, landbouwwetenschappen....

De fysische natuurwetenschappen hebben de levensloze wereld als onderwerp en de basiswetenschappen hierin zijn o.a. de fysica, de geologie en de chemie.

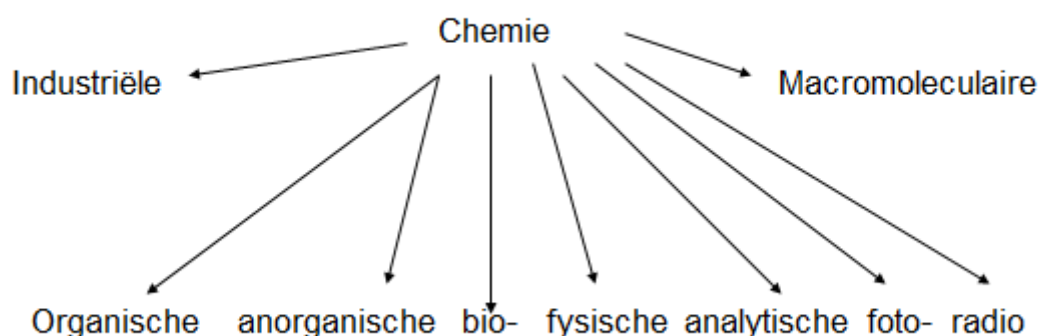


Als toegepaste wetenschappen heeft men het hele arsenaal technologische richtingen zoals de elektronica, de mechanica, metallurgie....



Elke wetenschap is nog verder opgesplitst in een aantal deelwetenschappen. Zo bijvoorbeeld heeft de chemie de volgende richtingen: de organische chemie, anorganische chemie, biochemie, fysische chemie, analytische chemie, fotochemie, radiochemie, industriële

chemie, macromoleculaire  
chemie.



Deze opsplitsing van de natuurwetenschappen in verschillende disciplines is echter kunstmatig en theoretisch. Sommige deelwetenschappen overlappen elkaar enigszins en vergroeien zo tot nieuwe richtingen als biochemie en fysico chemie.

In de natuurwetenschap chemie bestudeert men hoofdzakelijk:

- de samenstelling en structuur van de materie
- de veranderingen in samenstelling en structuur
- de energie-uitwisselingen die met deze omzettingen gepaard gaan

*Opmerking: termen chemie en scheikunde*

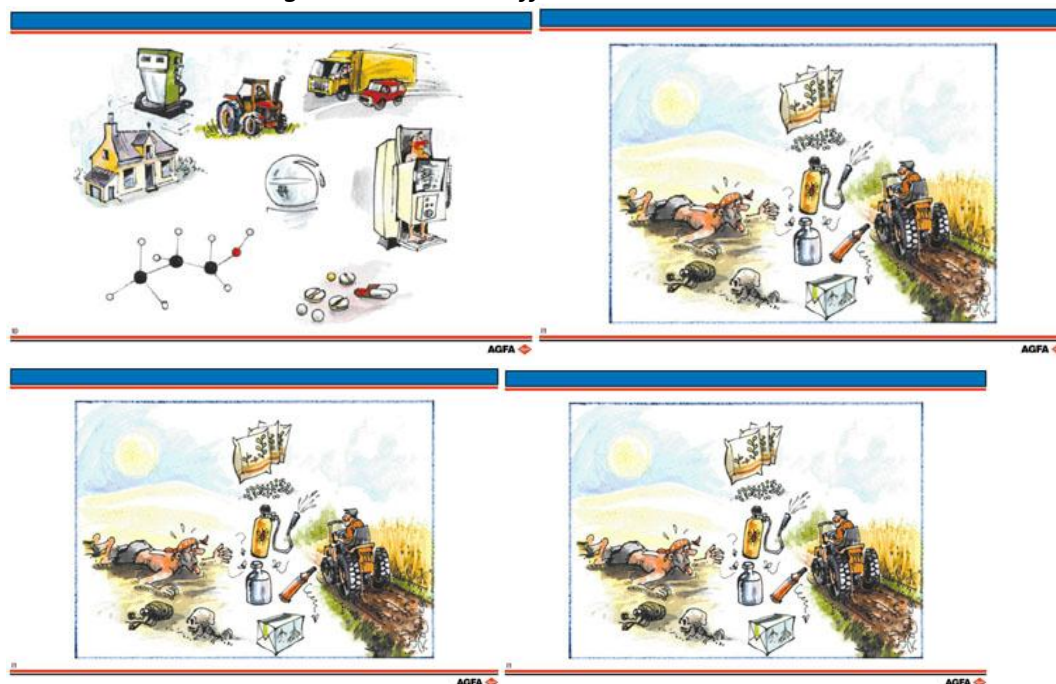
*Reeds in de Oudheid kende men in Mesopotamië en Egypte toegepaste chemie. We vermelden hier de bereiding van verfstoffen, zepen, enkele zouten en zuren, glas, cosmetica en bepaalde metalen. Waar het woord chemie vandaan komt is niet heel duidelijk. Hieronder volgen twee bekende versies.*

*Volgens E. von Lippman, wetenschapshistoricus, is de term chemie afkomstig van het Grieks chēmia = zwarte grond; Zwart Land = Egypte. We vinden dit onder meer bij Plutarchus (ca. 46 – 120 na Chr.). De naam is 'chemi' = zwart preparaat, (in de latere geschriften van Arabieren en Middeleeuwen) en heeft betrekking op het feit dat de bedding van de Nijl praktisch zwart is, tegenover de omliggende woestijn. De kunst om metalen te veranderen, beoefend in Egypte (het Zwarte land) werd zo 'chemie'.*

*Een andere versie, van de specialist in de alchemie, J. von Ruska, zegt dat de term chemie is afgeleid van het Grieks cheein = smelten, uitgieten. De metalen worden van elkaar onderscheiden door hun smeltbaarheid. 'Chemia' is de kunst van het veranderen van metalen geworden.*

*Deze naam wordt internationaal het meest gebruikt (la chemie, die Chemie, chemistry, chemia, khimia).*

*De naam scheikunde wordt in het Nederlands taalgebied eveneens gebruikt. Dit is historisch gegroeid uit de vaststelling dat de beoefenaars ervan zich in feite grotendeels bezig hielden met het oordeelkundig scheiden van stoffen*



<http://www.youtube.com/watch?v=TdLffxGD3E>

<http://www.youtube.com/watch?v=0Muk5FwROn0&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=6giAhjUYhB8>

## 2. Onderzoeksmethoden om stoffen beter te leren kennen

B2 Voorwerpen van stoffen onderscheiden op basis van voorwerp- en stoffeigenschaften.

Het doel van de chemie, namelijk de samenstelling en de eigenschappen van stoffen onderzoeken, alsook andere stoffen maken, bereikt een chemicus slechts door toepassing van de natuurwetenschappelijke methode.

Hij voert experimenten uit; hij noteert, meet, ordent, verklaart via model en theorie en controleert dit alles met nieuwe experimenten.

### 2.1. Herkenning van stoffen door louter zintuiglijke waarneming

Het voorkomen van stoffen kan erg verschillen. Deze verschillen worden onder andere bepaald door de vaste, vloeibare of gasvormige toestand, door de vorm, de kleur, de smaak, de reuk, de hardheid, de dichtheid, de glans, de elasticiteit, de dichtheid, de glans, de doorzichtigheid....

Om een stof te herkennen door louter zintuiglijke waarneming kunnen een aantal typische eigenschappen van die stof zo nauwkeurig mogelijk omschreven worden.

### 2.1.1. Uitzicht

Kleur en glans van een stof kunnen voldoende zijn om een stof te herkennen. Een metaal is te herkennen aan de typische glans. Metalen zijn te onderscheiden door hun kleur: koper, zilver, goud, lood.... Ook de viscositeit van een vloeistof is kenmerkend. Zo is tafelolie louter op zicht te onderscheiden van witte wijn. Door na te gaan hoe deze vloeistoffen langs glas lopen, kan de trager aflopende olie onderscheiden worden van de sneller lopende witte wijn.



### 2.1.2. Smaak en geur

Heel wat stoffen hebben een typische smaak en/of geur. Vooral voedingsstoffen zijn op deze manier te herkennen. Azijn is gemakkelijk van water te onderscheiden door eraan te ruiken, zout is makkelijk van suiker te onderscheiden door te proeven.

### 2.1.3. Gehoor

Kristalglas is door aan te tikken te onderscheiden van gewoon glas. Zuiver tin maakt een krakend geluid bij het plooiën.

Soms is een stof te herkennen door louter zintuiglijke waarneming. Meestal echter zijn diepgaander onderzoeksmethoden nodig om de aard, de eigenschappen en de structuur van een stof te leren kennen of herkennen.

## 2.2. Waarnemingen in verband met de aggregatietoestand van de materie

Vast, vloeibaar of gasvormig, drie toestanden waarin de materie kan voorkomen, noemt men de aggregatietoestanden.

Elke aggregatietoestand wordt gekenmerkt door specifieke eigenschappen

Schema:

	vast	vloeistof	Gas
Eigen vorm	ja	neen	Neen
Eigen volume	ja	ja	Neen
Samendrukbaarheid	weinig	weinig	Groot
Deelbaarheid	moeizaam	goed	Zeer goed

*Opmerking:*

*Het Latijnse woord aggregare betekent verzamelen, bijeenhopen, samenscholen. Met aggregatietoestand wordt bedoeld: de toestand waarin een stof (verzameling van stofdeeltjes) zich bevinden. Deze toestand wordt hoofdzakelijk bepaald door de samenhang van de stofdeeltjes en hun beweeglijkheid.*

Uit de typische eigenschappen van de drie aggregatietoestanden kunnen reeds een aantal belangrijke conclusies worden getrokken over de inwendige bouw ervan en een eerste model van elke aggregatietoestand is hierdoor te verkrijgen.

Een vaste stof of een vloeistof is duidelijk een zeer gecondenseerde of compacte toestand, dit in tegenstelling tot een gas.

-De materiedeeltjes van een vaste stof zijn zeer geordend en dicht gestapeld, waardoor de onderlinge afstanden klein zijn. De deeltjes kunnen alleen nog maar trilbewegingen uitvoeren rond hun evenwichtsplaats. Blijkbaar is er door sterke aantrekkingskrachten (cohesiekrachten) een grote samenhang tussen de deeltjes.

- Bij een vloeistof zijn de cohesiekrachten zwakker. Er is geen echte ordening meer. De deeltjes kunnen vrij bewegen, maar hun gemiddelde onderlinge afstand blijft behouden. Bij een gas zijn er nagenoeg geen cohesiekrachten. De deeltjes bewegen chaotisch op grote, willekeurige afstanden van elkaar.

Schema:

	Vast	Vloeibaar	Gas
Onderlinge afstand tussen de deeltjes	klein	groter	Zeer groot
Cohesiekracht tussen de deeltjes	groot	matig	Bijna geen
Beweeglijkheid van de deeltjes	klein	matig	groot

### 2.3. Stofeigenschappen die meetbaar zijn

De stoffen in de natuur kunnen verschillende toestanden voorkomen.

Deze eigenschap is de aggregatietoestand van een stof. Afhankelijk van de temperatuur is er een aggregatietoestand. Men kijkt daarom naar de aggregatietoestand bij kamertemperatuur. Dit is een stofeigenschap.

De temperatuur waarbij de overgang gebeurt tussen de aggregatietoestanden is eveneens een stofeigenschap. Kookpunt en vriespunt zijn dus typische stofeigenschappen.

Een ander voorbeeld van een stofeigenschap is de massadichtheid. Water heeft bij 4°C een dichtheid gelijk aan 1.000 kg/m<sup>3</sup>.

Nog een andere belangrijke eigenschap is de oplosbaarheid in water.

Sommige stoffen zijn oplosbaar in water, andere niet.

De oplosbaarheid in water van een vaste stof stijgt met stijgende temperatuur, terwijl deze van een gas daalt.

### 2.3.1. Stoffenonderzoek door temperatuureffecten

#### 2.3.1.1. *Sommige stoffen veranderen van aggregatietoestand*

Voorbeelden:

-Bij drogen van was verdampt vloeibaar water. De was droogt echter ook bij de vorst. Het tot ijs bevroren water sublimeert.

-’s Winters daarentegen zal de waterdamp tot ijsbloemen vervasten tegen een koude vensterruit.

-Nevel en mist kunnen ontstaan in wat koudere lucht, als de waterdamp tot waterdruppels condenseert.

-Bij het verwarmen van water is aanvankelijk niets aan de vloeistof te merken. Als men een weinig zaagsel toevoegt, zijn allerlei stromingen in het water te merken. Langzaamaan begint ook de opgeloste lucht te ontsnappen. Na een tijd vormen zich waterdampbellen die van de bodem opstijgen, maar het vloeistofoppervlak nog niet bereiken. De vorming van dampbellen wordt steeds heviger, tot het water tenslotte kookt. De opstijgende waterdampbellen spatten open aan het vloeistofoppervlak. Als men blijft verwarmen zal tijdens dit kookproces al het vloeibaar water omgezet worden in waterdamp.

- Zacht verwarmde vaste joodschilfers geven paarse dampen af zonder dat er een noemenswaardig vloeibaar tussenstadium wordt waargenomen. De paarse dampen vormen bij afkoeling ,weer vast jood (bovenaan in de reageerbuis).

In de vaste toestand zijn de deeltjes plaatsgebonden. Alleen trilbewegingen komen voor. Bij stijgende temperatuur worden de trilbewegingen intenser, zodat de deeltjes een iets grotere bewegingsruimte opeisen. Het kristalrooster blijft behouden, maar door de groter wordende onderlinge afstanden zet de stof uit.

Bij een bepaalde temperatuur (smeltpunt) is de beweging zo heftig geworden dat de cohesiekrachten niet meer bij machte zijn de deeltjes in de rooster te houden: de regelmatige posities in de vaste fase gaan verloren en men krijgt een overgang naar de vloeibare fase (= smelten).

In de vloeibare fase, de deeltjes zijn niet meer plaatsgebonden, zal bij een temperatuurstijging de beweeglijkheid van de deeltjes blijven toenemen, wat leidt tot voortschrijdende verzwakking van de cohesiekrachten.

Tenslotte kunnen de deeltjes helemaal loskomen van elkaar: de stof kookt en de gastoestand treedt in.

#### 2.3.1.2. *Sommige stoffen veranderen van aard, er ontstaan andere stoffen*

Effecten bij braden, stoven, roosten, het verbranden van papier, alcohol, aardgas, benzine, roesten van ijzer, vuurwerk

Bij het verhitten van rood kobaltdichloride verandert de vaste stof geleidelijk in een blauwe vaste stof, terwijl in de recipiënt ook kleurloze vloeistofdruppels ontstaan.



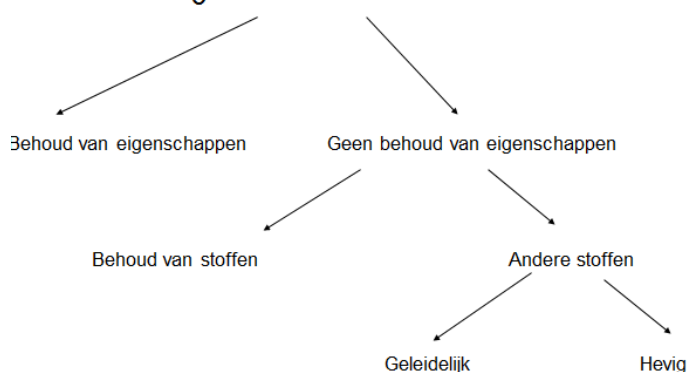
Bij al deze verschijnselen wordt de inwendige structuur drastisch aangetast. Er ontstaan andere stoffen met andere stoffen met andere karakteristieke eigenschappen. Een dergelijk proces, waarbij de stof van aard verandert, noemt men een chemische reactie.

### 2.3.1.3. *Sommige stoffen veranderen niet van aard of van aggregatietoestand*

Een plaatje goud, zilver kan men niet veranderen. Het plaatje wordt alleen gloeiend heet, het zet uit.

### 2.3.2. Stoffenonderzoek door samenvoeging van stoffen

#### □ Samenvoegen van stoffen



Een andere methode die in de chemie gebruikt wordt, is het samenvoegen van stoffen. Men observeert de gedragingen van de stoffen in elkaars aanwezigheid en tracht vervolgens te achterhalen of de oorspronkelijke ingebrachte stoffen al dan niet gewijzigd werden.

Voorbeelden:

- bereidingen in de keuken (koffie, thee, deeg, soep)
- bereiding van vele stoffen berust op het samenvoegen van stoffen: cosmetische producten, voedingswaren, geneesmiddelen

#### 2.3.2.1.. *Stoffen behouden al hun eigenschappen*

De samengevoegde stoffen blijken nog steeds al hun stoffeigenschappen te bezitten. Men kan ze duidelijk van elkaar waarnemen. Er is een heterogeen mengsel gevormd. Er is geen interactie merkbaar.

#### 2.3.2.2. *De stoffen behouden niet al hun eigenschappen*

Sommige eigenschappen veranderen, hoewel de oorspronkelijke stoffen toch blijven bestaan

Vb:

Melk en koffie, suiker en thee, water en alcohol

Als men een klontje suiker in water brengt, wordt de compacte stofstructuur van het suikerklontje afgebroken en de suiker verdwijnt tenslotte helemaal in de vloeistof. De vloeistof vertoont nu echter de zoete smaak van suiker.

Deze gewijzigde stofeigenschappen zijn in feite geen wezenlijke stofeigenschappen. De klontjesvorm is in wezen geen stofeigenschap. De verandering van aggregatietoestand en het verdwijnen van de witte kleur zijn enkel een gevolg van de uiterst fijne verdelingstoestand van de suiker in het water. Beide kenmerken zijn dus geen wezenlijke eigenschappen van suiker.

Het verschijnsel waarbij een stof als het ware verdwijnt in een vloeistof noemt men oplossen. Een heterogeen mengsel verandert in een homogeen systeem. De opgeloste stof is gelijkmatig en uiterst fijn verdeeld in de vloeistof, zodat deze stof hierin niet meer visueel waarneembaar is, tenzij door haar kleur. Bij het oplossen grijpt er dus slechts een lichte interactie plaats.

Indien de oorspronkelijke stoffen omzetten in andere stoffen, ondergaan nagenoeg alle eigenschappen drastische veranderingen.

Voorbeelden:

- ontkleuring van haar door waterstofperoxide
- verwijderen van hardnekkige vlekken op kledingsstukken
- spijsvertering
- de kleurverandering van rode kool na toevoeging van azijn of citroensap

Soms kan een chemische reactie zeer hevig en opvallend verlopen. Als men wat koper in waterstofnitraat brengt, vindt er onmiddellijk een interactie plaats tussen beide stoffen. Bruine dampen met een verstikkende geur ontsnappen langs het bruisende vloeistofoppervlak. De vloeistof wordt warm en de kleur verandert van kleurloos over lichtblauw in groenblauw. Het koper wordt geleidelijk verteerd en verdwijnt tenslotte helemaal. Op dat ogenblik stopt de chemische reactie.

Bij al deze voorbeelden ontstaan andere stoffen. De oorspronkelijke stoffen zijn al dan niet volledig omgezet. Er grijpt dus een drastische interactie plaats. Dergelijke interacties noemt men chemische reacties.

## **2.4.Stoffenonderzoek door ander technieken**

Het stoffenonderzoek kan nog aangevuld worden met technieken die gebaseerd zijn op elektriciteit of straling.

Stoffen vertonen een verschillend gedrag t.o.v. deze vormen van energietoevoer, wat dus wijst op een verschillende inwendige bouw. Zo kent men geleiders (vb metalen) en niet-geleiders (isolatoren). In sommige gevallen geeft de elektrische stroomdoorgang aanleiding tot de vorming van nieuwe stoffen.

Andere stoffensystemen echter zijn zelfs in staat elektriciteit te produceren. Bijvoorbeeld een batterij in de auto of in een zaklamp.

In moderne laboratoria worden stoffen onderzocht door middel van straling. Men verkrijgt typische spectra waaruit de aard en de structuur van een stof achterhaald kan worden.

Het onderzoek naar de gedragingen van stoffen onder invloed van verschillende soorten straling is op dit ogenblik één van de meest gebruikte methoden, omdat ze de onderzoekers in staat stelt werkelijk zeer diep in stofstructuren door te dringen en als het ware binnen de stoffen te kijken. Dergelijke technieken vergen doorgaans zeer ingewikkelde en kostbare apparatuur.

Toch kan men ook met eenvoudige waarnemingen vaststellen dat stoffen o.i.v. straling een verschillend gedrag vertonen.

### Voorbeelden

Onder invloed van lichtstralen zet wit zilverchloride om in een grijszwarte stof.  
Zonnebaden en bruinen hebben een effect op bepaalde stoffen in de huidcellen  
Fotosynthese bij groene planten

### 2.4.1 Hardheid

Met hardheid van een stof bedoelt men de weerstand die de stof biedt tegen krassen. Zo is de hardheidsschaal van Mohs een middel om stoffen te klasseren volgens hun hardheid. De hardheidsschaal van Mohs bestaat uit tien mineralen gerangschikt volgens stijgende hardheid.

De hardheid van een stof is te bepalen door te krassen met de betrokken mineralen. Zo maken kwarts en orthoklaas een kras op vensterglas maar apatiet niet. De hardheidsgraad van glas is dus gelegen tussen 5 en 6

Hardheidsschaal van Mohs

Talk	1
Gips	2
Calciet	3
Fluoriet	4
Apatiet	5
Orthoklaas	6
Kwarts	7
Topaas	8
Korund	9
Diamant	10



### 2.4.2. Geleidingsvermogen voor warmte

Een belangrijke eigenschap van stoffen is het geleidingsvermogen voor warmte. Zo zijn er bij het bouwen van een huis materialen nodig die de warmte goed geleiden (metalen radiatoren) en slecht geleiden (isolatiematerialen zoals glaswol en polyurethaanplaten).

### 2.4.3. Geleidingsvermogen voor elektrische stroom

Stoffen kunnen in meer of mindere mate de elektrische stroom geleiden. Men spreekt van geleiders en isolatoren. Koper is een goede geleider voor elektrische stroom. Het wordt gebruikt in elektrische bedrading. Een isolator is bijvoorbeeld kunststof waaruit stekkers en stopcontacten vervaardigd zijn. Isolatoren hebben een klein geleidingsvermogen voor elektrische stroom.

Andere eigenschappen zijn warmtecapaciteit, brekingsindex, radioactiviteit, magnetische eigenschappen en brandbaarheid.

## 3. MENGSELS

B3	Typische voorbeelden van homogene en heterogene mengsels uit de leefwereld herkennen en benoemen als oplossing, emulsie of suspensie.	C2
----	---	----

### 3.1 VAN VOORWERP TOT MENGSEL

Voortdurend kom je in aanraking met voorwerpen, zaken waarvan in het leven gebruik wordt gemaakt: een fiets, een boekentas, een make-up set, een elektrische boor...

Al deze voorwerpen zijn opgebouwd uit één of meer stoffen

Voorbeeld een auto:

- het koetswerk uit metaal
- het metaal is met een verflaag bedekt
- het motorblok bestaat uit een ander soort metaal
- de ramen zijn uit doorzichtig glas gemaakt
- de binnenbekleding is uit stof, leder of PVC gefabriceerd

Chemie heeft onder andere de bedoeling stoffen te bestuderen. Al die stoffen samen brengen chemici bij elkaar onder de verzamelnaam: materie.

Materie is de verzamelnaam voor alles wat in het heelal te vinden is. Materie komt voor in drie aggregatietoestanden: vast, vloeibaar en gasvormig.

In de dagelijkse leefwereld wordt de materie ervaren met zeer uiteenlopende eigenschappen. Dat zijn verschillende materiesoorten. Elk van die materiesoorten heeft een eigen gebruik, een aantal eigenschappen en een functie.

Elke materiesoort wordt aangeduid met een bepaalde naam.

Bij nader toezien zijn deze materiesoorten meestal mengsels van verschillende stoffen. Deze mengsels kunnen van natuurlijke of van kunstmatige oorsprong zijn. In het eerste geval worden stoffenmengsels bedoeld die in de natuur voorkomen, in het andere geval gaat het om mengsels die door menselijk handelen zijn gemaakt.



Voorbeelden:

Natuurlijke mengsels:

Ertsen zijn mengsels van niet-buikbare gesteenten en metaalgrondstof; zeewater is een mengsel van water, opgeloste zouten en biologische organismen.

Kunstmatige mengsels:

Soep en waspoeder

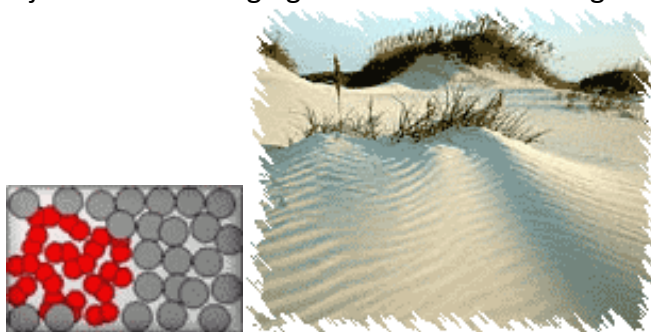
### 3.2. SOORTEN MENGSELS

Een mengsel is een stoffensysteem van twee of meer stoffen of componenten. Men onderscheidt vooral homogene en heterogene mengsels

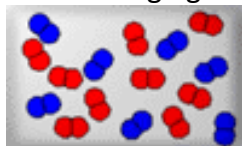
#### 3.2.1. Homogene en heterogene mengsels

Een heterogeen mengsel heeft geen uniform uitzicht. Het mengsel bestaat uit verschillende fasen. Dit zijn duidelijk van elkaar te onderscheiden aggregatietoestanden.

Tijdens de vermenging van de stoffen treedt geen interactie op.



Een homogeen mengsel heeft een éénvormig uitzicht. Het is een één-fase systeem. Tijdens de vermenging van de stoffen treedt een lichte interactie op.



Het onderscheid heterogeen/homogeen is niet altijd duidelijk. Wat éénvormig uiterlijk lijkt wordt als een homogeen systeem beschouwd, in het andere geval een heterogeen systeem.

Heterogene mengsels:

benzeen/water/tetra/kwik

zand in water

Homogene mengsels:  
 suikeroplossing  
 boter  
 koffie  
 lucht

### 3.2.2. Indeling van mengsels

#### 3.2.2.1. Indeling op basis van de aggregatietoestand

Op basis van de verschillende groepen die bestaan bij de indeling naar de aggregatie-toestanden kunnen 18 soorten mengsels onderscheiden worden. Heel wat van die mengsels hebben een specifieke naam.

##### 3.2.2.1.1. Indeling van heterogene mengsels op basis van aggregatietoestand

#### VAST-VAST

Dergelijke mengsels noemt men ook grove mengsels.

ertsen  
 marmer, graniet, beton  
 de inhoud van je boekentas  
 zout + suiker



#### VAST-VLOEISTOF

Hier kan het gebeuren dat de vaste deeltjes niet permanent gelokaliseerd blijven in een welbepaald gedeelte van het mengsel.

Dergelijke mengsels worden ook suspensies genoemd. Een suspensie waarvan de verdeelde stof uit grote deeltjes bestaat zal bezinken wanneer ze op een rustige plaats wordt weggezet (fruitsap bijvoorbeeld). Het bezinksel noemt men neerslag.

zand + water  
 zure melk

krijt in water	
rioolwater	suspensie
vruchtensap	suspensie
chocolademelk	suspensie



### VLOEISTOF-VLOEISTOF

Bij deze systemen kunnen vloeistofdeeltjes van de ene component zich verspreiden tussen de vloeistofdeeltjes van de andere component.

Dergelijke mengsels worden ook emulsies genoemd.

Een emulsie kan gestabiliseerd worden door toevoeging van een emulgator.

olie + water	
kwik + water	
benzine + water	
melk	emulsie
olie in water met een detergent	emulsie

Emulgatoren of emulgeermiddelen zijn organische verbindingen met oppervlak-actieve eigenschappen (tensiden). Ze dienen om allerlei soorten dispersies (suspensies, schuimen, aërosols, schuimen) te bereiden en te stabiliseren. Bij voedingsmiddelen en cosmetica zijn vooral de emulsies van belang.

Emulsies waarbij olie in water gedispergeerd is (olie is de inwendige fase en water de uitwendige fase), noemt men een "olie-in-water-emulsie (o/w), bijvoorbeeld mayonaise, dagcrème. In het omgekeerde geval spreekt men van een w/o-emulsie, bijvoorbeeld margarine, nachtcrème.

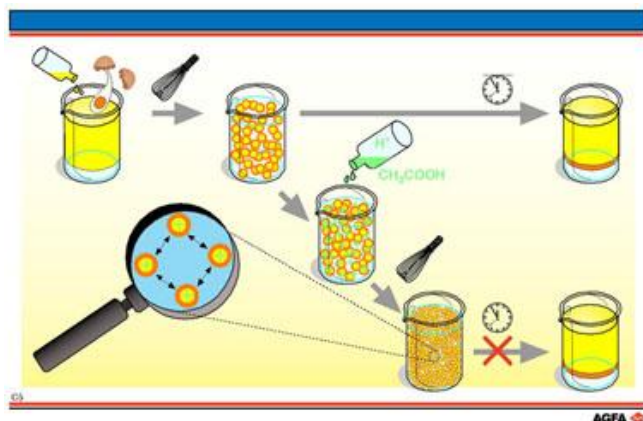


Een emulgator bestaat uit moleculen die een hydrofiel gedeelte bevatten dat in water kan dringen en een hydrofoob of lipofiel gedeelte, dat in olie kan dringen. Die moleculen bezetten het grensvlak tussen de beide fasen van een emulsie en verminderen de oppervlaktespanning, waardoor de inwendige fase fijn verdeeld wordt.

Lecithine (Grieks lekithos = eierdooier) is de belangrijkste natuurlijke emulgator. Eidooiers,



hersen en, eieren en soja zijn rijk aan lecithine. Als synthetische emulgatoren worden vooral de mono- en diglyceriden van vetzuren aangewend.



### GAS-VLOEISTOF

Als in een gas fijne vloeistofdruppeltjes voorkomen spreekt men van een nevel of een aërosol.

opborrelend gas in spuitwater	
mist	
grondnevel	nevel
haarlakspray	nevel



### VAST-GAS

Als aggregaten van de vaste stof goed verspreid zijn in een gas, kan men spreken van rook.

ballon met gas	
zandstorm	rook
roetvlam	rook



### GAS-GAS

Het voorkomen van gasmengsel dat duidelijk als heterogeen te bestempelen zijn, is zeldzaam. Door de grote beweeglijkheid van de gasdeeltjes hebben gassen immers de



neiging om spontaan het grootst mogelijke volume in te nemen. Daardoor mengen ze zich ook veel sneller door elkaar. Dit betekent niet dat die menging altijd zodanig gebeurt dat de samenstelling op elk punt identiek is.

bruine rook uit fabrieksschoorstenen  
gifgas/lucht



### 3.2.2.1.2. Homogene mengsels ingedeeld op basis van aggregatietoestanden

Heterogene mengsels kunnen dikwijls omgezet worden in homogene mengsels of oplossingen. Dit gebeurt niet spontaan. De vorming van homogene mengsels veronderstelt reeds dat bepaalde interacties optreden tussen de aanwezige stoffen.

#### VAST-VAST

Twee of meerdere vaste stoffen zullen nooit spontaan overgaan tot een perfect homogeen mengsel. Door sommige bewerkingen kan men echter kunstmatig zogenaamde "vaste oplossingen" maken.

De meest bekende hiervan zijn legeringen die verkregen worden door metalen samen te smelten en het geheel daarna langzaam te laten afkoelen.

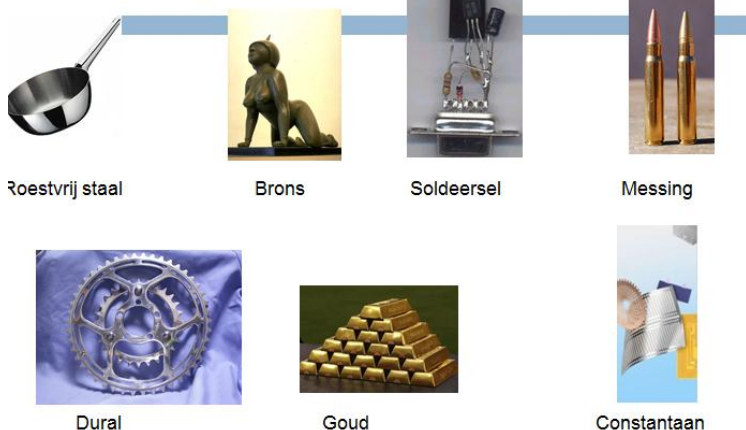
legeringen  
brons  
messing  
roestvrij staal (inox 18/8)



#### Opmerking: samenstelling van legeringen

<u>legering</u>	<u>Samenstelling massa%</u>	<u>Toepassingen</u>
Roestvrij staal	<u>Fe(74) Cr(18) Ni(8)</u>	<u>Gereedschappen o.m. bestek</u>
brons	<u>Cu (78) Sn(22)</u>	<u>Klokken</u>
<u>Soldeersel</u>	<u>Sn(60) Pb(40)</u>	<u>Zacht soldeersel voor elektrische toepassingen</u>
<u>Messing</u>	<u>Cu(70) Zn(30)</u>	<u>Loodgieterij</u>
<u>Dural</u>	<u>Al(95) Cu(4) Si, Mn, Mg(1)</u>	<u>Constructie auto's, vliegtuigen</u>
<u>Goud (18 kt)</u>	<u>Au (75) Cu(25)</u>	<u>Juwelen, elektrische contacten</u>
<u>Constantaan</u>	<u>Cu(54) Ni(45) Mn(1)</u>	<u>Elektrische weerstanden</u>

## Legeringen



### Samenstelling van een euro-munt

In de munten van 1 en 2 euro bevat het zilverkleurig gedeelte 75% koper en 25% nikkel, het goudkleurig gedeelte 75% koper, 20% zink en 5% nikkel.

De stukjes van 10,20 en 50 cent zijn “nordic” goud. Dat namaakgoud krijgt men via 89% koper, 5% aluminium, 5% zink en 1% tin.

De koperen stukjes van 1,2 en 5 cent danken hun koperkleur aan een laagje zuiver koper, dat de binnenkant van staal bedekt.



Goud is het best bewerkbare en pletbare metaal. Het kan tot zeer dun bladgoud (0.0001 mm) geplet worden. Zuiver goud is te slap en te rekbaar om er bijvoorbeeld ringen van te maken. Om het goud harder en roder te maken wordt het gemengd met koper. De meeste gouden juwelen zijn van 18 karaatsgoud dit wil zeggen dat 18/24 van de massa uit goud bestaat en 6/24 van de massa uit koper.

Zuiver goud is 24 karaat: 24 delen op 24 bestaan uit goud. Goedkoper goud is 14 karaat. Dat is nog altijd voldoende geel om als goud uit te zien. Een modeverschijnsel is wit goud. Wit goud van 14 karaat is een legering van 14 massadelen goud, 1 deel zink en ongeveer gelijke hoeveelheden koper en nikkel. Een nadeel van nikkel is dat sommige mensen er allergisch voor zijn.



### VLOEISTOF-VAST, VLOEISTOF, GAS

Men spreekt van een oplossing in het geval van het mengsel gevormd door één of meer stoffen (vast, vloeistof, gas) op te lossen in een vloeistof.

vast+vloeistof:

inkt  
koffie  
suikerwater    oplossing



vloeistof+vloeistof:

huishoudazijn  
benzine  
jenever



gas+vloeistof:

spruitwater  
champagne



vast+gas:    puimsteen



gas+gas:    lucht  
aardgas

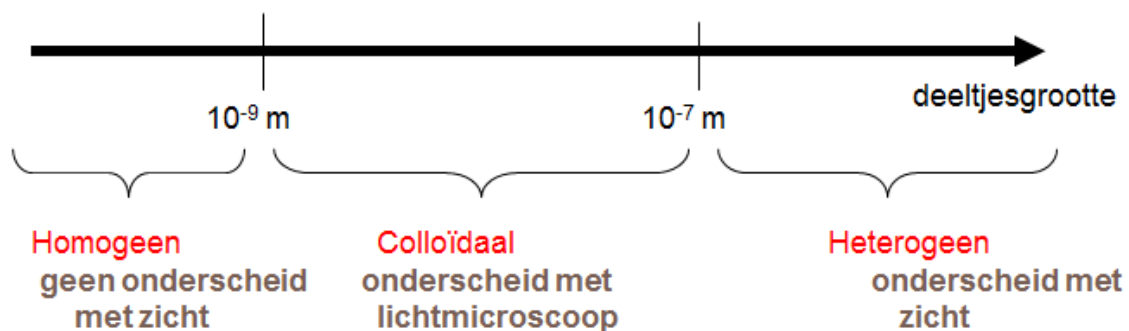


### 3.2.2.2. Indeling op basis van verdeelingsgraad

Hoe groter de verdelingsgraad des te homogener het systeem er "uitziet". Om problemen bij het onderscheiden van homogene en heterogene mengsels te vermijden heeft men internationaal afgesproken de deeltjesgrootte (gemiddelde diameter van de deeltjes) als criterium te nemen.

Is de gemiddelde deeltjesgrootte hoger dan  $10^{-7}$  m spreekt men van een heterogeen mengsel. Is de gemiddelde deeltjesgrootte kleiner dan  $10^{-9}$  m dan spreekt men van een homogeen mengsel.

Voor sommige doeleinden maakt men nog een verdere splitsing in de soorten mengsels. Men spreekt van een colloïdaal mengsel als de diameter van de deeltjes varieert van  $10^{-7}$  m tot  $10^{-9}$  m. Dergelijke deeltjes zijn met een gewone lichtmicroscop te onderscheiden. Alleen bij een sterkere vergroting (bv. met een elektronenmicroscop) kan men deze deeltjes zichtbaar maken. Voorbeelden: verf, lijm, harsen, eiwit, stijfsel



Opmerking:

-een gel is een colloïdaal mengsel van vloeibare en vaste stoffen, zoals confituur en cosmetische artikelen.

Tot de gelvormers (gelare = bevroren, stollen) behoren een reeks verbindingen met een grote molecuulmassa. Ze verbeteren de stabiliteit van emulsies, suspensies en, schuimen. De gel bestaat uit een netwerk van lange ketens waarin de vloeistof wordt vastgehouden.

Het eiwit gelatine is de belangrijkste gelvormer van dierlijke oorsprong. Het wordt uit beenderen gewonnen.

Plant aardige gelvormers zijn complexe polysachariden. Enkele voorbeelden: agaragar en carrageen (uit roodwieren), Arabische gom (uit Acaciabomen) en pectine (vb uit appels).


-een sol is een colloïdaal mengsel van vaste stoffen in een overmaat vloeistof. Een voorbeeld hiervan is zwavel verdeeld in water.





Indeling van de mengsels volgens de aggregatietoestand en verdelingsgraad

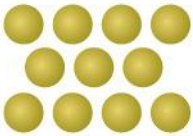

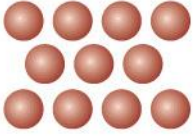
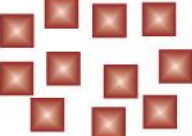
	Heterogene mengsels	Colloïdale mengsels	Homogene mengsels
Vast + vast	Grof mengsel		Legering
Vast + vloeistof	Meerfase systeem of suspensie		Oplossing
Vloeistof + vloeistof	Meer-fase systeem of emulsie		Oplossing
Ga+ vloeistof	Meerfase systeem of nevel		Oplossing
Vast + gas	Meer-fase systeem of rook		
Gas+gas	Meer-fase systeem		Gasmengsel

	Heterogene mengsels	Homogene mengsels
Vast + vast		
Vast + vloeistof		
Vloeistof + vloeistof		
Gas+ vloeistof		
Vast + gas		
Gas+gas	?	

### 3.3. Scheiden van mengsels

B6	Voor een eenvoudig en herkenbaar mengsel een geschikte <b>scheidingstechniek voorstellen en verklaren op welke eigenschap die scheiding is gebaseerd.</b>	C3
B7	<b>Op basis van gegevens een mogelijk scheidingsschema voorstellen voor een eenvoudig en herkenbaar mengsel.</b>	SET5p

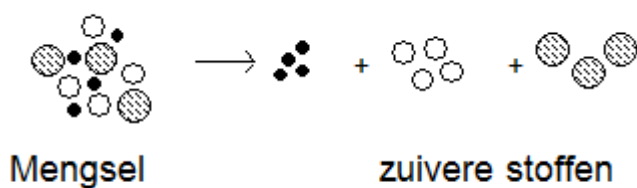
De meeste stoffen waarmee men in aanraking komt, zijn mengsels. Zowel in het dagelijkse leven, in de laboratoria, als in de industrie zijn talrijke processen te herleiden tot een scheiding van mengsels in hun bestanddelen.

	voor	na
fysisch proces		
chemisch proces		

Voorbeelden:

- Het zetten van koffie of thee, het wassen, het ontvleken, het reinigen van een verfborstel, het uitpakken van goederen, het dorsen van graan, het scheiden van kaf en koren, het afromen van melk.
- Het gebruik van muggengaas, melkzeef, de olie- en sigarettenfilter, afzuigkap
- De bereiding van vleesextract, cafeïnevrije koffie, gedestilleerd water
- Het goudwassen
- De winning van zout uit zeewater, van olie uit zaden, van suiker uit suikerbieten, van parfum uit bloemen
- Het raffineren van aardolie, de werking van een zuiveringsinstallatie van afvalwater
- Het met de hand of pincet scheiden van parels of diamanten
- Het persen van druiven bij de wijnbereiding

Als men dieper ingaat op het scheiden van dergelijke mengsels, blijkt dat hierbij verschillende technieken gebruik worden. De gekozen procedure hangt af van het soort mengsel en wordt hoofdzakelijk bepaald door de verschillen in fysische eigenschappen van de bestanddelen.

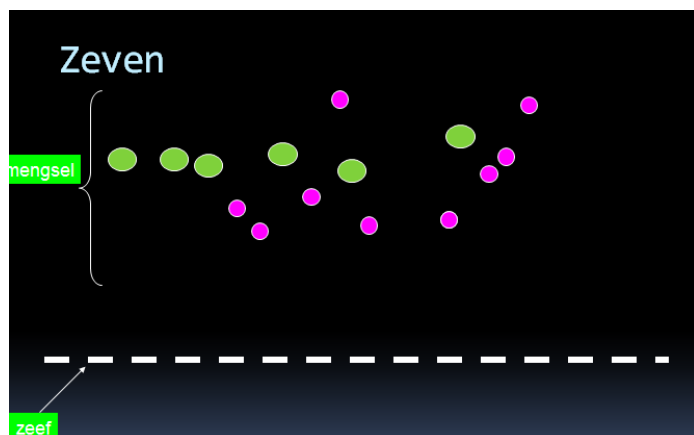


### 3.3.1. Soorten scheidingstechnieken

Heterogene mengsels

#### ***Zeven-ziften***

Deze methode kan men toepassen bij grove heterogene mengsels voor de afscheiding van vaste stoffen. De methode steunt op een verschil in korrelgrootte. De grootste vaste bestanddelen blijven op de zeef achter.  
Vb: zandzeef, schuimspaander, vergiet



De goudzoeker schept slib en steengruis uit de ondiepe rivierbedding op een filterplaat en zeeft de modderige suspensie. Nadat modder en water door de filterplaat zijn gelopen,

#### 1 Zeven of ziften

##### Toepassingen uit het dagelijks leven



- zand en graan scheiden
- zand en schelpen scheiden
- zand en brokken van stenen scheiden
- grootte steentjes scheiden in kiezelgroeve

hoopt de goudzoeker het eventueel aanwezige, blinkende, gele goudgruis uit het steengruis te rapen. Rechts op deze illustratie wordt de sorteertechniek geïllustreerd aan de hand van

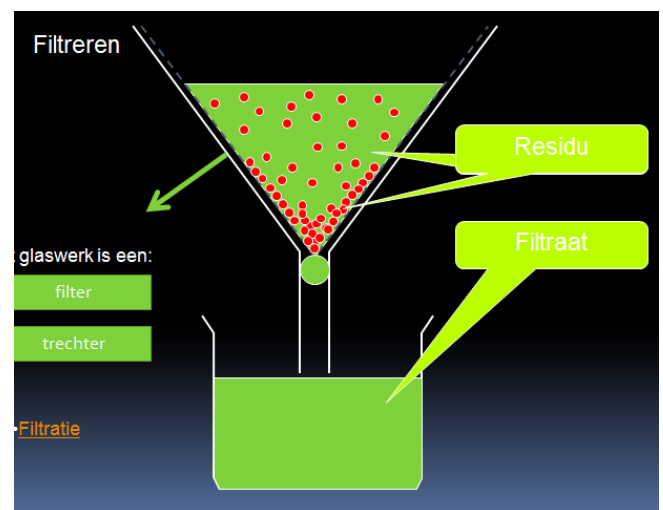
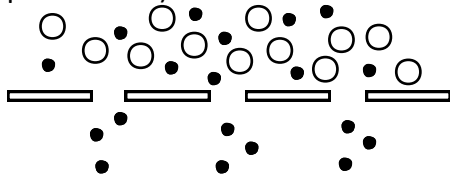
het sorteren van plasticflessen volgens de aard van de gebruikte grondstof. Hier wordt het manueel scheiden van PET- en PVC-flessen getoond, waardoor herwinning van deze grondstoffen mogelijk wordt. Het bodempatroon, zoals op de illustratie wordt weergegeven, laat herkenning toe van de grondstoffen waaruit de verschillende flessen gemaakt werden.

Tegenwoordig wordt sorteren uit ecologische overwegingen frequent toegepast bij het manueel scheiden van huishoudelijk afval.

Midden op de illustratie wordt een scheiding van een vast-vast mengsel op basis van magnetische eigenschappen getoond. Een van de componenten van het mengsel vertoont magnetische eigenschappen en wordt van de rest van het mengsel gescheiden door middel van een krachtige elektromagneet. Zo kunnen ijzeren voorwerpen uit huisvuil verwijderd worden. Zo kan eveneens magnetiet, een ijzererts, gescheiden worden van het begeleidende gesteente (ganggesteente).

## **Filtreren**

Deze methode kan men toepassen bij heterogene mengsels van een vaste stof met een vloeistof. Dit relatief trage proces kan eventueel versneld worden door drukverandering (zuig- en persfiltratie).



Vergelijk dit eens met:

- het uitpersen van bessen door een doek
- de werking van een rook-, olie- of sigarettenfilter, van een afzuigkap in de keuken
- een zandfilter (zand, kiezel, stenen) kan afvalwater zuiveren van gesuspendeerde deeltjes



### 3 Filtreren

#### Toepassingen



Zetten van koffie



vacuumfilteren

Dieptefiltratie rivierwater

Grote hoeveelheden filtreren

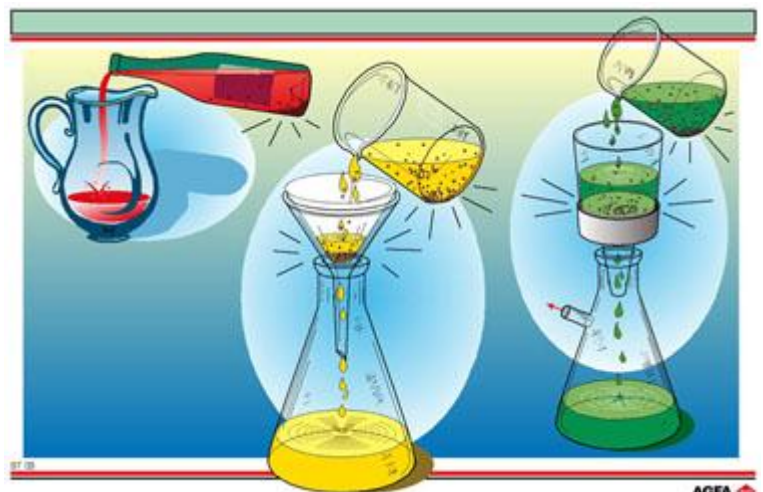


Zuiveren water met zandfilters

Uitpersen van bessen  
Sigarettenfilter, afzuigkap  
Zandfilter

Op de illustratie onder wordt filtratie als de meest kwantitatieve manier om een heterogeen vast-vloeibaar mengsel te scheiden, geïllustreerd. Bij deze techniek dient de poriëngrootte van de filter of de filterplaat aangepast te worden aan de grootte van de te filtreren vaste deeltjes. Het mengsel wordt gescheiden in een filtraat dat door de filter loopt (de vloeibare fase) en een residu dat op de filter achterblijft (de vaste fase).

Opdat de filtratietechniek toegepast zou kunnen worden, moeten de deeltjes van de neerslag natuurlijk groter zijn dan de poriën van het filtreerpapiertje. Ook mag de neerslag niet te plakkerig zijn, want anders gaan de poriën vlug verstoppfen.



Het filtratieproces kan versneld worden door lucht onder de filter weg te zuigen. Hierdoor wordt onder de filter een vacuüm gevormd waardoor een drukverschil opgebouwd wordt, zodat de vloeibare fase ten gevolge van de atmosferische overdruk sneller door de filter stroomt (figuur rechts op de illustratie). Een goed voorbeeld van de hierboven beschreven technieken wordt gevonden bij de filtratie van zeewater voor het afscheiden van zand en slib, toegepast vóór het ontzoutingsproces.



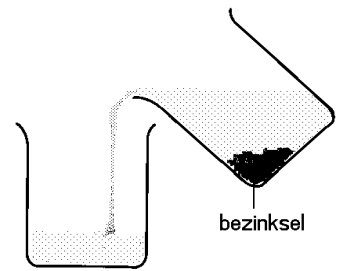
## Decanteren

Decanteren is gewoon afgieten.

Deze methode kan men toepassen bij heterogene mengsels van een vaste stof en een vloeistof of bij niet mengbare vloeistoffen.

De bestanddelen worden vanwege hun verschil in dichtheid ofwel:

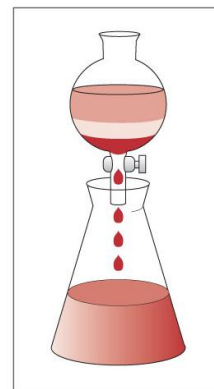
- afgegoten (manuele scheiding)
- met een scheitrechter gescheiden



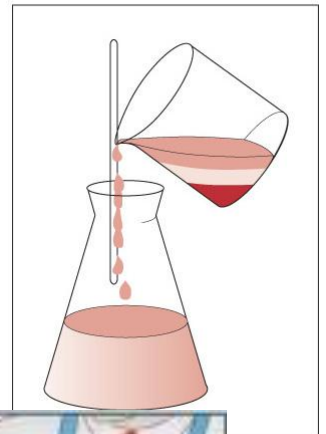
Links op de vorige illustratie wordt een vaak toegepaste, doch minder kwantitatieve scheidingstechniek vast-vloeibaar geïllustreerd, namelijk het decanteren. Toegepast op wijn, wordt het bezinksel van de wijn gescheiden door voorzichtig overgieten van de flesinhoud in een karaf

Voorbeelden:

- afgieten van aardappelen
- het goudwassen
- het scheiden van water en olie



© Wolter



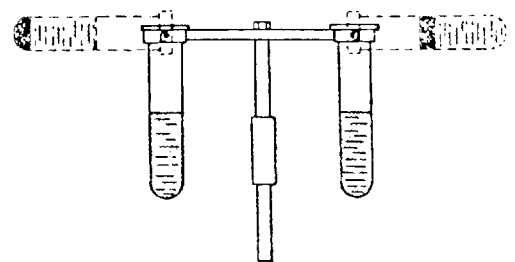
s Plantyn



## Centrifugeren

Het ontmengen van heterogene mengsels van vloeistoffen (emulsie) of van een vaste stof en een vloeistof (suspensie) kan versneld worden door centrifugeren. Deze methode steunt eveneens op het verschil in dichtheid van de bestanddelen.

Een centrifuge is een toestel waarin twee of meer buisjes op een speciale manier worden opgehangen om een as die kan ronddraaien. Onoplosbare maar fijn verspreide deeltjes, bijvoorbeeld van een colloïde bezinken dan sneller. Als de vaste stof zich afgescheiden heeft op de bodem, kan de bovenstaande vloeistof afgegoten worden.



Centrifugatie is een scheidingstechniek die heel veel gebruikt wordt in het dagelijkse leven. Om honing te zuiveren van vaste deeltjes maakt men gebruik van een centrifugatie. Het afromen van melk gebeurt ook met deze techniek. Melk is een emulsie van vetdruppeltjes in water. In een sneldraaiende, grote trommel zullen de



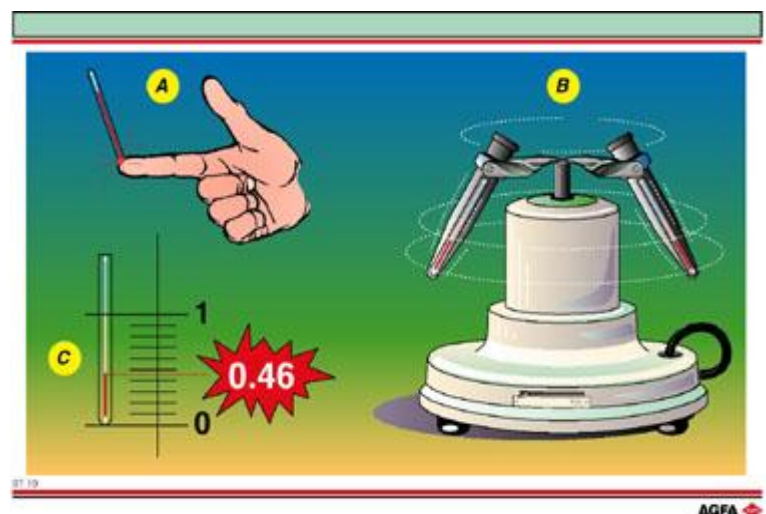
lichtere vetdeeltjes (room), zich ophopen rond de centrale as, waar ze afgevoerd kunnen worden.

In een klinisch labo wordt centrifugatie o.a. gebruikt om de vaste bloeddeeltjes te scheiden van het bloedplasma.

Bij centrifugeren wordt door een snelle cirkelvormige beweging om een vaste as op de te scheiden deeltjes een uitdrijvende kracht uitgeoefend die functie is van de draaisnelheid, de afstand tot de as en de massa van de deeltjes.

Hierdoor worden de zwaardere deeltjes van de lichtere gescheiden. Tijdens het centrifugeren bewegen de zwaardere deeltjes zich het verst van de centrifuge-as. Na het centrifugeren bevinden de zwaardere deeltjes zich bijgevolg onderaan in de recipiënt. Dit proces wordt toegepast indien bezinking van de deeltjes door de ontoereikende zwaartekracht onmogelijk is of te veel tijd vergt. Vermits de door centrifuge opgewekte krachten vele malen de zwaartekracht overtreffen, wordt het scheidingsproces mogelijk gemaakt en versneld.

Een thans in de belangstelling staande toepassing van dergelijke centrifugetechniek vinden wij bij het onderzoek naar bloeddoping bij topsporters. Onder bloeddoping wordt verstaan het kunstmatig opdrijven, via ongeoorloofde middelen, van het aantal rode bloedcellen ter verhoging van het zuurstoftransport dat leidt tot een groter prestatievermogen. Een maat voor de hoeveelheid rode bloedcellen wordt verkregen via de bepaling van het hematocriet. Het hematocriet is de volumefractie van de rode bloedcellen (erythrocyten) tegenover het totale bloedvolume. De bloedmonstername gebeurt door het prikken in een vinger waarna het bloed door capillariteit wordt opgezogen in een dun capillair glazen buisje (A). Dit buisje wordt vervolgens met twee propjes was onder- en bovenaan afgesloten en in een centrifuge geplaatst (B). Er wordt gedurende enkele minuten gecentrifugeerd. De zwaardere rode bloedcellen verzamelen zich onderaan het capillair. Na centrifugeren wordt de hoogte van de kolom rode bloedcellen bepaald tegenover het totale vloeistofniveau (som van de hoogte van rode bloedcellen en van bovenliggend serum) in het capillair, door aflezing tegenover een geijkte schaal (C). Er wordt aangenomen dat bij een normale bloedspiegel het hematocriet maximaal 0.50 bedraagt. Bij waarden hoger dan 0.50 wordt bloeddoping verondersteld en kunnen sancties volgen voor de topsporter.



Door centrifugeren kan niet enkel het bezinken van vaste deeltjes worden versneld, maar is het eveneens mogelijk rechtstreeks vloeistof van vaste deeltjes af te scheiden. Hierbij wordt een poreuze of geperforeerde wand in de recipiënt aangebracht. Deze wand zorgt ervoor dat de zwaardere deeltjes worden tegengehouden en de vloeistof weggezwierd wordt. Men denkt hierbij bv. aan een slazwierder of aan een centrifuge voor wasgoed.

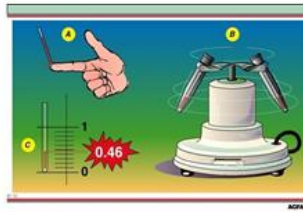
Ook het zuiveren van honing gebeurt door centrifugatie.

#### 4 Centrifugeren

##### Toepassingen uit het dagelijks leven



afromen melk



##### Droogzwieren wasgoed:

Homogene mengsels

### Kristalliseren en indampen

Deze methode kan toegepast worden bij het scheiden van homogene mengsels van een vaste stof met een vloeistof.

De vloeistof wordt verdampt.

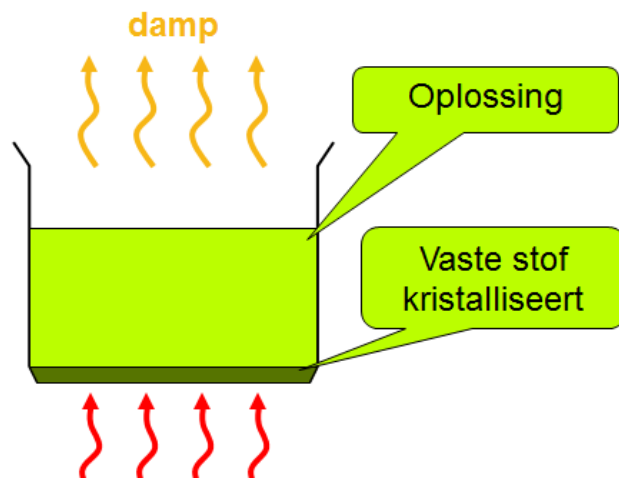
Indien dit langzaam gebeurt,

kunnen de deeltjes van de vaste

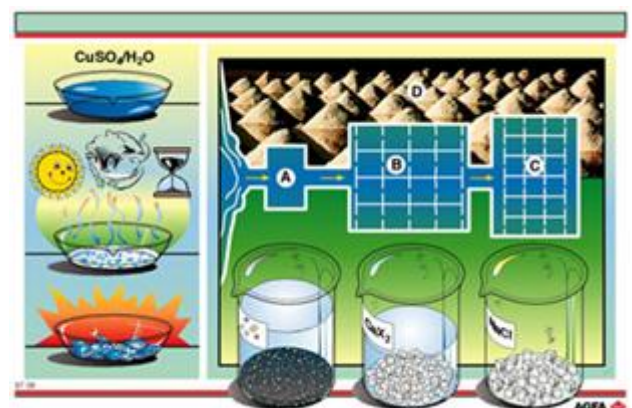
stof uitgroeien tot kristallen. Dit zijn structuren met een zeer regelmatige ruimtelijke vorm, begrensd door platte vlakken.

Voorbeelden:

- de industriële winning van opgeloste zouten door de verdamping van het water (vb keukenzout uit zeewater)
- het beslag (randje) in het kopje na verdamping van het restje koffie.



Links op de illustratie wordt het uitkristalliseren van een waterige kopersulfaatoplossing getoond. Bij het langzaam verdampen van het water worden mooie blauwe kopersulfaatkristallen gevormd. Hierdoor wordt uit de homogene oplossing kopersulfaat gescheiden van het oplosmiddel.



Rechts op de illustratie wordt de winning van zout uit zeewater getoond. Een proces dat o.a. in verschillende



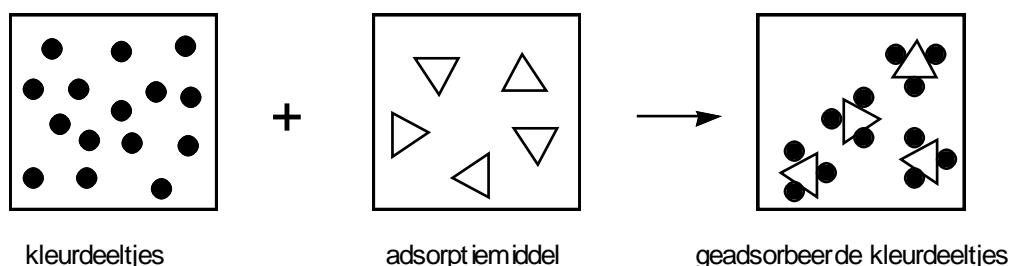
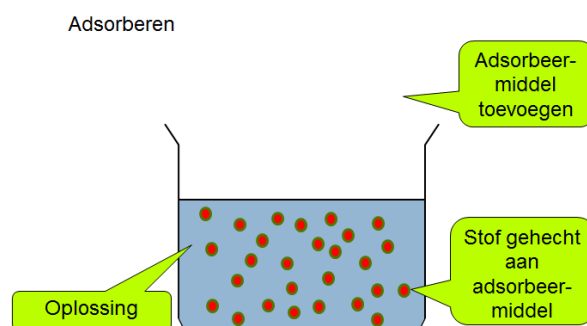


Zuid-Europese landen nog frequent wordt toegepast. Het zeewater wordt via een sluis in een eerste bezinkingsbekken (A) (zouttuinen of marais salants) gebracht. Hier bezinken zand en slib. Het geklaarde zeewater wordt via sluizen in een eerste kristalliseerpan (B) gebracht. Hier slaan de minder en weinig oplosbare calciumzouten neer (o.a. de calciumhalogeniden). Vermits hier reeds een gedeeltelijke verdamping van het water plaatsgrijpt, stijgt de concentratie van het natriumchloride.

Wanneer het oorspronkelijke volume tot ongeveer 1/10 is gedaald, wordt de bijna verzadigde zoutoplossing via sluizen overgebracht naar de ondiepe zouttafels (C). Hier kristalliseert keukenzout (NaCl) uit door het snel verdampen van het water. Het uitgekristalliseerde zout wordt vervolgens op hopen geschept (D).

### Adsorberen (adsorptie)

Deze methode kan men gebruiken bij vele mengsels. Vaste stoffen met heel fijne poriën hebben de eigenschap andere stoffen vast te houden aan hun oppervlak. Op deze wijze kunnen bepaalde bestanddelen van een mengsel geadsorbeerd worden door de korrels van het adsorptiemiddel. Een veel gebruikt adsorptiemiddel is actieve koolstof (norit). Dit wordt gebruikt in gasmaskers, in NBC-veiligheidskleding, in deksels van frituurpannen, in afzuigkappen in de keuken, maar ook in antgifttabletten, bij de raffinage van suiker...



Voorbeelden:

- het ontkleuren van rode wijn met actieve koolstof. Na filtratie is de wijn kleurloos.
- Op een vruchtbare bodem worden water en meststoffen geadsorbeerd op humusdeeltjes
- aquariumfilters
- actieve kool wordt in de geneeskunde gebruikt. Als er schadelijke stoffen in de maag terechtgekomen zijn, zuivert men de maag door kool toe te dienen.

Sommige frituurpannen hebben een deksel met een adsorptiemiddel, om de geur van de frieten in de keuken enigszins te beperken. De dampen die uit deze pan komen, passeren langs het adsorptiemiddel waar het grootste gedeelte van de stoffen die de geur verwekken, geadsorbeerd worden.

Geurvreters in het algemeen zijn adsorptiemiddelen.

## Toepassingen uit het dagelijks leven



gasmasker



actieve kool in geneeskunde



Frituurpan: deksel bevat adsorptiefilter

### Actieve kool:

Actieve kool wordt bekomen door pyrolyse van hout, zagenmeel en lignine. Hierdoor zijn de inwendige oppervlakken min of meer inactief door de aanwezigheid van teerachtige residu's. Activeren van de kool betekent het zuiveren van die inwendige oppervlakken, waardoor de structuur poreuzer wordt en het adsorberend vermogen sterk toeneemt.

### Activeringsprocessen:

-gasactiveringsproces: de koolstof wordt in de lucht verhit van 350° tot 500°C en vervolgens behandeld met oververhitte stoom van 800° tot 1000°C.

-Chemisch activeringsproces: de grondstof wordt geïmpregneerd met  $\text{ZnCl}_2$  of  $\text{H}_3\text{PO}_4$  vooraleer te verkolen. De verkoling van de grondstof met  $\text{ZnCl}_2$  gebeurt bij 400° tot 600°C. Het gevormde  $\text{ZnO}$  wordt d.m.v. een zuur verwijderd.

Bij de behandeling met  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , verkoolt men bij 1000°C. De teerproducten oxideren terwijl het fosforzuur gereduceerd wordt tot fosfor, die men afdestilleert.

### Toepassingen:

Adsorberen van gassen en dampen

-katalysator

-ontkleuren en zuiveren van vloeistoffen

-ontgeuren van wonden en zweren

### **Uitwijking: Plant doet aan chemische oorlogsvoering.**

Wanneer planten in een vreemd land terechtkomen, doen ze het daar niet enkel goed wegens het ontbreken van hun natuurlijke vijanden. Soms komt dat ook omdat ze trucjes kennen waar hun nieuwe buren geen antwoord op hebben, schrijven Amerikaanse biologen in Science. Ze plantten het Europese onkruid *Centaurea diffusa*, een nauwe verwant van de korenbloem, tussen drie Europese grassoorten en drie gelijkaardige Amerikaanse grassoorten. De Europese grassen hielden goed stand, maar de Amerikaanse slaagden er niet meer in hun eerlijk deel aan fosfor uit de grond te halen. Dat lukte wel toen de speurders

actieve kool door de bodem mengden. Actieve kool slorpt allerlei stoffen op, blijkbaar ook de schadelijke stoffen die het onkruid via zijn wortels uitscheidt. De Europese grassen hebben in een langdurige wapenwedloop een 'adaptieve co-evolutie' of weerstand opgebouwd tegen de wapens van het onkruid, maar de Amerikaanse hebben dat nooit moeten doen.

*Uit De Standaard*

Vijftig jaar geleden gebruikte men bij diarree *carbo officinalis* om de opgestapelde vuile stoffen weg te krijgen. Als een kind vroeger gif had gedronken werd meteen *carbo officinalis* gegeven om dat gauw weer weg te krijgen. Je kunt dat nog in de apotheek kopen, het kuist de darmen. Maar alle toxische stoffen die zeer snel in ons vetweefsel worden opgenomen, neem je op die manier niet weg. *Uit Knack, 15 mei 2002.*

## Extraheren (extractie)

Deze methode is toepasbaar bij de meeste mengsels. Men behandelt het mengsel met een extractiemiddel, een vloeistof die bepaalde bestanddelen van het mengsel oplost. Na decanteren en/of filtreren wordt het extractiemiddel eventueel verdampt.

Voorbeelden:

- verwijdering van cafeïne uit koffie, koffie en thee zetten
- bereiding van parfum uit plantenextracten, van suiker uit suikerbieten, van olie uit zaden
- het scheiden van een zand-zoutmengsel

Vlekken verwijderen uit kleding is ook een vorm van extraheren. Men moet dan wel op zoek gaan naar een geschikte extractievloeistof: alleen de vlek mag erin oplossen, de stof niet. Geschikte ontvlekkers zijn bijvoorbeeld alcohol, aceton of wasbenzine. In de droogkuis wordt het vet uit de kledingsstukken geëxtraheerd door het extractiemiddel perchloorethyleen.

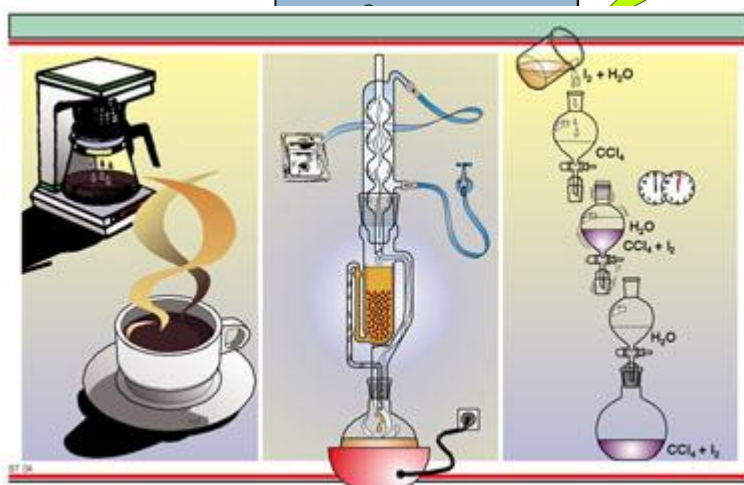
Op de kledingsstukken zijn volgende symbolen voorzien, namelijk een cirkel met de letter A (alle oplosmiddelen), F (fluorbevattende oplosmiddelen) of P (perchloorethyleen), al naargelang van het aangewezen oplosmiddel dat dient gebruikt te worden. Wanneer droogkuis verboden is, vertoont het symbool een kruis door de cirkel.

Op de illustratie wordt links het koffiezetten getoond. Dit is een vorm van extractie waarbij aan een mengsel van vaste stoffen (de gemalen koffiebonen) een geschikt oplosmiddel (de extractievloeistof) wordt toegevoegd om meerdere van de

Extraheren

Oplosmiddel trekt groene stof uit mengsel

Rode stof lost niet op



samenstellende componenten op te lossen.

Door gebruik te maken van heet water verhoogt de snelheid van het oplossen en neemt de oplosbaarheid van de extraheerbare componenten toe. Naast dit extractieproces vindt bij het klassieke koffiezetten ook een filtratiestap plaats. De drank koffie is bijgevolg een filtraat dat opnieuw kan gescheiden worden in zijn vloeibare en vaste componenten.

Bij verdamping van het water kristalliseren de geëxtraheerde ingrediënten uit, die de basis vormen voor oploskoffie.

Midden op de illustratie staat een Soxhlet-apparaat afgebeeld. Dergelijk apparaat wordt gebruikt om continu te extraheren. Hierbij wordt het te extraheren vast-vast of vast-vloeibaar mengsel in een extractiehuls gebracht. Vervolgens wordt het extractiesolvent opgewarmd en stijgt het via de rechterzijarm tot in de bolkoeler. Hier condenseert de extractievloeistof en druppelt in de extractiehuls. De te extraheren stoffen worden nu opgelost. Wanneer het extractiesolventniveau ter hoogte van de overloop gekomen is, loopt het solvent over via de hevel aan de linkerzijde en komt het in de kolf met de extractievloeistof terecht. Dit proces gaat continu door tot het verwarmen van de extractievloeistof in de kolf wordt gestopt. De geëxtraheerde stoffen bevinden zich in opgeloste toestand in de kolf. Dergelijke technieken worden veelvuldig toegepast. Op deze wijze kunnen nuttige stoffen uit plantaardig materiaal geëxtraheerd worden (bv. olie uit noten, parfums uit planten, enz.) en additieven uit kunststoffen verwijderd worden (bv. weekmakers).

Algemeen is bij extractieprocessen de keuze van het extractiesolvent en de extractietemperatuur zeer belangrijk.

Enerzijds dienen voor een kwantitatieve extractie de te extraheren stoffen goed oplosbaar te zijn in het extractiesolvent.

Anderzijds dient selectiviteit nagestreefd te worden teneinde ongewenste ingrediënten niet mee te extraheren.

Bij het decafeïneren van koffie bijvoorbeeld dient enkel de cafeïne en zo weinig mogelijk andere ingrediënten (zoals de smaak- en kleurstoffen) verwijderd te worden. Zoals hierboven gesteld is de temperatuur van het extractiemiddel heel belangrijk. De oplosbaarheid van vaste stoffen en vloeistoffen neemt meestal toe met stijgende temperatuur, waardoor het extractieproces sneller kan verlopen. Scheiden van heterogene vast-vast- en van homogene vast-vloeibaar mengsels (oplossingen).



## 2 Extraheren

### Toepassingen uit het dagelijks leven



parfum uit bloemen

Extractie uit sinaasappelschillen

olie uit noten

Extractie apennotootjes

## Destilleren

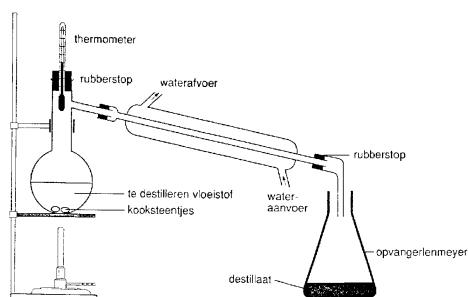
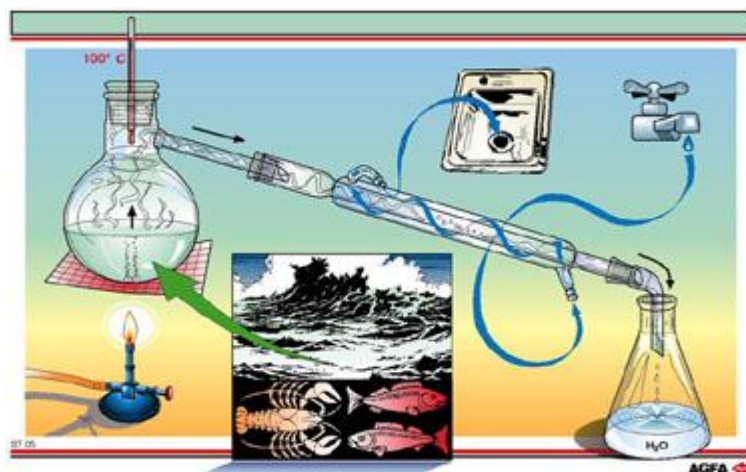
Deze methode kan men toepassen bij homogene mengsels van een vaste stof en een vloeistof of van meerdere vloeistoffen. In tegenstelling met indampen en kristalliseren wil men nu ook de vloeistof uit het mengsel recupereren.

De oplossing wordt verwarmd in een destilleertoestel; de damp wordt opgevangen en gecondenseerd in een Liebig-koeler.

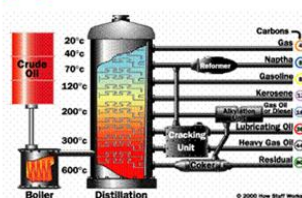
Uiteindelijk verkrijgt men een zuivere vloeistof (gecondenseerde damp) en blijft het niet verdampte gedeelte over in de destillatiekolf.

Deze methode steunt op een verschil in kookpunt tussen de componenten.

In een destillatie noemt men de over gedestilleerde vloeistof het destillaat, wat in de kolf achterblijft het residu.

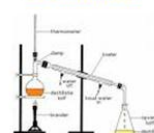


### Toepassingen uit het dagelijks leven

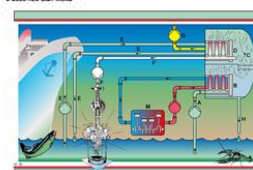


Destillatie ruwe aardolie

### Destillatie wijn



Destillatie jenever

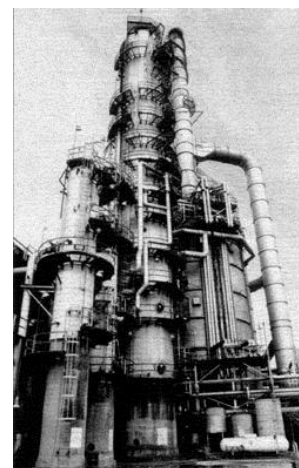
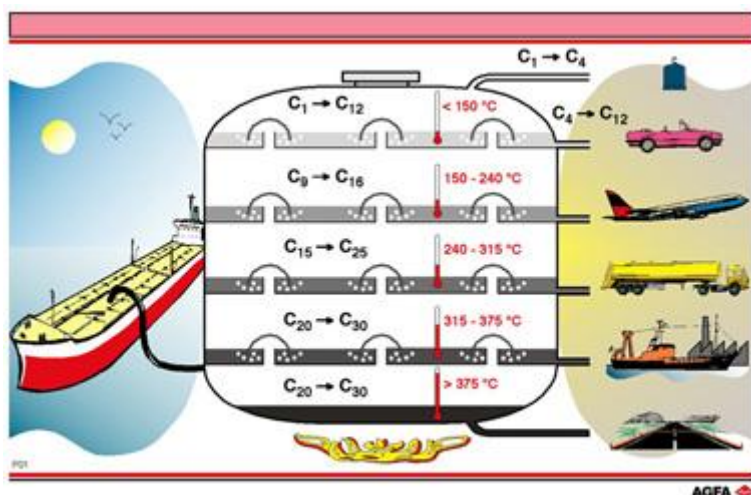


Sterke dranken zijn gedestilleerde dranken. Door destillatie van wijn kan het alcoholgehalte tot 80% stijgen. Na jarenlang rijpen van die sterke drank op eiken vaten en na verdunnen tot ongeveer 40% verkrijgt men zo cognac, whisky of een van de vele geestrijke dranken.

Ook kunnen mengsels van twee of meer vluchtige componenten door destillatie gescheiden worden.

Voorbeelden:

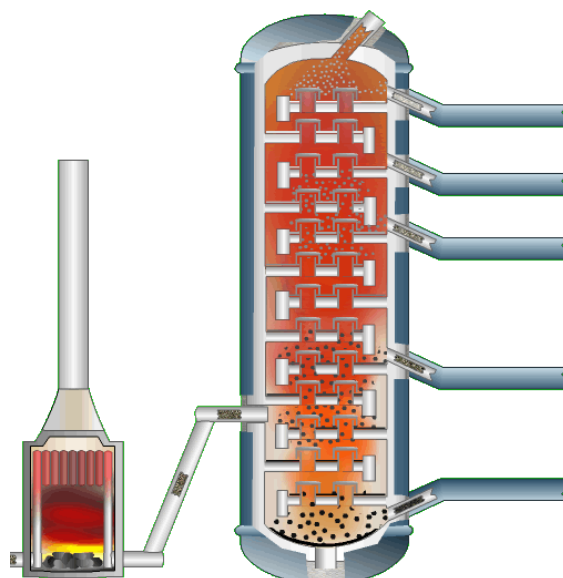
Een destillatietoren in de chemische industrie waarbij aardolie in verschillende bestanddelen (benzine, kerosine, stookolie, teer....) gescheiden wordt



Ruwe olie bestaat uit vijf verschillende scheidbare fracties. De scheiding start door de ruwe olie in een toren op ongeveer  $400^\circ\text{C}$  te brengen, waarna het mengsel gefractioneerd wordt. De lichte moleculen en die met weinig interactiecapaciteiten (van der Waals, Coulomb) komen het hoogst in de toren terecht.

Bij deze gefractioneerde distillatie wordt gebruik gemaakt van geperforeerde platen, waardoor het opstijgend gas voortdurend door de neerdalende vloeistof borrelt. Dit doorborrelingsproces verzekert een zeer goede scheiding. De verschillende fracties kunnen dan op een bepaalde hoogte afgetapt worden. Na de raffinage worden alle fracties ontzwaveld en eventueel verder behandeld in bijkomende raffinages, kraak- en reformeringsinstallaties.

**Fractie 1**, heeft een kooktraject dat lager is dan  $150^\circ\text{C}$ . Deze fractie is zeker niet zuiver. Ze bestaat nog eens uit een mengsel van verschillende verbindingen waarin men nog twee subfracties kan onderscheiden: een deel bestaande uit verbindingen die 1 tot 4 koolstofatomen bevatten (gebruikt voor LPG-gas (Liquified Petroleum, een mengsel van butaan en propaan)) en een tweede, bestaande uit verbindingen die 4 tot 12 koolstofatomen bevatten. Dit laatste



mengsel vormt de basis voor benzine en bevat ook de naftafractie. Deze nafta zal op zijn beurt gebruikt worden als grondstof voor het kraken en reformeren (zie verder).

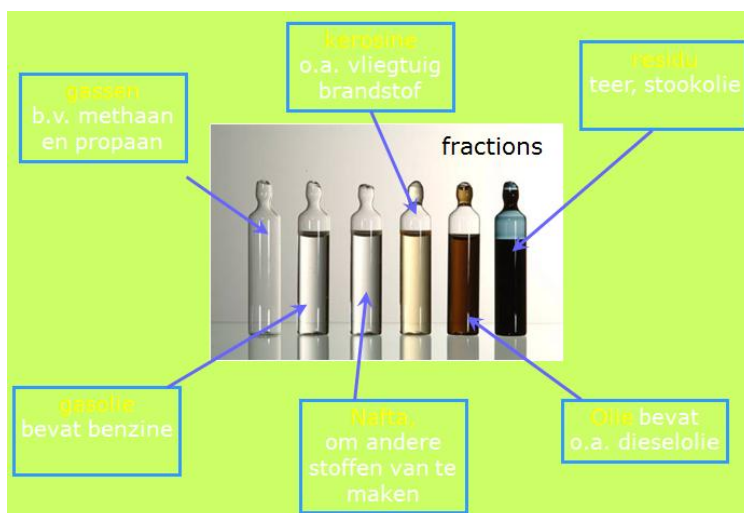
**Fractie 2**, kookt tussen 150 en 240 °C. Ze bestaat uit moleculen met 9 tot 16 koolstofatomen en wordt na verdere raffinage gebruikt als oplosmiddel en als brandstof voor straalvliegtuigen.

**Fractie 3**, met een kooktraject tussen 240 en 315 °C, bestaat uit moleculen met 15 tot 25 koolstofatomen. Daaruit worden verder dieselolie (diesel), lichte stookolie en smeeroliën bereid.

**Fractie 4**, heeft een kooktraject tussen 315 en 375 °C. De moleculen zijn hier al redelijk groot (20 tot meer dan 30 koolstofatomen). Deze fractie wordt gebruikt als zware stookolie (brandstof voor ketels in fabrieken en grote schepen).

**Fractie 5**, heeft een kookpunt dat hoger is dan 375 °C. Ook hier zijn de moleculen groot (tot meer dan 30 koolstofatomen). Deze vijfde fractie (ongeveer de helft van de ruwe olie !) wordt echter zo optimaal mogelijk benut.

Men probeert om zoveel mogelijk lichtere fracties te verkrijgen uit het distillaatresidu. Daarom wordt dit laatste na de eerste distillatie een tweede keer verwarmd en gedistilleerd. Dit distillaat wordt op zijn beurt katalytisch gekraakt (zie verder) en omgevormd tot benzine en dieselingrediënten. Het nieuw verkregen residu wordt dan nog eens gedistilleerd (maar nu onder verminderde druk) met vorming van zware stookolie als distillaat. Het eindresidu wordt aangewend voor dak- (roofing) en wegbedekking.



Nafta is dus een van de fracties die verkregen wordt bij de raffinage van aardolie. Een deel ervan wordt gebruikt voor de vorming van hoogkwalitatieve benzine; een ander deel is het basismengsel voor het kraken en reformeren.

De ontzwaveling gebeurt door de vorming van waterstofsulfide door omzetting van de zwavel-verbindingen met het tijdens het kraken gevormde waterstofgas.

Na de raffinage worden tal van producten aan de brandstoffen toegevoegd om die stabiel en beter vloeibaar te maken. Tevens verkrijgen ze hierdoor anticorrosie-eigenschappen en wordt de verbrandingskwaliteit opgedreven.

Bij LPG wordt ethaanthiol als waarschuwend geurmiddel toegevoegd.

In benzine worden de loodhoudende anti-klopverbindingen (zoals tetraethyllood) vervangen door mengsels van toluen, *tert*-butylmethylether en ethanol. Er moeten ook anti-neerslagverbindingen toegevoegd worden om de sensoren, kleppen, injectoren en

controlesystemen voor vervuiling te vrijwaren. Octadecylamine is zo'n verbinding. Tertiaire aminen met polyetheenoxideketens houden zowel diesel als benzine vloeibaar, ook bij zeer lage temperatuur. Deze laatste verbindingen maken tevens een snelle fasescheiding met water mogelijk. Om polymerisatie van een aantal brandstofverbindingen (die verstoppingen kunnen veroorzaken) tegen te gaan, worden er ook antioxidantia (b.v. 2,6-di-*tert*-butyl-*p*-cresol of BHT) bijgemengd.

Bij diesel en lichte stookolie spreekt men niet van het **octaangetal** ((octaan =  $C_8H_{18}$ ) maat voor de klopvastheid van benzine. De grootte van het getal komt overeen met het percentage isoöctaan in een kunstmatig brandstofmengsel van *n*-heptaan en isoöctaan, dat in de motor dezelfde anti-klopeigenschappen bezit als de onderzochte benzine.), maar van het **cetaangetal** ((octaan =  $C_{16}H_{34}$ ) getal dat uitdrukt dat een dieselbrandstof, wat betreft ontstekingskwaliteit, zich op dezelfde manier gedraagt als een kunstmatig brandstofmengsel van cetaan en methylnaftaleen).

Normale dieselbrandstof heeft een cetaangetal van ongeveer 40. Dit is equivalent aan een mengsel van 40% *n*-cetaan in methylnaftaleen. Om het cetaangetal te verhogen voegt men octylnitraat toe. In diesel worden ook biocides (quaternaire ammoniumverbindingen) en dezelfde antioxidantia en detergenten als in benzine bijgemengd.

Bariumcarboxylaten verminderen de rookproductie.

Om de wasstructuur (die bij lage temperatuur ontstaat) te breken, voegt men in de raffinaderij poly-2- penteen toe.

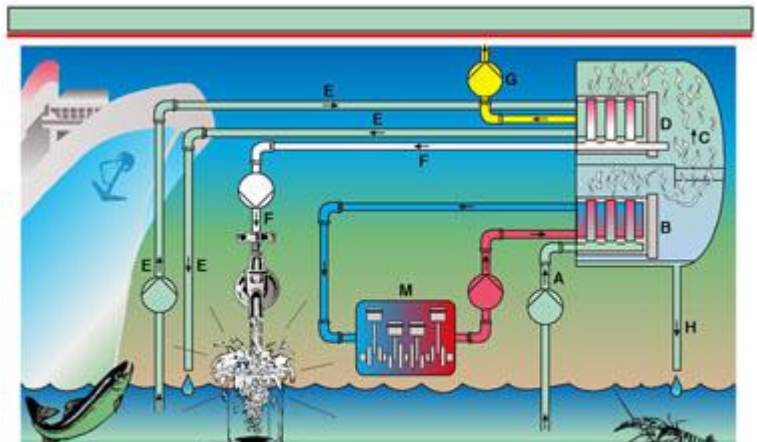
In het geval van kerosine moet men er enkel voor zorgen dat de brandstof zeer zuiver en perfect watervrij is. Vliegtuigen vliegen op grote hoogte bij temperaturen ver beneden het vriespunt; er mag dan ook niets in de brandstof aanwezig zijn dat de leidingen zou kunnen verstopen.

fractie	kookgebied	Aantal C-atomen	Toepassing
petroleumgas	-160 – 40°C	1-4	Butaan- en propaangas, LPG, plastic, chemicaliën
Benzine	40-140	5-10	Brandstof voor voertuigen, chemicaliën
Nafta	140-180	8-12	Chemicaliën, plastic
Kerosine	180-250	10-16	Chemicaliën, vliegtuigbrandstof, white spirit
Lichte stookolie	250-300	14-20	Diesel, chemicaliën
Zware stookolie	300-350	20-30	Brandstof voor schepen en fabrieken, vaseline, paraffine
Smeerolie, asfalt	Boven 350	Meer dan 25	Smeermiddelen, wegbedekking

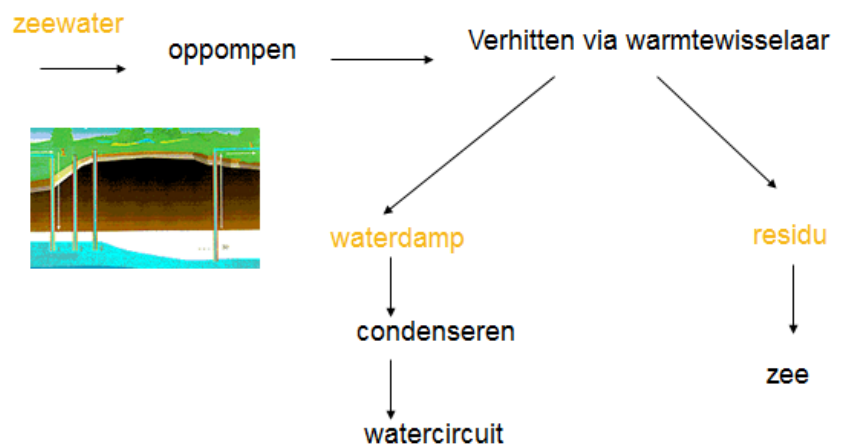


- de destillatietorens in brouwerijen ter bereiding van allerlei geestrijke dranken met een hoog alcoholgehalte
- ontzilting van zeewater

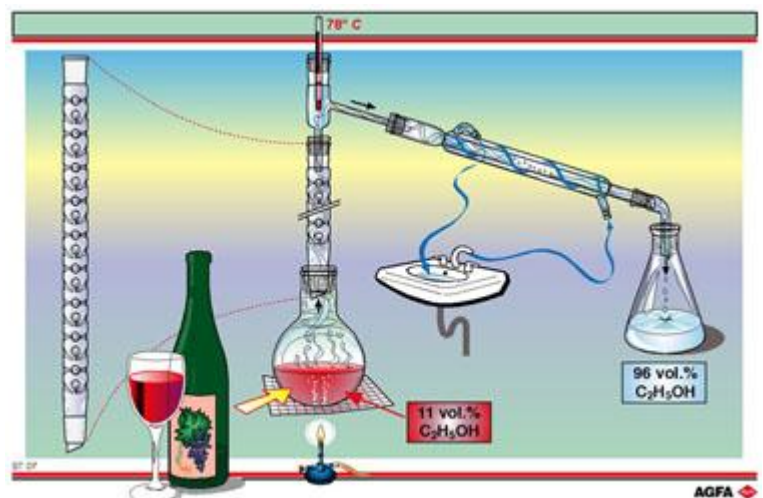
De illustratie toont een ontziltingsinstallatie van zeewater op een schip. Het zeewater wordt opgepompt (A) en wordt in een warmtewisselaar (B) in contact gebracht met verhit koelwater afkomstig van de scheepsmotor (M).



Hierdoor wordt waterdamp gevormd (C). In een hoger gelegen warmtewisselaar (D) die met koud zeewater gekoeld wordt (E), wordt de waterdamp gecondenseerd en in het drinkwatercircuit (F) gebracht. Het residu loopt terug naar zee via een aparte leiding (H). Het geheel is beveiligd met een overdrukventiel (G).



Om een volledige scheiding door destillatie te verkrijgen, mag de damp die eerst condenseert alleen deeltjes (moleculen) bevatten van de component met het laagste kookpunt (de meest vluchtige component van het mengsel). Dit kan alleen zeer dicht benaderd worden wanneer de kookpunten van de te scheiden componenten voldoende ver uit elkaar liggen. Als vuistregel kan gesteld worden dat bij een gewone destillatie dit kookpuntsverschil minimaal 25 °C moet bedragen. Zelfs in deze gevallen bevat het destillaat ook deeltjes (moleculen) van de minder vluchtige componenten van het mengsel en is de scheiding nooit volledig.

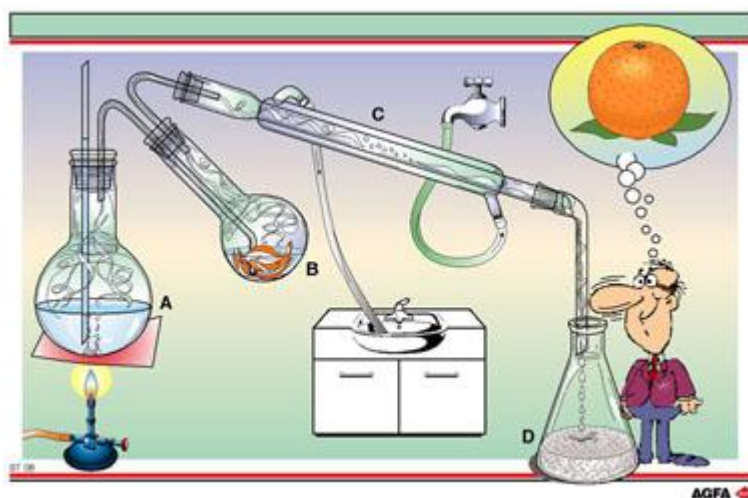


In de praktijk wordt gebruikgemaakt van gefractioneerde destillatie, een techniek met een hoger scheidend vermogen.

Hiermee is het mogelijk om scheidingen te verkrijgen van vloeistofmengsels waarbij het verschil in kookpunt van de samenstellende componenten merkkelijk kleiner is dan 25 °C. Een perfecte scheiding van het mengsel is ook met deze techniek niet mogelijk.

Deze efficiëntere scheiding wordt verkregen door tussen de destilleerkolf en de koeler (Liebig-koeler) een fractioneerkolom, de zogenaamde Vigreux-kolom, te plaatsen. Dergelijke kolom is een buis gevuld met glazen bolletjes of staafjes of is een buis waarvan de wanden voorzien zijn van vele instulpingen (zie illustratie). De opstijgende damp wordt bij deze techniek bijgevolg verplicht door deze kolom te gaan. Door de lagere temperatuur hoger in de fractioneerkolom condenseert het dampmengsel. De opstijgende damp moet, om de condensator te bereiken, door neerdruppelend condensaat gaan. Door innig contact van de deeltjes (moleculen) van de opstijgende damp met neervallend condensaat, kunnen enkel de deeltjes (moleculen) van de stof met het laagste kookpunt hogerop komen.

Bijgevolg, hoe hoger in de kolom, des te rijker de damp aan deeltjes (moleculen) van de meest vluchtige component is.



De illustratie geeft de opstelling van een stoomdestillatie waarbij terpenen (smaak-, kleur- en reukstoffen) uit sinaasappelschillen worden gedestilleerd. Hierbij wordt in de eerste kolf (A) stoom opgewekt die geleid wordt in een tweede kolf (B). Deze kolf bevat de sinaasappelschillen ondergedompeld in water. De waterdamp extraheert uit deze schillen de terpenen die samen met de waterdamp condenseren in de koeler (C) en opgevangen worden (D).

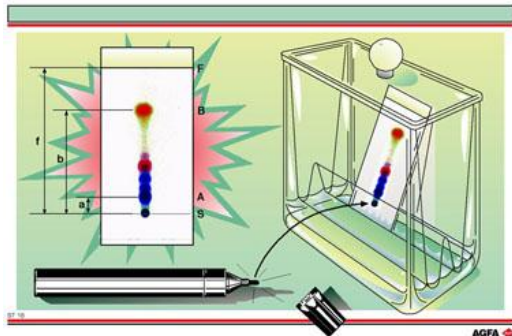
Principieel is deze techniek geschikt voor het scheiden van niet-mengbare vloeistoffen. In een dergelijk mengsel gedraagt iedere component zich onafhankelijk van de andere. Een dergelijk mengsel heeft een totale dampspanning die de som is van de individuele dampspanningen van de zuivere componenten. Daar de totale dampspanning hoger ligt dan die van de afzonderlijke componenten, kookt het mengsel bij een lagere temperatuur dan de afzonderlijke componenten.

Een vloeistof die kookt bij een hoge temperatuur kan gezuiverd worden bij een lagere temperatuur door destillatie met een niet-mengbaar solvent, dat liefst een relatief hoge dampspanning vertoont. Wordt water gebruikt, dan spreekt men van een stoomdestillatie. Deze techniek vindt vooral zijn toepassing in het zuiveren van vloeistoffen die ontbinden bij hoge kooktemperaturen.

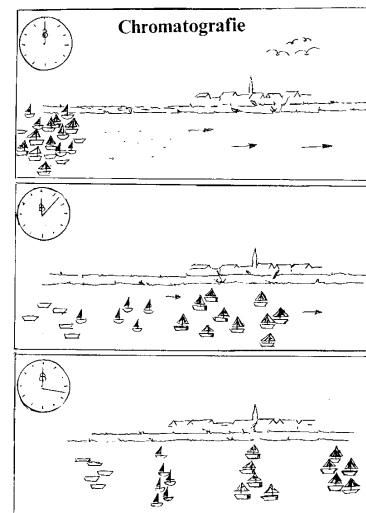
Algemene opmerking : in al deze destillatieprocessen dient het koelwater onderaan de koeler binnen te komen en bovenaan de koeler te verlaten. Dit geeft een optimaal koelende werking

## Chromatografie

Chromatografie kan gebruikt worden voor het scheiden van meerdere soorten mengsels.

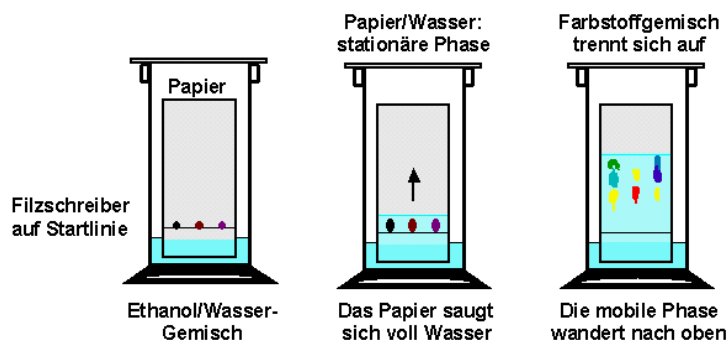


Illustratie toont een van de eenvoudigste vormen van chromatografie, namelijk dunnelaagchromatografie. Onder chromatografie wordt het scheiden verstaan van een homogeen vast-vloeistofmengsel op basis van verschillen in evenwichtsverdeling tussen twee fasen voor de verschillende opgeloste stoffen in het mengsel.

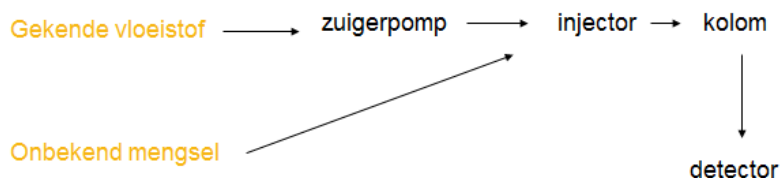


Bij chromatografie wordt een onderscheid gemaakt tussen een stationaire fase (de vaste fase) en een bewegende fase (de mobiele fase of het eluens). Elke component van het mengsel ondergaat een evenwichtsverdeling tussen deze twee fasen. Een component die zich voornamelijk in de mobiele fase bevindt, zal sneller bewegen dan een component die een grotere affiniteit voor de stationaire fase vertoont en dus trager beweegt. Aldus ontstaat er een verschil in loopsnelheden tussen de verschillende componenten en kunnen deze gescheiden worden.

Een dunnelaagscheiding begint met het via een capillair aanbrengen van een kleine hoeveelheid te analyseren mengsel op de dunnelaagplaat. Een dergelijke plaat bestaat uit een drager van bv. glas of aluminium, waarop een dunne laag van enkele tienden van een millimeter is gehecht. Deze laag vormt de stationaire fase en wordt gevormd door al of niet gemodificeerde silicagel ( $=\text{SiO}_2$ ), alumina ( $=\text{Al}_2\text{O}_3$ ) of cellulose. Na verdampen van het oplosmiddel vormt zich de monsterspot. Vervolgens wordt de dunnelaagplaat in een ontwikkeltank gebracht.

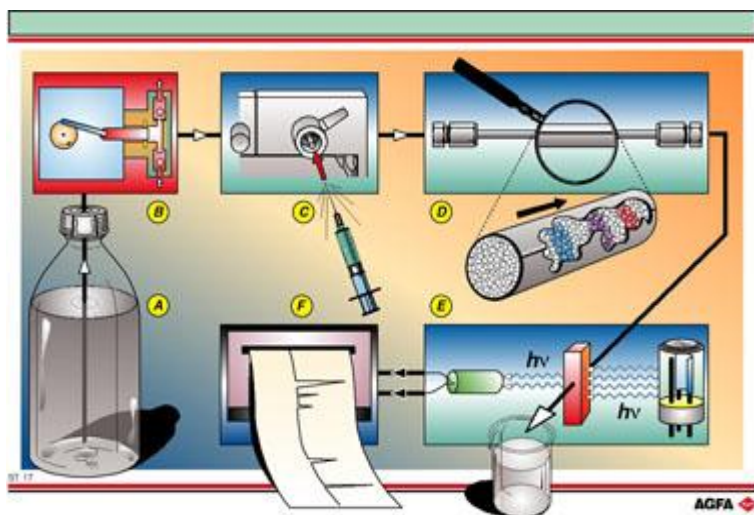


In deze tank bevindt zich een dun laagje eluens van enkele millimeters hoog, zodanig dat de monsterspot



- Scheiding via verschil in affiniteit tussen kolomvulling en eluens  
→ retentietijd

zich boven het vloeistofniveau bevindt. Dit eluens (de mobiele fase) stijgt op ten gevolge van de capillaire werking van de stationaire fase en sleurt de verschillende componenten met zich mee. Dit capillair effect wordt echter tegengewerkt door de zwaartekracht. Als gevolg daarvan neemt de stijgsnelheid van de mobiele fase snel af met toenemende stijghoogte en wordt uiteindelijk nul.



Op de illustratie wordt een vloeistofchromatograaf vereenvoudigd weergegeven. Een zuivere vloeistof of een vloeistofmengsel (A) met bekende samenstelling wordt via een zuigerpomp (B) en een injector (C) door een kolom gepompt (D) om ten slotte via een detector (E) in een recuperatievat opgevangen te worden

Het te scheiden mengsel wordt als een oplossing met een injectiespuit (volume : 1 - 100  $\mu$ l) via de injector (C) in de eluensstroom gebracht. Het eluens voert het mengsel mee tot aan de kolomingang. Hier begint het scheidingsproces. Hierbij worden de deeltjes van de verschillende componenten op basis van hun verschil in affiniteit tussen de kolomvulling en het eluens gescheiden. Het scheidingsproces is bijgevolg analoog aan dat beschreven bij dunnelaagchromatografie.

De deeltjes die de geringste affiniteit vertonen voor het kolommateriaal verlaten de kolom het eerst. Dit wordt geassocieerd met het begrip retentietijd. Die welke de kolom het eerst verlaten, hebben de kortste retentietijd. Die met de grootste affiniteit voor de kolomvulling verlaten de kolom het laatst of elueren met de langste retentietijd. De kolom verlatende of eluerende componenten worden als pieken geregistreerd via een detector die verbonden is met een recorder (F) of een PC. Het meest voorkomende detectortype bij vloeistofchromatografie is gebaseerd op de absorptie van straling door de componenten. De hoeveelheid geabsorbeerde straling is evenredig met de hoeveelheid aanwezige component. Als basismateriaal voor de kolomvulling worden poreuze bolvormige al of niet chemisch gemodificeerde silicageldeeltjes ( $\text{SiO}_2$ ) gebruikt. Deze bolletjes hebben een diameter variërend tussen 3 en 10  $\mu\text{m}$ . De kolomdiameter varieert van 2.1 tot 4.6 mm en de kolomlengte varieert tussen 10 en 30 cm voor standaardkolommen. Als eluentia worden mengsels van organische oplosmiddelen of mengsels van water met in water oplosbare organische oplosmiddelen gebruikt. In het laatste geval worden vaak nog (an)organische zouten aan het eluens toegevoegd



Illustratie toont de schematische opbouw van een gaschromatograaf.

In de gaschromatografie vindt de scheiding plaats in een kolom. De mobiele fase is een heet gas dat met constante snelheid door de kolom wordt gevoerd. De temperatuur van de kolom wordt zodanig ingesteld dat alle componenten van het monster hierbij een redelijke dampspanning bezitten. In de praktijk betekent dit dat de kolomtemperatuur ingesteld wordt op ca. 50 °C onder het kookpunt van de te scheiden componenten.

De stationaire fase is of een vaste stof of een vloeistof. Er wordt gesproken van respectievelijk gas-vast- of gas-vloeistofchromatografie. Vrijwel altijd wordt gas-vloeistofchromatografie gebruikt; alleen voor de scheiding van inerte gassen niet. De scheiding berust hier op een verschil in oplosbaarheid van de te scheiden stoffen in de stationaire vloeistoffase. De ene stof lost gemakkelijker op in de vloeistof dan de andere. De meest oplosbare stof zal het langst in de vloeistof blijven en komt het laatst uit de kolom. De minst oplosbare stof komt het eerst uit de kolom

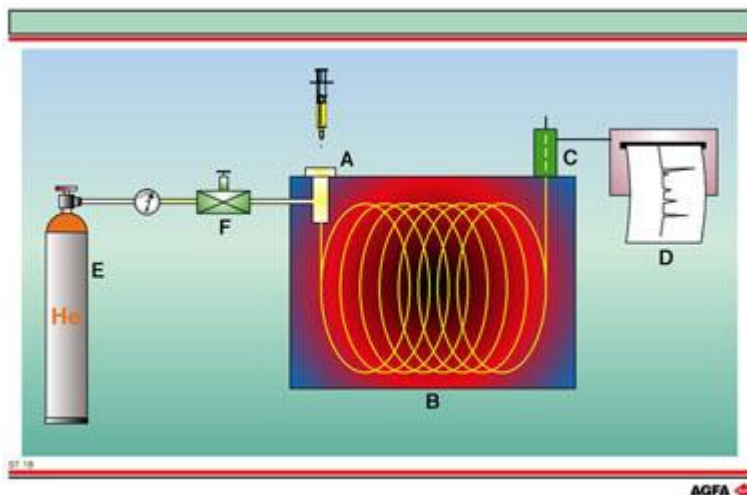
De techniek is bruikbaar voor stoffen die bij de ingestelde kolomtemperatuur vluchtig zijn zonder echter te ontbinden. Uiteraard mag bij deze temperatuur de stationaire vloeistoffase niet verdampen of thermisch ontbinden.

De maximumtemperatuur waarop de kolommen ingesteld worden, ligt rond de 350 °C. De stationaire fasen die bij deze temperatuur gebruikt worden, zijn meestal polymere materialen, voornamelijk polysiloxanen. Bij capillaire kolommen is de stationaire fase als een film op de binnenwand van het capillair aangebracht. De lengte varieert van tien meter tot meerdere tientallen meter en de diameter varieert tussen 0.5 en 0.1 mm.

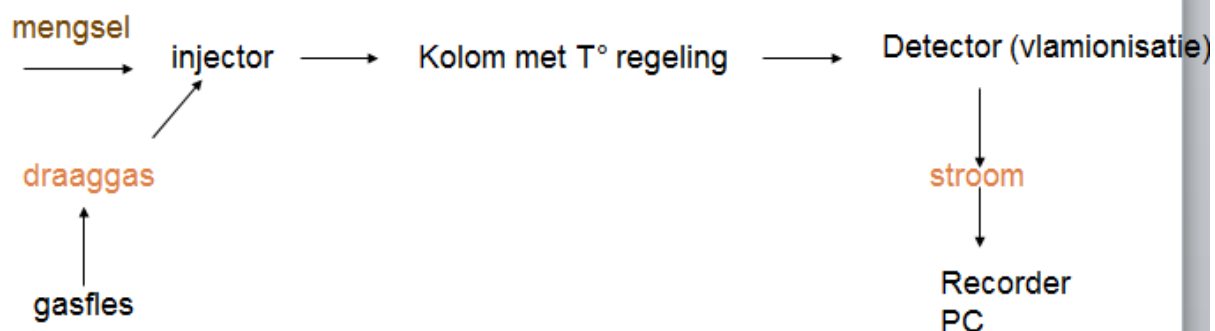
Op de illustratie worden de verschillende onderdelen weergegeven waaruit een gaschromatograaf is opgebouwd.

De in een vluchtig solvent opgeloste componenten worden in de injector (A) ingespoten. In de injector verdampt het mengsel en wordt via het draaggas (meestal He of N<sub>2</sub>) dat aangevoerd wordt via het regelbare ventiel (F) uit de gasfles (E) in de kolom (B) gevoerd. Deze kolom bevindt zich in een temperatuurprogrammeerbare oven. In deze kolom vindt scheiding plaats volgens het principe zoals toegelicht bij vorige illustratie.

De gescheiden componenten elueren één voor één in de detector (C). Eén van de meest gebruikte detectiesystemen is de vlamionisatiedetector. Hierbij worden de componenten verbrand in de detector waarbij ionen gevormd worden die een stroom opwekken. Deze stroom is recht evenredig met de concentratie van de component en wordt op een recorder of door een PC geregistreerd. Hier verschijnt wat een chromatogram genoemd wordt. Tegenwoordig is deze recorder vervangen door een PC die deze pieken op het scherm weergeeft. Het computerprogramma is in staat om de oppervlakte onder de pieken te



berekenen en deze oppervlakte is een maat voor de hoeveelheid van iedere component aanwezig in het mengsel.

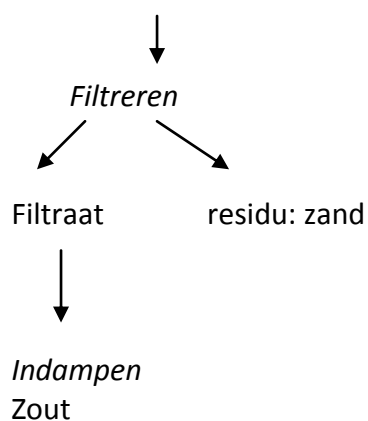


### 3.3.2. Scheidingsschema's

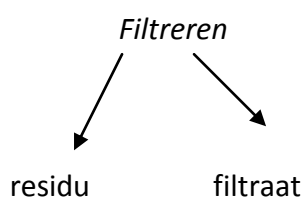
Indien een mengsel meer dan 2 componenten bevat, moet men achtereenvolgens meerdere scheidingstechnieken combineren (bv. Extraheren adsorberen. Dergelijke combinaties zijn overzichtelijk weer te geven in een scheidingsschema.

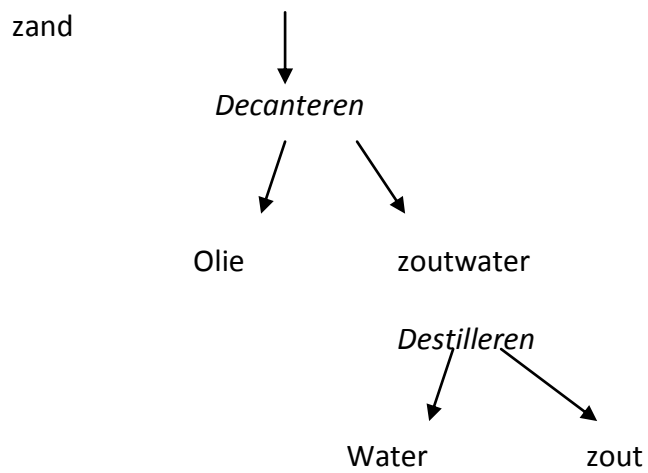
#### Zand + zout

*Extraheren met water*

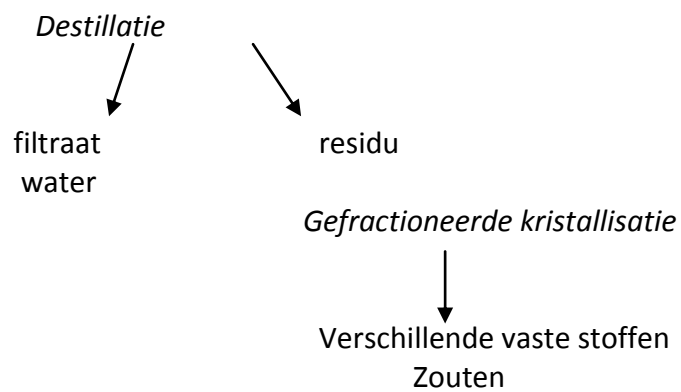


#### Zand+zout+olie+water

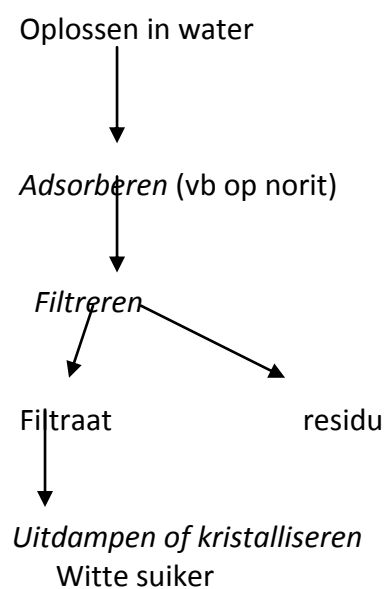




### **Mineraalwater**



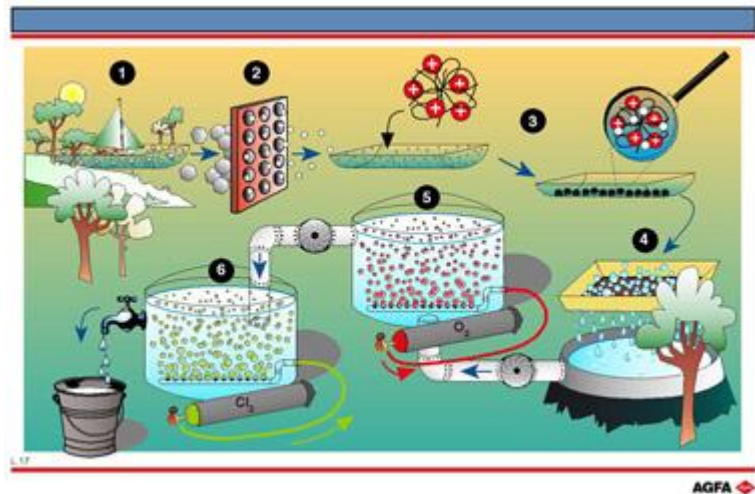
### **Bruine suiker**



## Toepassingen1: Zuiver water

### 1. Bereiding van zuiver water

Zuiver water is een kostbaar product. Daarom zou er ook zuiniger mee omgesprongen moeten worden en dient men het niet te verspillen aan het sproeien van een tuin, gazon e.d. Regenwater voldoet hiervoor ruimschoots.



Bij de zuivering van oppervlaktewater tot drinkwater komen volgende stappen voor :

1. Transport uit kanaal, bekken, rivier.
2. Snelle filtratie voor de verwijdering van de grotere deeltjes. Dit gebeurt meestal op een zandfilter met vrij grote korrels.
3. Toevoegen van een poly-elektrolyt. Meestal is dit een polymeer dat een aantal positieve ladingen bevat. Het is een vlokmiddel dat kleine zwevende deeltjes adsorbeert. In een bezinkingsbekken slaan deze vlokken neer en het water wordt helder. Dit lukt ook met stoffen als aluminiumsulfaat.
4. Een trage filtratie. Dit gebeurt over een zandfilter met fijn zand. Deze verwijdert nog aanwezige kleine deeltjes.  
Soms vindt er ook nog een filtratie over actieve koolstof plaats. Hierop worden hoofdzakelijk organische moleculen geadsorbeerd.
5. Het water wordt belucht. Hierdoor is het in staat om kleine hoeveelheden organische stoffen te oxideren tot water en koolstofdioxide.
6. Ontsmetting. Dit kan gebeuren door toevoeging van ozon of dichloor. Hierdoor worden de nog resterende bacteriën onschadelijk gemaakt en wordt de groei van algen in waterleidingbuizen verhinderd. Per liter water wordt er 3 tot 6 mg dichloor aan het water toegevoegd. In water reageert dit via een evenwichtsreactie tot hypochlorigzuur. Dit is een efficiënter ontsmettingsmiddel dan het hypochlorietanion

Door de hoge bemesting komt er in het grond- en oppervlaktewater meer nitraat voor. De norm bij ons is 50 mg/l, in de VS echter slechts 25 mg/l. Nitraten zijn nadelig omdat ze omgezet kunnen worden tot nitrieten en omdat ze de zuurstofopname van het bloed bemoeilijken.

## 2. Zuiveren van afvalwater

### 2. 1. Biologische zuivering van afvalwater:

Het uitgeklaarde water wordt geoxideerd door tussenkomst van bacteriën. Beluchting is daarbij belangrijk om de aerobe bacteriën hun werk goed te laten doen. De oxideerbare organische stoffen worden grotendeels tot koolstofdioxide omgezet.

Om aanwezige nitraten biologisch af te breken door denitrificatie (omzetting in stikstofgas) zijn dan weer anaerobe omstandigheden nodig.

### 2.2. Chemische zuivering van afvalwater

Om eutrofiëring tegen te gaan moeten vooral de fosfor- en stikstofverbindingen worden afgezonderd. De eenvoudigste manier om fosfaten te verwijderen is om aan het afvalwater bepaalde chemicaliën (ijzer-, calcium- of aluminiumverbindingen) toe te voegen, die onoplosbare fosfaten vormen. De gevormde neerslag zakt naar de bodem en kan dan verwijderd worden.

Het gezuiverde water wordt vervolgens geloosd. Voor oppervlaktewater gelden kwaliteitseisen. Het Maximaal Toelaatbare Risiconiveau (MTR) vormt het minimumniveau.

Het slib wordt naar gistingstorens geleid, waarin bij 40-50°C methaangas en waterstofsulfide ontstaan. Het uitgegiste, praktisch reukloze slib wordt vervolgens gedroogd en kan, als het geen schadelijke stoffen bevat, als bodemverbeteraar gebruikt worden.

## 3. Soorten water:

### Bronwater:

Water dat uit de bodem opwelt, het is biologisch betrekkelijk zuiver en bevat weinig zouten.

### Drinkwater:

Water zonder geur, kleur en smaak, dat voldoet aan bepaalde normen van volksgezondheid.

De belangrijkste eisen zijn:

- het moet helder en kleurloos zijn
- het moet een frisse smaak hebben en licht verteerbaar zijn. Daarom moeten lucht en een geringe hoeveelheid zouten erin opgelost zijn. Dat brengt mee dat chemisch zuiver water, dat men door destillatie zuiver heeft gekregen, ontlucht en vrij van zouten is, en dus ongeschikt als drinkwater is geworden. Het smaakt flets en bevordert geenszins de vertering.
- er mogen geen schadelijke stoffen in voorkomen en geen afbraakstoffen die wijzen op activiteit van bacteriën
- het moet vrij zijn van ziektekiemen

### Grondwater:

Water dat zich in de grond bevindt. Het bevat zouten. Het dieper gelegen grondwater kan als drinkwater gebruikt worden.

Hemelwater:

Water dat uit de hemel valt, d.w.z. afkomstig van regen, hagel, sneeuw...(zie ook 'regenwater')

Mineraalwater:

Bronwater of grondwater met bepaalde zouten of gasen. Water krijgt hierdoor een smaak.

Oppervlaktewater:

Het water van de zeeën, rivieren, beken, sloten, kanalen en meren.

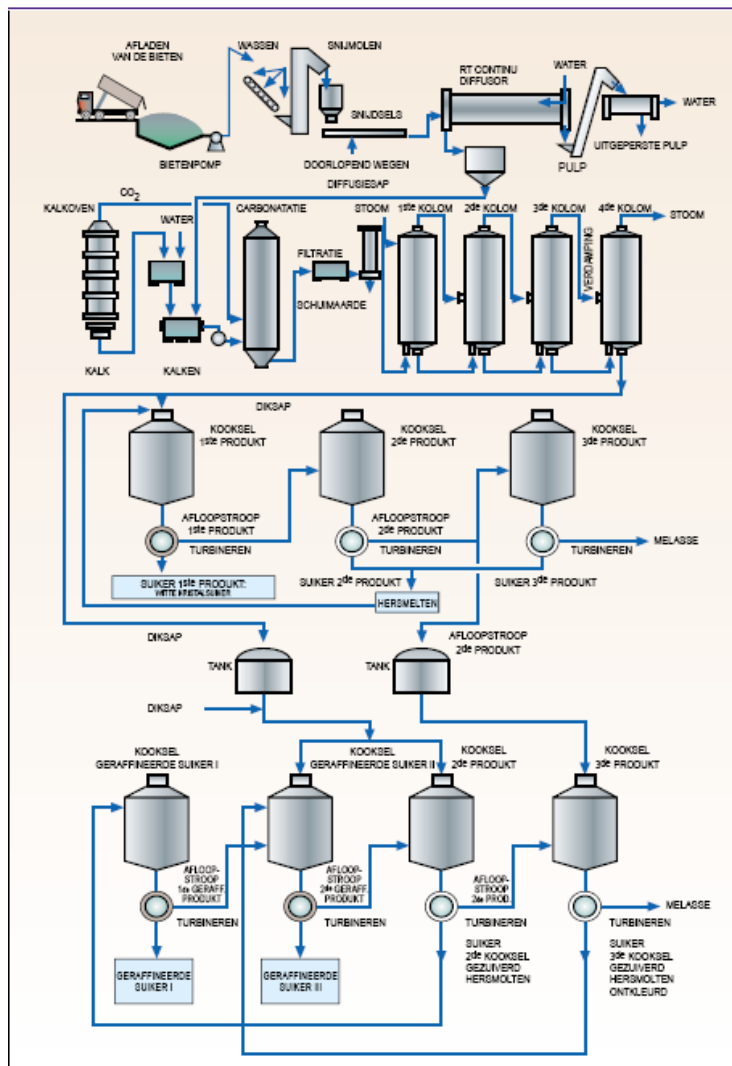
Regenwater:

'Bijna gedestilleerd' water, d.w.z. dat het water alleen watermoleculen bevat. Toch bevat het wat opgeloste stoffen die bij luchtvervuiling voorkomen. Wanneer het in een regenton of put komt, zal het verontreinigd worden met stof, vuiltjes, eventueel bacteriën.

Zeewater:

Water met ongeveer 3% zout erin.

## Toepassing2: Raffinageproces van suiker





## Vorbewerkingen

*De bieten worden op het veld mechanisch gekopt en gerooid. De bietenkoppen en de bladeren gebruikt men als veevoeder. Suikerbieten bevatten 15 tot 18% suiker. Na een grondige spoeling raspt men ze in kleine stukjes.*

## Extractie van suiker

*Suiker bezit de eigenschap doorheen de celwanden te dringen als men de snijdsels in warm water dompelt. Suiker lost immers beter op in warm water. Dit gebeurt in grote cilindervormige trommels waarbij de snijdsels stroomopwaarts in een warmwaterstroom voortgestuwd worden. Aan de ene uitgang van de trommels vangt men de suikeroplossing (uitlogingsvloeistof) op en aan de andere uitgang de snijdsels. Deze worden geperst en vormen de pulp die men ook als veevoeder gebruikt.*

## Filtratie

*De uitlogingsvloeistof bevat naast suiker nog heel wat onzuiverheden en is daarom bruin. Deze onzuiverheden worden verwijderd door aan de uitlogingsvloeistof ongebluste kalk (calciumoxide) en koostofdioxidegas toe te voegen. Deze stoffen reageren met elkaar en vormen calciumcarbonaat dat neerslaat en daarbij de onzuiverheden meeneemt of fixeert. Deze neerslag wordt samen met de onzuiverheden door filtratie verwijderd en er ontstaat een heldere sap dat 12 tot 13% suiker bevat.*

## Verdamping

*Om de suikerconcentratie te verhogen dampt men dit sap in. De resulterende stroom bevat 65% suiker.*

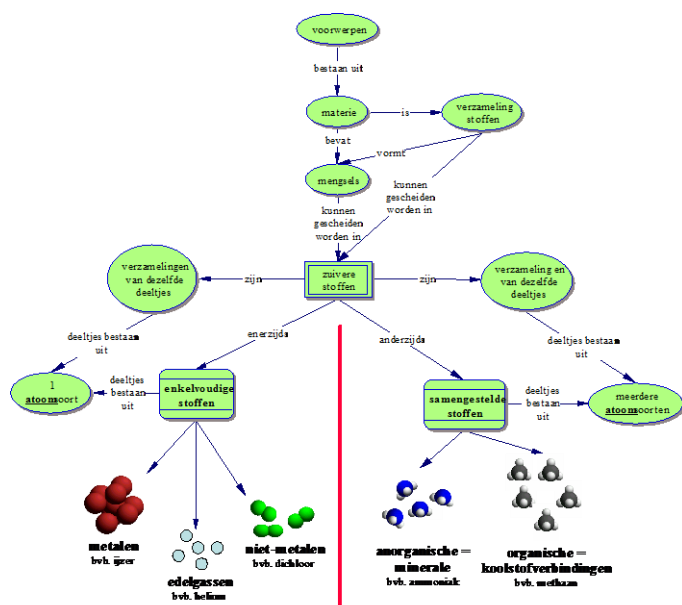
## Kristallisatie

*Door koken onder verminderde druk (vacuumkoken) van de stroom ontstaat een oververzadiging: er ontstaan suikerkristallen. Het halfvast mengsel van stroop en kristallen, de vulmassa, gaat in centrifuges, waar de stroop en de suikerkristallen gescheiden worden. Zo verkrijgt men suiker van het eerste kooksel. De stroop wordt opgevangen en een tweede en derde maal gekookt en gecentrifugeerd, wat suiker van het tweede en derde kooksel oplevert. De overgebleven stroop, de melasse, gebruikt men voor de bereiding van alcohol, van veevoeder, van gist of van citroenzuur.*

*De suikers van het tweede en derde kooksel worden opnieuw opgelost en vermengd met de vulmassa die uit de verdampingsinstallatie komt. Daarna herbegint de behandeling om suiker van het eerste kooksel te bekomen. Na droging gaat deze suiker van het eerste kooksel onder de benaming van kristalsuiker naar de winkel.*

## Samenvatting

scheidingstechnieken	Toepasbaar bij	Steunt op verschillen in	Voorbeeld
Zeven/ziften en manueel scheiden	Heterogene mengsels vast+andere	deeltjesgrootte	Zand en steenbrokken
filtreren	Heterogene mengsels Vast+vloeistof	deeltjesgrootte	Koffie-extract en koffiedik
decanteren	Heterogene mengsels Vast+vloeistof Vloeistof + vloeistof	dichtheid	Olie en water
Indampen, kristalliseren	Homogene mengsels Vast+ vloeistof	kookpunt	Zout uit zeewater
adsorberen	Vele mengsels	adsorbeerbaarheid	Ontkleuren van bruine suiker
Extraheren	Veel mengsels	oplosbaarheid	Parfum uit bloemen
destilleren	Homogene mengsels Vast+vloeistof Vloeistof+vloeistof	kookpunt	Raffinage van aardolie
centrifugeren	Heterogene mengsels Vast+vloeistof Vloeistof+vloeistof	dichtheid	Ontromen van melk



## Scheiden van zuivere stoffen en mengsels

### Heterogene mengsels scheiden

#### 1 Zeven of ziften

Voor welk soort mengsels?

heterogene

homogene

Aggregatietoestand te scheiden deeltjes

Vast - vast

Vast - vloeibaar

principe

Gebaseerd op verschil in deeltjesgrootte

Materiaal: zandzeef, vergiet,  
schuimspaan

## Scheiden van zuivere stoffen en mengsels

### Heterogene mengsels scheiden

#### 3 Filtreren

Voor welk soort mengsels?

heterogene

Aggregatietoestand te scheiden deeltjes

Vast - vloeibaar

principe

Gebaseerd op verschil in  
deeltjesgrootte

Het residu

De stof welke achterblijft op de filter noemt men

Het filtraat

## Scheiden van zuivere stoffen en mengsels

### Homogene mengsels scheiden

#### 1 Extraheren

Voor welk soort mengsels?

Meeste mengsels, vnl homogene

Aggregatietoestand af te zonderen deeltjes

Vast

vloeibaar

principe

Gebaseerd op verschil in oplosbaarheid

Extractie is altijd vergezeld van een andere scheidingstechniek

ja

nee

## Scheiden van zuivere stoffen en mengsels

### Heterogene mengsels scheiden

#### Decanteren

Voor welk soort mengsels?

heterogene

Aggregatietoestand te scheiden deeltjes

Vast - vloeibaar

Vloeibaar - vloeibaar

principe

Gebaseerd op verschil in dichtheid

## Scheiden van zuivere stoffen en mengsels

### Heterogene mengsels scheiden

#### 7.1.4 Centrifugeren

Voor welk soort mengsels?

heterogene

Aggregatietoestand te scheiden deeltjes

Vast - vloeibaar

principe

Vloeibaar - vloeibaar

Gebaseerd op verschil in dichtheid

Centrifugeren kan gebruikt worden voor homogene mengsels

ja

nee

## Scheiden van zuivere stoffen en mengsels

### Homogene mengsels scheiden

#### 2 Kristalliseren

Voor welk soort mengsels?

homogene

Aggregatietoestand af te zonderen deeltjes

vast

principe

gebaseerd op verschil in  
verdampingssnelheid

ja

Bij het kristalliseren blijft altijd een vaste stof achter

nee

## Scheiden van zuivere stoffen en mengsels

### Homogene mengsels scheiden

#### 3 Adsorptie

Voor welk soort mengsels?

Meeste mengsels, vnl. homogene

principe

Gebaseerd op verschil in adsorbeerbaarheid

ja

Een voorbeeld van adsorbens is actiefzurstof

nee

## Scheiden van zuivere stoffen en mengsels

### Homogene mengsels scheiden

#### 4 Destillatie

Voor welk soort mengsels?

homogene

Aggregatietoestand af te zonderen deeltjes

vast - vloeistof

vloeistof - vloeistof

principe

Gebaseerd op verschil in kookpunt

ja

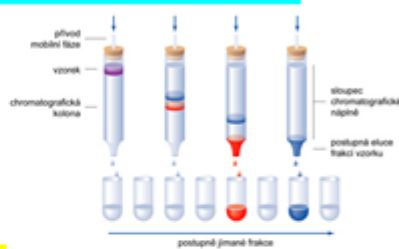
Destilleren steunt evenals kristalliseren op kookpunt

nee

## Scheiden van zuivere stoffen en mengsels

### Homogene mengsels scheiden

#### 5 Chromatografie



Voor welk soort mengsels?

homogene

principe

gebaseerd op verschil in oplosbaarheid

gebaseerd op verschil in adsorptie aan het papier

Mobiele fase

Eluens is een andere naam voor

Stationaire fase

## 4 ZUIVERE STOFFEN

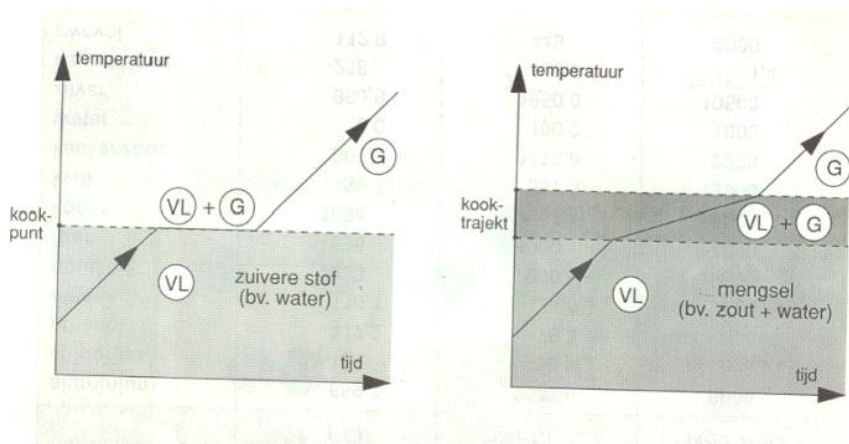
B4	Verwoorden dat zuivere stoffen welbepaalde fysische karakteristieken (stofconstanten) bezitten.	C1
B5	Stoffen <i>classificeren</i> als zuivere stof of als mengsel <i>op basis van waargenomen of aange-reikte fysische eigenschappen</i> .	SET5p

Tijdens chemische processen worden stoffen omgezet in andere stoffen. Tijdens fysische processen blijven de stoffen dezelfde.

Bij het onderzoek en de scheiding van mengsels treden dus fysische processen op.

### 4.1. Begrip zuivere stof

Een systeem kan beschouwd worden als een zuivere stof, zodra het niet meer verder in bestanddelen kan worden gescheiden. Een controle hierop is het controleren van de fysische grootheden van dit systeem.



Elke zuivere stof wordt gekenmerkt door welbepaalde waarden voor een hele reeks stofconstanten, zoals het smeltpunt, het kookpunt, de oplosbaarheid, de dichtheid, de oplosbaarheid in bepaalde oplosmiddelen. Bij een zuivere stof zijn de waarden van deze fysische grootheden constant en karakteristiek voor de stof.

Bij een mengsel echter zijn de waarden afhankelijk van de samenstelling van dit mengsel.

Een zuivere stof kookt bij normale druk (1013 hPa) steeds bij één welbepaalde temperatuur. Dit kookpunt is karakteristiek voor deze stof (voor water bedraagt het kookpunt 100°C). Deze temperatuur blijft gedurende de ganse kooktijd constant.

Een mengsel (b.v. wijn) vertoont een kooktraject. Door het verdampen van alcohol (laagste kookpunt) wordt de resterende oplossing steeds rijker aan water. Hierdoor stijgt de temperatuur tijdens het koken.

Door een vloeistof waarvan men de

Stofnaam	Smeltpunt (°C)	Kookpunt (°C)	Dichtheid (kg/m <sup>3</sup> )
aluminium	659,7	2057,0	8900
chloorgas	-101	-35	3,2
ethanol	-117,2	78,3	800
ether	-116,1	34,6	700
goud	1063	2600,0	19300
ijzer	1535	3000	7800
koper	1084	2567	8920
kwik	-39	357,0	13600
keukenzout	801	1413,0	2200
water	0,0	100,0	1000
zilver	960,8	1950,0	10500
zuurstofgas	-218	-183,0	1,4
zwavel	112,8	445	2000

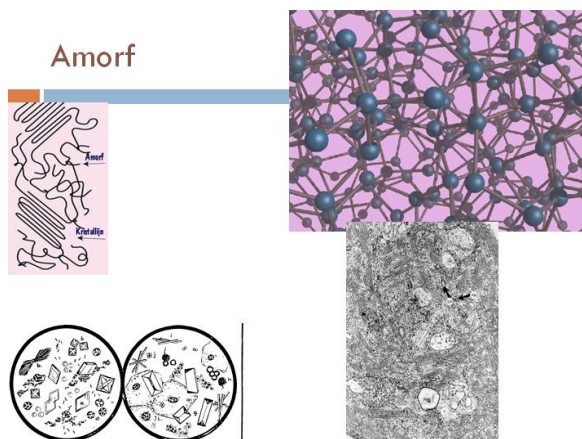
Massaprocent		Kookpunt (°C)	Dichtheid (kg/m <sup>3</sup> )
ethanol	water		
0	100	100,0	1000,00
10	90	90,0	983,91
20	80	86,0	971,49
30	70	83,5	957,45
40	60	82,1	939,34
50	50	81,2	913,84
60	40	80,5	891,13
70	30	79,7	867,66
80	20	78,8	843,44
90	10	78,2	817,97
100	0	78,2	789,34

samenstelling niet kent langzaam te verwarmen, kan men dus te weten komen of het een zuivere stof betreft of een mengsel. Het kookgedrag kan men vastleggen in een temperatuur-tijd-diagram.

#### Opmerking

Amorfe stoffen zijn vaste stoffen zonder welbepaalde typische en herkenbare vorm.

Voorbeelden zijn kunststof, glas en aardappelbloem.



Veel vaste stoffen komen voor in de vorm van kristallen. Gekende voorbeelden zijn suiker, keukenzout, ijskristallen. Merkwaardig is dat kristallen van dezelfde zuivere stof, ongeacht hun grootte, steeds identieke kenmerken vertonen: aantal vlakken, vorm van de vlakken, hoeken waaronder deze vlakken elkaar snijden.... Zo kristalliseert aluin in de vorm van een octaëder.

Sommige stoffen kunnen verschillende kristalvormen hebben. Het beste voorbeeld hiervan is koolstof dat in zuivere toestand o.m. als grafiet en als diamant wordt aangetroffen. Het opvallendste verschil is de grotere massadichtheid van diamant ten opzichte van deze van grafiet. Ook de hardheidsgraad van beide is totaal verschillend. Grafiet is zacht en brokkelt gemakkelijk af, terwijl men diamant wegens zijn hardheid gebruikt als slijpmateriaal en op boorkoppen.

#### 4.2. Soorten zuivere stoffen

B8

**Vanuit experimentele waarnemingen** samengestelde en enkelvoudige stoffen **onderscheiden op basis van** het al dan niet chemisch afbreekbaar zijn tot stoffen met andere stoffeigenschappen.

C4p

Bij het onderzoek naar de bouw van een zuivere stof kan men energie toevoegen (warmte, elektriciteit, straling). In bepaalde gevallen leidt dit tot aantasting van de stof, bijvoorbeeld een ontleding (analyse) in meerdere stoffen.

Omgekeerd kan men de ontledingsproducten weer verbinden tot de uitgangsstoffen (synthese).



#### 4.2.1. Analyse: ontleden van een stof

Sommige zuivere stoffen kunnen onder invloed van toegevoegde energie ontleed worden. Dit proces wordt ontleding of analyse genoemd.

Deze zuivere stoffen worden samengestelde zuivere stoffen genoemd. Met behulp van toegevoerde energie kunnen ze ontleed worden in meerdere soorten enkelvoudige stoffen. Enkelvoudige zuivere stoffen kunnen niet ontleed worden.

##### 4.2.1.1. Thermolyse

##### 4.2.1.1.1. Thermolyse van suiker



Door de warmte verandert de suiker. De witte kristallen worden geel, daarna bruin en tenslotte zwart (in dit laatste stadium is de suiker omgezet in koolstof).

Tevens ontstaan waterdruppels.

suiker ----> koolstof en water

Bij het opnieuw samenvoegen van de ontledingsproducten koolstof en water slaagt men er niet in de blijkbaar ingewikkelde structuur van suiker weer op te bouwen.

##### 4.2.1.1.2. Thermolyse van rood kobaltchloride

Bij het zacht verhitten van rood kobaltchloride verdwijnt de kleur. Er ontstaan twee andere stoffen: een blauwe vaste stof en een kleurloze stof.

Na scheiding van de gevormde stoffen blijken de typische stoffeigenschappen van rood

kobaltchloride verdwenen te zijn. De nieuwe gevormde kleurloze vloeistof vertoont de stoffeigenschaften van zuiver water. De karakteristieken van de blauwe stof wijzen op een andere zuivere stof.



#### 4.2.1.2. Elektrolyse van water

Via de elektroden van het toestel van Hoffman, welke verbonden worden aan een spanningsbron wordt water ontbonden in twee gasen.

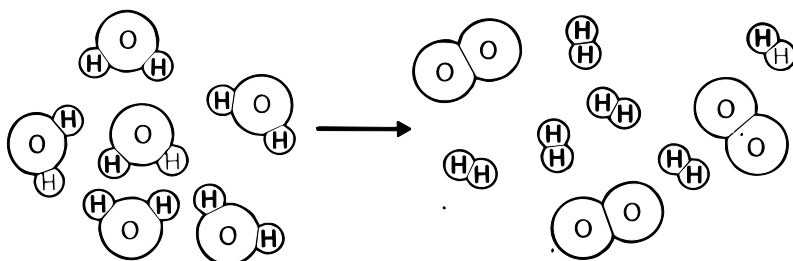
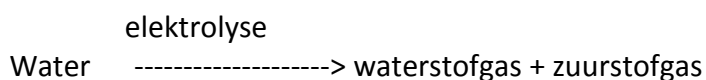
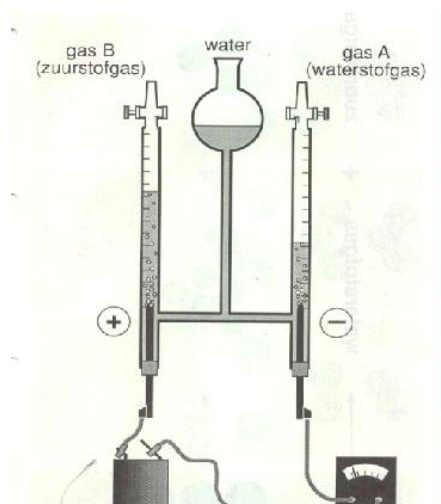
Het volume van het ene gas is ongeveer tweemaal groter dan het andere.

Het grootste volume gas wordt opgevangen in een droge reageerbuis. Na ontsteking (vonk, vlam) is een knal te horen, terwijl zich bovenaan in de reageerbuis een wasem vormt van een kleurloze vloeistof.

Het andere gas brandt niet, doch doet een smeulende houtspaander weer ontvlammen.

Bij onderzoek van de gasen, blijken hun fysische constanten (geur, kookpunt, smeltpunt, dichtheid) overeen te komen met waterstofgas en zuurstofgas. Er ontstonden twee nieuwe stoffen, wat wijst op een chemische reactie.

De gasen waterstof en zuurstof kunnen niet meer in andere stabiele zuivere stoffen ontleden.



Water is dus een samengestelde zuivere stof, zuurstofgas en waterstofgas zijn enkelvoudige zuivere stoffen.

#### 4.2.1.3. Fotolyse

Vers bereid zilverchloride (witte vaste stof) wordt verspreid op een filtreerpapiertje. Een deel ervan wordt afgedekt (vb schaar, muntstuk, halssnoer...). Hierna wordt het geheel belicht met een sterke lamp.

Het witte poeder verandert langzaam via grijs in zwart (fijn verdeeld zilver). Er ontstaat een prikkelend gas (chloorgas).

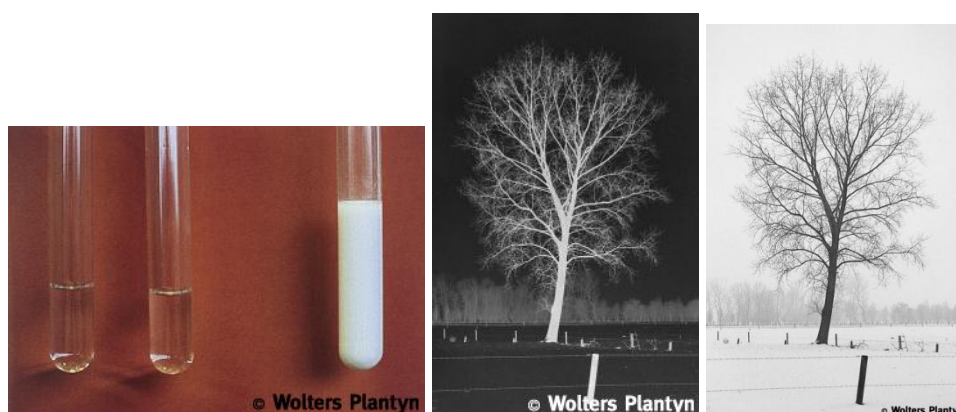
Als men nadien het voorwerp wegneemt is het onderliggende poeder wit gebleven.

Onder invloed van licht ontleedt zilverchloride in andere stoffen (zilver en chloorgas). Op dit principe berust het gebruik van zilververbindingen in de fotografie.

fotolyse

zilverchloride -----> zilver + chloorgas

Van deze eigenschap wordt gebruik gemaakt in de fotografie. Op een fotografisch papier bevindt zich een emulsie van zilverchloride in gelatine. Op de plaatsen die blootgesteld worden aan licht, wordt zilver vrijgezet. Meestal wordt slechts een heel kleine hoeveelheid zilver vrijgezet door belichting. In het ontwikkelingsproces gaat op de plaatsen waar al een kleine hoeveelheid zilver is vrijgezet door belichting, het proces verder onder de invloed van een ontwikkelaar. Tijdens het fixeren wordt het overschot zilverchloride opgelost, om te vermijden dat achteraf heel de plaat zwart zou worden onder invloed van het licht.



Conclusie:

Er bestaan twee groepen zuivere stoffen

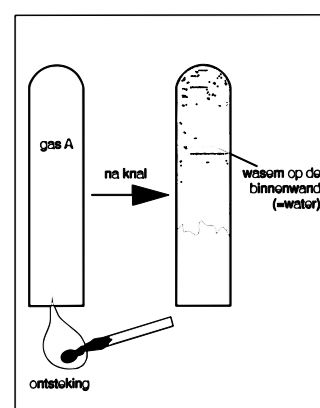
Samengestelde zuivere stoffen die met behulp van toegevoerde energie ontleed kunnen worden in meerdere soorten enkelvoudige stoffen.

Enkelvoudige zuivere stoffen kunnen niet ontleed worden.

#### 4.2.2. Synthese

Uitgaande van enkelvoudige stoffen kunnen samengestelde zuivere stoffen bekomen worden.

##### 4.2.2.1. Synthese van water



Als men waterstofgas laat reageren met zuurstofgas, door ontsteking d.m.v. een vlam of elektrische vonk, wordt er opnieuw water gevormd. Dit kan op laboschaal eveneens uitgevoerd worden met een eudiometer.

Uit de enkelvoudige stoffen waterstofgas en zuurstofgas ontstaat een samengestelde stof water.

#### 4.2.2.2. Synthese van zinkdijodide

Fijn verdeeld jodium reageert met zink. Er ontstaat een andere stof met totaal andere eigenschappen. Uit de enkelvoudige stoffen jodium en zink ontstaat de samengestelde stof zinkdijodide

#### 4.2.3. Onderscheid tussen mengsel en samengestelde zuivere stof

Een mengsel kan door fysische methodes gescheiden worden in zuivere componenten: deze hebben constante stoffeigenschappen. Door het samenvoegen van deze componenten bekomt men terug het oorspronkelijk mengsel met dezelfde stoffeigenschappen.

Voorbeeld: Door het uitdampen van een pekelplossing bekomt men zoutkristallen. Voegt men hieraan terug water toe, dan bekomt men de oorspronkelijke pekelplossing.

Een samengestelde zuivere stof kan door chemische methodes ontbonden worden in meerdere andere zuivere stoffen met andere eigenschappen. Door het terug samenvoegen van deze zuivere stoffen bekomt men de oorspronkelijke zuivere stof niet terug.

Voorbeeld: Bij het verhitten van suikers bekomt men koolstof, water en vluchtige gassen, door deze terug samen te voegen bekomt men geen suikers.

## 5. OPBOUW VAN ZUIVERE STOFFEN: MOLECUULMODEL

B9	Vanuit een gegeven deeltjesmodel het onderscheid tussen samengestelde en enkelvoudige stof herkennen en verwoorden.	C4p
----	---	-----

Tot nu kon de structuur van de materie op één of andere wijze zintuiglijk worden ervaren. Veranderen van aggregatietoestand, omzetting van een stof in andere stofsoorten, oplossing van een stof in een oplosmiddel zijn waar te nemen verschijnselen.

Deze structuurveranderingen zijn processen.

Hoe deze processen verlopen is niet meer rechtstreeks waarneembaar. Een samenhangende verklaring voor deze veranderingen blijkt alleen mogelijk door aan te nemen dat alle materie uit deeltjes is opgebouwd. Dergelijke deeltjes zijn zo klein dat ze niet te zien zijn.

Om datgene wat niet rechtstreeks zichtbaar is (de inwendige structuur van de materie, de veranderingen van de inwendige structuur) te beschrijven en te verklaren, gebruikt men een modelvoorstelling als hulp.

### 5.1. Het begrip model

Modellen zijn gedachtenconstructies, waarmee de wetenschap bepaalde verschijnselen die ze niet rechtstreeks kan waarnemen, of waarvan ze slechts de gevolgen kan waarnemen, tracht te begrijpen en te verduidelijken. Deze gedachtenconstructie kan voorgesteld worden in een

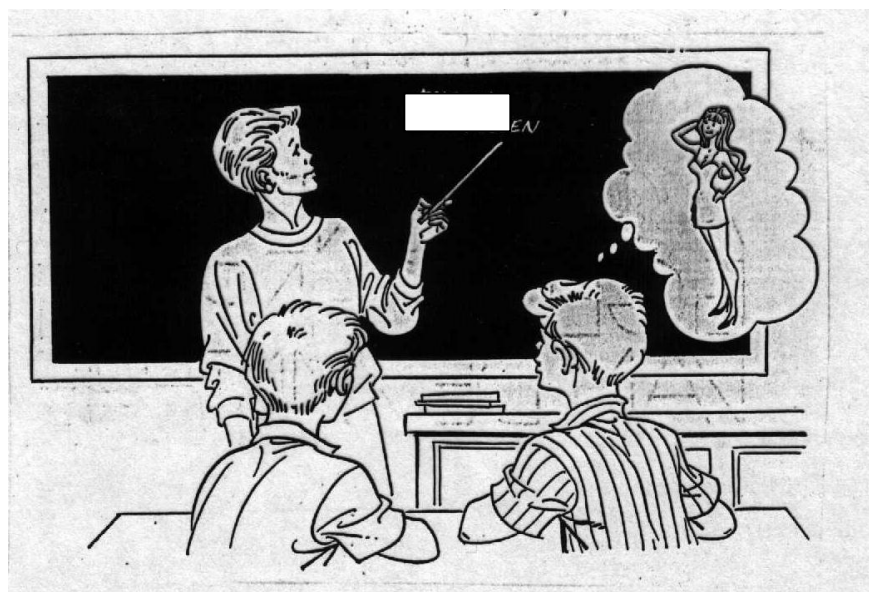
beeld, tekening, schema... In een modelvoorstelling tracht men zoveel mogelijk facetten van de werkelijkheid in te brengen. Een modelvoorstelling is nooit helemaal af, het blijft een model van de werkelijkheid. Als ervaringen nieuwe inzichten opleveren die meer stroken met bepaalde aspecten van het model, tracht men die modelvoorstelling aan te passen en te verbeteren (modelverfijning). Zodoende wordt een model steeds meer de afbeelding van de werkelijkheid.

Voor de chemicus is een stof zo iets als een geheimzinnige doos. Hij weet niet hoe deze stof is opgebouwd. Hij tracht dit te achterhalen door te experimenteren met deze stof. Om rechtstreeks waar te nemen hoe stoffen zijn opgebouwd, kunnen ze echter maar tot aan een bepaalde grens opengemaakt worden. Beneden deze grens kan alleen een modelvoorstelling gemaakt worden. Die voorstelling moet dan in overeenstemming zijn met de experimentele gegevens. Zoniet, dan dient het model verder verfijnd, gecorrigeerd of eventueel zelfs verworpen of vervangen te worden door een ander.

### 5.2. Het molecuulmodel

De materie is deelbaar. Vrijwel alle lichamen kunnen in kleinere delen verdelen. De mogelijkheden om de materie op deze wijze mechanisch te verdelen zijn begrensd.

*Toepassing:*



*Een stuk krijt is gemakkelijk in kleine stukken te breken en deze zijn verder stuk te wrijven tot zeer fijn poeder. De deelbaarheid van het krijt wijst op het bestaan van nog kleinere krijtdeeltjes*

Toch kan nog een fijnere verdeling verkregen worden door de stoffen op te lossen of te verdampen. De aldus verkregen deeltjes zijn zo klein dat geen enkele vergroting ze zichtbaar kan maken.

*Toepassing:*

*Een kristalletje kaliumpermanganaat is na oplossing in staat twee liter water violet te kleuren. Elke waterdruppel bevat dus een gedeelte van de kleurstof. Het kaliumpermanganaat werd dus over 40.000 druppels water verdeeld.*

Uit processen zoals deelbaarheid, oplosbaarheid, aggregatieveranderingen... kan men dus afleiden dat de materie deelbaar is in stofdeeltjes. Er is echter een grens aan de deelbaarheid van materie.

*Toepassing:*

*Parfum laten verdampen, de deeltjes ervan zijn onmogelijk microscopisch waarneembaar. Toch zijn de deeltjes in de lucht, dat kan aan de geur vastgesteld worden.*

Alle stoffen bestaan uit uiterst kleine deeltjes, moleculen genoemd. Een zuivere stof bevat slechts één soort moleculen, typisch voor elke stofsoort. Een mengsel bevat meerdere soorten moleculen.

Moleculen zijn onzichtbaar. Daarom kan geen beeld van de werkelijkheid worden weergegeven, maar een modelvoorstelling.

Uit verschillende berekeningen en metingen is gebleken dat de deeltjes waaruit de stoffen opgebouwd zijn een diameter hebben gaande van 0.30 nm ( $0.30 \cdot 10^{-9}$  m zoals de deeltjes van water) tot enkel tientallen nanometer zoals de deeltjes van sommige kunststoffen.

Een liter vloeibaar water bestaat hierdoor uit  $3.3 \cdot 10^{25}$  deeltjes.

Moest men elk van de watermoleculen in één glas water kunnen vervangen door een erwt, dan kon men geheel België toedekken met een laag erwten van 1 m dik.

Moleculen worden voorgesteld via het molecuulmodel door bolletjes.

Met dit molecuulmodel kunnen allerlei fysische verschijnselen beter begrepen en verklaard worden.

*Opmerking:*

Eén enkel molecule kan zich niet in een aggregatietoestand bevinden. Een aggregatietoestand is de toestand waarin zich een grote verzameling moleculen van deze stof bevindt. Vele fysische eigenschappen kan men dus niet aan de individuele moleculen toeschrijven, maar aan de samenhang ertussen.

Experimenteel onderzoek heeft de veronderstelling dat er uiterst kleine deeltjes bestaan



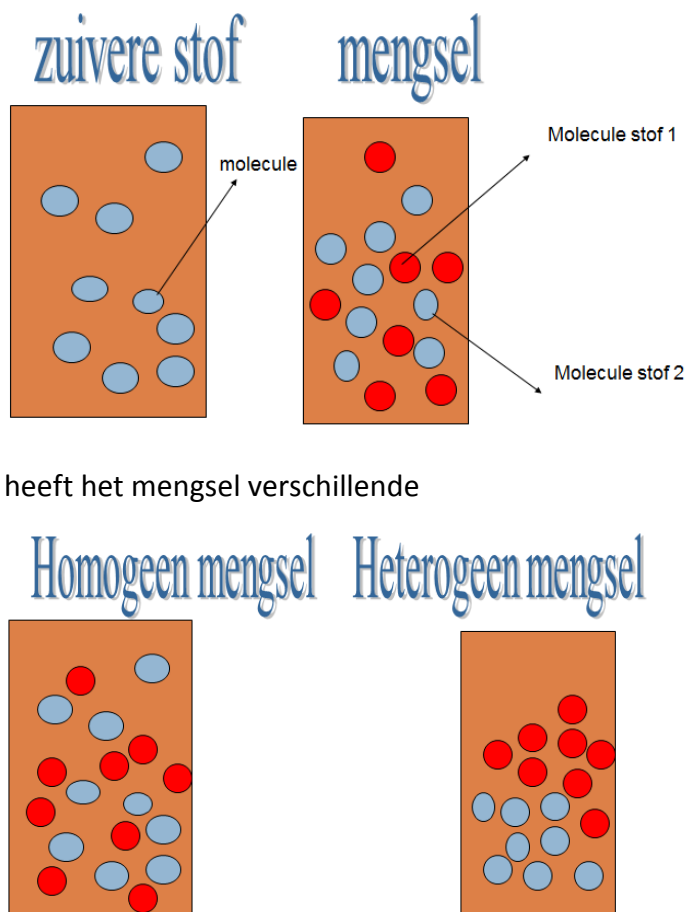
(molecuulhypothese), kunnen bewijzen. Zo heeft men rechtstreekse beelden kunnen maken van bepaalde grote moleculen. Hiertoe gebruikt men elektronenmicroscopen, die vergrotingen mogelijk maken tot ongeveer 100.000 maal.

### 5.3. Toepassingen van het molecuulmodel

#### 5.3.1. Mengsels en zuivere stoffen

Een zuivere stof is opgebouwd uit allemaal dezelfde moleculen. De moleculen van de ene zuivere stof zijn allemaal verschillend van die van een andere zuivere stof. Elke zuivere stof heeft daarom zijn eigen stoffeigenschappen. Voor deze stoffeigenschappen is het niet belangrijk hoeveel moleculen er samen zijn. Een mengsel daarentegen bestaat minstens uit twee verschillende soorten moleculen. Naargelang de verhouding waarin deze verschillende soorten moleculen aanwezig zijn heeft het mengsel verschillende eigenschappen.

In een homogeen mengsel zijn de deeltjes van verschillende soort onderling heel regelmatig verdeeld. In een heterogeen mengsel bevinden zich grote groepen van deeltjes van dezelfde soort samen.



#### 5.3.2. Moleculen en aggregatietoestanden

Met de molecuultheorie kunnen ook eenvoudige verklaringen gegeven worden voor de aggregatietoestanden.

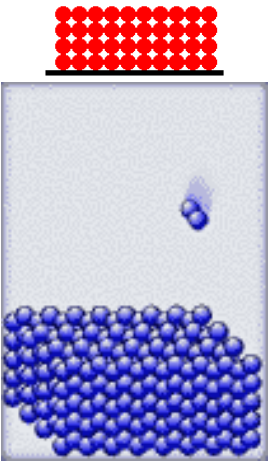
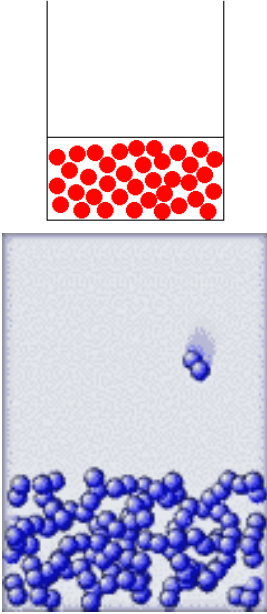
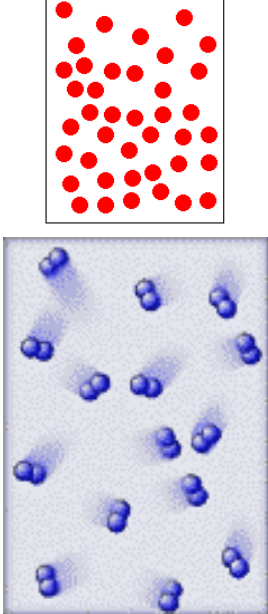
Tussen de moleculen onderling zijn er aantrekkingskrachten. Deze aantrekkingskrachten of cohesiekrachten treden op tussen moleculen van dezelfde soort en adhesiekrachten indien ze optreden tussen moleculen van verschillende soort.

Bij een stof in gasvormige toestand is er heel veel ruimte tussen de moleculen. De moleculen hebben een grote bewegingsvrijheid omdat de cohesiekrachten vrijwel onbestaand zijn.

In de vloeibare toestand zitten de moleculen dicht op elkaar, de cohesiekrachten zijn zwak en laten de moleculen wel toe van over elkaar te rollen, maar niet van uit elkaar te gaan.

De moleculen van vaste stoffen worden door sterke cohesiekrachten dicht bij elkaar

gehouden in een welbepaald geometrisch patroon.

		
<p>Bij vaste stoffen zitten de deeltjes vast in een rooster: ze kunnen enkel trillen ter plaatse. De cohesiekrachten zijn groot. De intercorpulaire ruimte is zeer klein.</p>	<p>Bij vloeistoffen kunnen de deeltjes vrij bewegen, maar ze blijven bij elkaar in een eerder beperkte ruimte. De cohesiekrachten zijn tamelijk groot. De intercorpulaire ruimte is eerder klein.</p>	<p>In gastoestand zijn de deeltjes volkomen vrij beweeglijk: ze kunnen van elkaar wegvliegen. De cohesiekrachten zijn zeer zwak. De intercorpulaire ruimte is groot.</p>

### 5.3.3. Fysische en chemische processen

De theorie dat stoffen opgebouwd zijn uit moleculen, laat ook toe beter het onderscheid te begrijpen tussen fysische en chemische processen. Wanneer de stoffen een fysisch proces ondergaan, veranderen de moleculen niet. Bij een chemisch proces worden de moleculen wel andere moleculen.

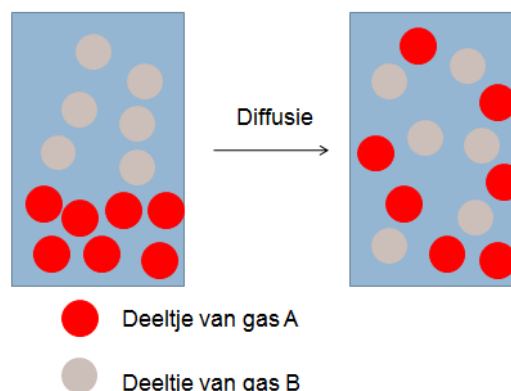
### 5.3.4. Kristalvorming

Om te begrijpen hoe bij de vorming van vasten kristallijne stoffen spontaan regelmatige geometrische vormen ontstaan, kan de stof opnieuw modelmatig voorgesteld worden als een verzameling gelijke bollen. Als gelijke bollen op elkaar gestapeld worden, ontstaat er, naargelang de manier van stapelen een bepaalde vorm.

Uit deze regelmatige bolstapelings is af te leiden dat, indien zuivere stoffen ook uit bolvormige stofdeeltjes zijn opgebouwd, er inderdaad spontaan bepaalde regelmatige en steeds dezelfde kristalvormen van één stofsoort kunnen ontstaan

### 5.3.5. Diffusie

Stoffen kunnen zich spontaan omzetten in zeer kleine deeltjes terwijl ze zich tegelijkertijd verspreiden. Het verschijnsel waarbij twee stoffen zich geleidelijk en spontaan met mekaar mengen is diffusie. Gassen gaan zich steeds spontaan homogeen mengen. De deeltjes bewegen vrij en vullen de ganse beschikbare ruimte.

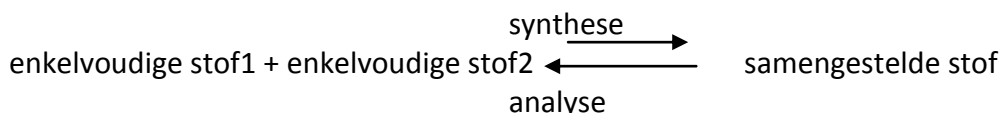


### 5.4. Verfijning van het molecuulmodel: atoomtheorie

Voor de verklaring van chemische reacties zoals ontleding en synthese lijkt het molecuulmodel niet veel nieuws te brengen. Immers, hoe kunnen in een chemische reactie uit één stof twee andere stoffen (en dus ook twee andere moleculen) ontstaan, zoals gebeurt bij een ontledingsreactie?

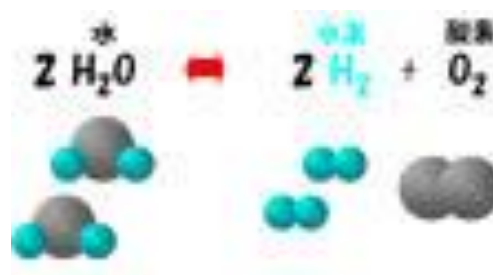
Hoe kan men een ontbinding van een samengestelde stof voorstellen? Om chemische reacties te verklaren lijkt het nodig het molecuulmodel te verfijnen.

Uit het voorgaande kan afgeleid worden dat samengestelde stoffen een complexere inwendige bouw bezitten dan de enkelvoudige stoffen. De moleculen van de samengestelde stof moeten bouwsteentjes bevatten van alle enkelvoudige stoffen waaruit ze door synthese verkregen wordt.



Het aantal bekende soorten enkelvoudige stoffen is beperkt tot een 200-tal. Echter zijn er miljoenen soorten samengestelde stoffen.

Blijkbaar wordt zo een samengestelde stof opgebouwd uit een beperkt aantal bouwsteentjes: atomen.



Moleculen zijn opgebouwd uit atomen.

Enkelvoudige zuivere stoffen zijn opgebouwd uit gelijksoortige atomen. Samengestelde stoffen zijn opgebouwd uit verschillende soorten atomen.

In een molecule worden de atomen in een bepaalde aantalverhouding door een chemische band bij elkaar gehouden. De gevormde atoomcombinatie (molecule) vertoont sterk verschillende eigenschappen t.o.v. de afzonderlijke atomen.

In een molecule verliezen bijgevolg atomen hun individuele eigenschappen.

In een chemische reactie worden de uitgangsstoffen (reagentia) omgezet in andere stoffen (reactieproducten). Samengestelde stoffen kunnen ontleed worden in ten minste twee enkelvoudige stoffen. Enkelvoudige stoffen daarentegen zijn niet meer te ontleden in andere stoffen.

De kenmerken van een samengestelde stof verschillen sterk van die van de enkelvoudige stof, waarin ze kan ontleed worden.

Verklaring via het atoommodel

De moleculen van de reagerende stoffen worden omgevormd tot moleculen van de reactieproducten. De moleculen van een enkelvoudige stof bestaan uit atomen van eenzelfde soort. In een molecule worden de atomen in een welbepaalde aantalverhouding door een chemische band bij elkaar gehouden.. Hierdoor verliezen de atomen hun individuele eigenschappen.

*Opmerking:*

Zuivere stof

In de chemie bedoelt men met een stof steeds een zuivere stof. Een stof is steeds zuiver en bestaat uit slechts één soort moleculen.

Atoom

De benaming atoom verwijst naar een ondeelbaar bouwsteentje. Verder blijkt dit niet helemaal correct te zijn en is een atoom zelf ook opgebouwd uit meerdere soorten elementaire deeltjes.

## 6. ATOOMSOORTEN CHEMISCHE ELEMENTEN

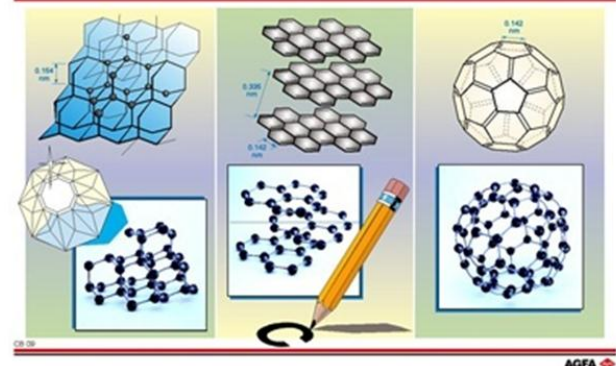
B10	Naam en symbolische voorstelling van de belangrijkste elementen (atoomsoorten) en enkelvoudige stoffen schrijven.	W2p C4p
-----	---	------------

### 6.1. Atoomsoorten

Bij een samengestelde stof zijn de moleculen opgebouwd uit verschillende soorten atomen en bij een enkelvoudige stof uit atomen van dezelfde soort.

Het aantal enkelvoudige stoffen is eerder beperkt (minder dan 200). Daaronder zijn er ook meerdere stoffen, die uit dezelfde soort atomen zijn opgebouwd.

grafiet-diamant-fullereen zuurstof-ozon

**Diamant** **Grafiet** **fullereen**

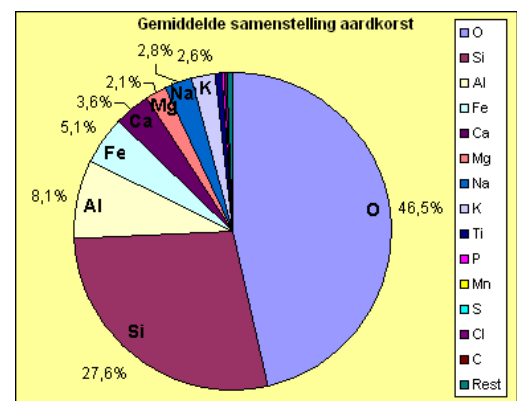
Het aantal atoomsoorten (chemische elementen) bedraagt een honderdtal, waarvan er 92 (de natuurlijke elementen) de atomaire bouwsteentjes leveren van talloze samengestelde stoffen. De atomen van de overige elementen heeft men via de kernfysica en de kernchemie in laboratoria kunnen synthetiseren. Deze elementen worden kunstmatige elementen genoemd. Sommige kunstmatige elementen bestaan heel kortstondig, soms slechts enkele seconden.

vb. Plutonium: splijfstof in kernreactoren  
Atoombommen

Opmerkingen:

De meeste van de 92 natuurlijke elementen zijn relatief schaars. De materie in de enkele tientallen kilometers dikke aardkorst, alsook in alle zeeën en de omringende lucht bestaat voor 98.6% uit atomen van slechts 9 elementen:

Zuurstof	49.5%
Silicium	25.8%
Aluminium	7.6%
Ijzer	4.7%
Calcium	3.4%
Natrium	2.6%
Kalium	2.1%
Magnesium	2.0%
Waterstof	0.9%
Overige	1.4%



Van slechts weinige elementen komen de enkelvoudige stoffen vrij voor in de natuur. Voorbeelden zijn de edele metalen zoals zilver, goud en platina; de edelgasen zoals helium, neon, argon en verder nog koolstof, zwavel, stikstof en enkele andere. De overgrote meerderheid van de elementen levert bouwsteentjes van de samengestelde stoffen.

## 6.2. Symbolische voorstelling

Rond de jaren 1800 kwam Dalton tot het inzicht dat de moleculen van alle stoffen uit atomen van een beperkt aantal atoomsoorten opgebouwd zijn. Als aan elk element een symbool wordt toegekend, kan men door een gepaste combinatie van deze symbolen elke zuivere stof op een relatief eenvoudige en internationaal begrijpelijke wijze voorstellen.

De Zweedse chemicus Berzelius (1779-1848) is de grondlegger van het huidige chemische tekenschrift. In dit stelsel wordt elk element voorgesteld door één en soms door twee letters. De eerste letter van het symbool is de eerste letter van de Latijnse of verlatijnste naam van het element; de tweede letter is een letter uit die naam. De eerste letter van het symbool is steeds een hoofdletter; de tweede mag geen hoofdletter zijn.



## 6.3. Formules van zuivere stoffen

B11	De <b>symbolische schrijfwijze</b> van eenvoudige en samengestelde stoffen <b>interpreteren</b> naar aard en aantal van de aanwezige atomen per molecule en naar aantal moleculen (index en coëfficiënt).	W2p C4p C5p
-----	---	-------------------

Een symbool van een element stelt niet alleen dat element voor, maar ook één atoom van dat element. Aangezien moleculen combinaties van atomen zijn, kunnen combinaties van symbolen ook een zuivere stof voorstellen.

Door gebruik te maken van de symbolen van de elementen, kan men de inwendige bouw van een zuivere stof symbolisch weergeven d.m.v. een zogenaamde bruto formule. De bruto formule geeft de samenstelling van één molecule van de beschouwde stofsoort.

Een molecule is het kleinst mogelijk af te zonderen stofdeeltjes, dat typisch is voor die zuivere stof.

Dit stofdeeltje kan bestaan uit één of meer, al of niet verschillende atomen. De ruimtelijke schikking van atomen maakt het echter niet altijd mogelijk de grenzen van een molecule af te bakenen. Er zijn twee mogelijkheden:

1. Men treft in elke aggregatietoestand van de stof afzonderlijke, duidelijk afgebakende stofeenheden voor. M.a.w. er komen steeds reële moleculen voor.
2. Niet in elke aggregatietoestand van de stof treft men afzonderlijke, duidelijk afgebakende stofeenheden aan. De atomaire deeltjes schikken zich ruimtelijk zo dat er geen duidelijk begrensde combinaties voorkomen. M.a.w. er komen geen afzonderlijke moleculen voor. Bij deze stoffen verwijst het begrip molecule dus eerder naar een theoretisch molecule, d.w.z. een denkbeeldige combinatie van





atomaire deeltjes zoals weergegeven door de bruto formule van deze stof. In deze gevallen heeft de bruto formule eerder de betekenis van een verhoudingsformule.

Het al of niet voorkomen van moleculen als afzonderlijke eenheden wordt dus bepaald door de aard van de stof en door de aggregatietoestand. Algemeen kan men zeggen dat de neiging tot vorming van afgebakende stoffeenheden (reële moleculen) toeneemt als de stof van de vaste fase via de vloeibare fase naar de gastoestand overgaat.

De bruto formules in de chemie geven dus in feite de samenstelling weer van de reële moleculen in gastoestand.

B12	<b>Met een voorbeeld illustreren</b> dat het verschil in aantal en aard van de atomen in zuivere stoffen ook het verschil in eigenschappen van die stoffen bepaalt.	SET4p
B13	<b>Driedimensionale voorstellingen</b> van atomen en moleculen <b>weergeven en interpreteren</b> naar samenstelling.	SET2p SET3p

### 6.3.1.. Voorstelling van enkelvoudige stoffen

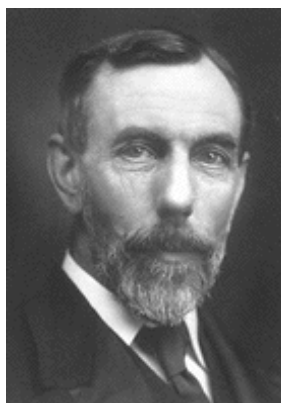
#### 6.3.1.1. Soorten enkelvoudige stoffen

B14	<b>Waarneembare eigenschappen</b> van metalen, niet-metalen en edelgassen <b>beschrijven</b> naar toepassingen in het dagelijkse leven.	W5p C4p
B15	<b>Stoffen classificeren als metaal of als niet-metaal op basis van gegeven of zelf waargenomen eigenschappen.</b>	SET5p

Enkelvoudige stoffen worden voorgesteld door het symbool van het element waaruit ze opgebouwd zijn met een index die aangeeft hoeveel atomen aan elkaar gebonden zijn in een molecule.

De elementen of enkelvoudige stoffen kunnen ingedeeld worden in edelgassen, metalen en niet-metalen.

Er zijn zes elementen die nooit in samengestelde stoffen aangetroffen worden. Het zijn helium, neon, argon, krypton, xenon en radon.



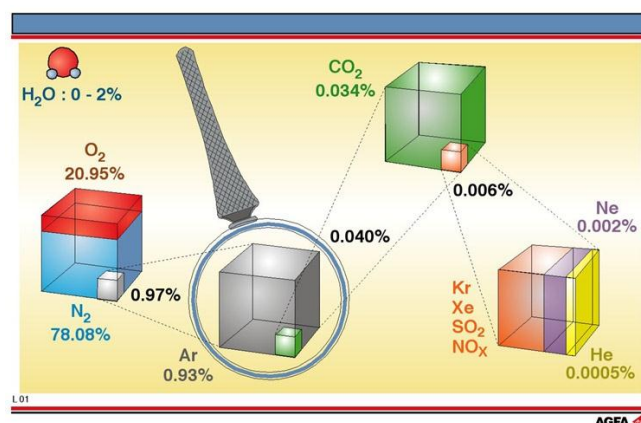
	Oorsprong van naam	Datum van ontdekking en ontdekker	Toepassingen
Helium	Gr Helios = zon	1895 Ramsay	Vulgas ballons wegens lage massadichtheid Mengsel helium(80%) en dzuurstof (20%) als kunst e atmosfeer voor duikers

Neon	Gr= neos = nieuw	1898 Ramsay en Travers	Vulgas voor neonlampen Koelmiddel om ander gasen vloeibaar te maken
Argon	Gr agros= inactief	1894 Rayleigh en Ramsay	Vulgas in lampen
Krypton	Gr kryptos : verborgen	1898 Ramsay en Travers	Beperkte toepassingen door hoge kostprijs
Xenon	Gr xenon: vreemd	1898 Ramsay en Travers	Elektrische ontladingsbuizen (bacteriedodende lampen) UV lampen
Radon	Lat radius	1900 Dorn	Radioactief gas Geneeskunde: in naalden om plaatselijke bestraling therapie toe te passen

In een normaal luchtmengsel bedraagt het gehalte aan distikstof 78 Volume % en dat van dizuurstof 21 volume%. Argon is met een gehalte van 0.94 volume% de derde meest voorkomende zuivere stof in de lucht.

Ook andere edelgasen komen voor in de lucht. Het gehalte is echter heel laag:

- helium 0.00052 vol%
- neon 0.0018 volume%
- krypton 0.00011 volume%
- xenon 0.0000087%



De overige elementen worden ingedeeld in metalen en niet-metalen.

Sommige metalen komen in de natuur voor als enkelvoudige stof. De meeste metalen komen voor in verbindingen. Indien het metaal in die verbinding in voldoende mate voorkomt om te winnen ervan economisch aanvaardbaar te maken, dan noemt men die verbinding een erts.

Met uitzondering van kwik, dat vloeibaar is, kunnen de metalen uit het erts afgezonderd worden als enkelvoudige stoffen.

Aluminium	Zilverwit, licht, goed rek- en pletbaar Chemisch zeer bestendig (dankzij een oxidelaag)	Folies Ramen en deuren kookpotten
Calcium	Zilverwit, zacht, aan de lucht snel bedekt met een oxidelaag	Belangrijke verbindingen (kalkcement, beenderbestanddeel)
Goud	Tamelijk zacht, zwaar edel (weinig reactief)	Munten, sieraden
Ijzer	Grijs, glanzend	Legeringen: gietijzer, staal

	Kan magnetisch gemaakt worden	
Koper	Rood Na zilver het best geleidend voor de elektrische stroom	Elektrotechniek, legeringen,
Kwik	Vloeibaar (smelttemperatuur -39°C, kooktemperatuur 357°C)	thermometers, tandtechniek (amalgam)
Lood	Blauwachtig (aan de lucht matblauw); geen glans, zwaar, zacht, gemakkelijk plet- en vervormbaar	Buizen, kabels, containers, platen van accu's
Magnesium	Zilverwit, aan de lucht snel mat, licht	lichte legeringen Lichtkogels en flitslampen en vliegtuigbouw
Natrium	Zeer week, lage smelttemperatuur en kooktemperatuur (883°C), zilverglans indien vers gesneden, maar direct aangetast, aan lucht ontvlambaar, reactief met water (wordt bewaard onder petroleum)	Belangrijke verbindingen (keukenzout, soda, zeep) Na als Na-gas in de oranje gasontladingslampen bij de wegverlichting
Platina	Grauwwit, glanzend, hard, zeer edel	Sieraden, katalysator bij veel processen (auto)
Zilver	Karakteristieke glans, harder dan goud, beste geleider voor elektrische stroom	Munten, sieraden, verbindingen in de fotografie
Zink	Grauwwit, met sterke glans die verdwijnt aan de lucht, gemakkelijk smelt- en bewerkbaar	Ijzeren voorwerpen worden vaak verzinkt, dakgoten, dakbedekking

Ook de niet metalen komen voor in samengestelde stoffen. Ze kunnen daaruit afgezonderd worden door de geschikte chemische reacties. Sommige niet-metalen komen als enkelvoudige stof voor in vaste toestand zoals koolstof, zwavel en fosfor. Andere niet-metalen zijn als enkelvoudige stoffen vloeibaar, zoals broom.

Tenslotte kunnen niet-metalen als enkelvoudige stof ook gasvormig zijn zoals zuurstofgas, stikstofgas, waterstofgas en chloorgas....

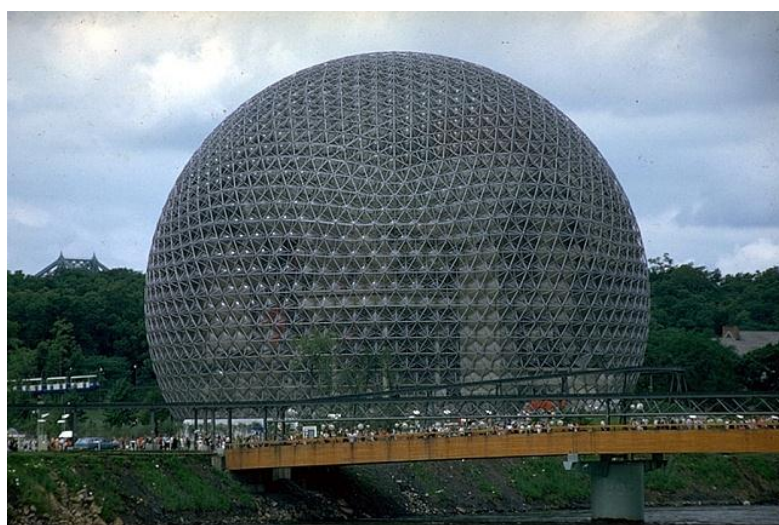
Dichloor	Groengeel gas (kookpunt - 34.6°C) met karakteristieke onaangename geur Zeer reactief	Desinfectiemiddel voor zwembadwater Bleekmiddel voor papier Belangrijke grondstof voor synthese van o.m.
Fosfor	Komt voor in twee kristalvormen:	Brandbommen

	-witte fosfor ontvlamt spontaan aan de lucht -rode fosfor niet-zelf ontvlambaar, niet giftig	Bestanddeel van wrijfvlak van luciferdoosje
Koolstof	Komt voor in grafiet, diamant en fullereen	Potlood (grafiet), sieraden en boorkoppen (diamant)
Distikstof	Kleur- en reukloos gas Weinig reactief Komt voor in lucht (78%) Wordt gewonnen door destillatie van vloeibare lucht	Bereiding van stikstofverbindingen zoals ammoniak Belangrijk voor de productie van kunstmest
Diwaterstof	Kleur- en reukloos Lichtste van alle gassen Zeer brandbaar	Knalgas: in vloeibare vorm raketbrandstof, vullingsgas voor ballonnen (zeppelin)
Dizuurstof	Kleur- en reukloos gas 21% in droge lucht	Beademing patiënten met ademhalingsmoeilijkheden
Zwavel	Smaak- en reukloze vaste stof, typische gele kleur, bros Komt in twee kristalvormen voor Komt als enkelvoudige stof voor in vulkanische gesteenten (Sicilië) Is een bijproduct van de raffinage van aardolie (ontzwaveling)	Wordt verwerkt tot zwavelzuur

### Opmerking:1 Buckyballs

Buckyballs worden de derde vorm van koolstof genoemd. Het spectaculaire van de buckyballs zit hem in de atoomstructuur: een bol van 60 C-atomen, die geometrisch gerangschikt zijn langs twaalf vijfhoeken en twintig zeshoeken die in elkaar grijpen. De officiële naam buckminsterfullereen verwijst naar de Amerikaanse architect Buckminster Fuller, die graag met vijf- en zeshoeken experimenteerde in zijn ontwerpen. Het verhaal begon in 1985 toen professor Harold Kroto van de universiteit van

Sussex vermoedde dat er in sommige sterren lange koolstofketens gevormd werden. Dat op te sporen in de ruimte bleek vrijwel onmogelijk, zodat Kroto samenwerking zocht met professor Richard Smalley van Houston, die in zijn laboratorium over de mogelijkheid



beschikte om de ruimte-omstandigheden op aarde zeer goed na te bootsen. Zonder al te veel enthousiasme ging Smalley op de vraag in, maar dat veranderde toen ze niet alleen lange koolstofketens vonden, maar ook een raadselachtig groot en stabiel molecuul, dat uit precies 60 koolstofatomen bestond. Vijf jaar later werd de bolvormige atoomstructuur bewezen. Door de stabiele opbouw kan de nieuwe koolstofvorm gebruikt worden om nieuwe materialen te ontwerpen en om nieuwe geneesmiddelen en batterijen te vervaardigen. Buckminsterfullerene biedt de mogelijkheid tot een groot aantal onverwachte toepassingen. Niet voor niets wordt het de belangrijkste chemische doorbraak genoemd sinds de ontdekking van de benzeenring in 1865.

## Opmerking 2 Het potlood

Het oorspronkelijk potlood was een stuk lood, dat zit in de naam potlood. Dit werd voornamelijk gebruikt om lijnen te trekken.

Nadien gebruikte men grafiet. De doorbraak kwam echter toen grafiet opgevolgd werd door wartlood, een gebakken mengsel van klei en grafiet. De Franse uitvinder Nicolas-Jacques Conté ontwikkelde wartlood in een houtverpakking in 1794.

Hij maakte een mengsel van klei, grafiet en water, bakte het bij 1200°C onder zuurstofarme omstandigheden. De stiften konden in plankjes met groeven gelijmd worden waarover een tweede plankje kwam. Hieruit werden daarna potloden gefreesd.

Door meer klei te gebruiken kreeg men hardere stiften.

Voor kleurpotloden vervangt men het grafiet door een mengsel van krijt, kalk en kleurstoffen.

Voorstelling:  $E_x$

met E: symbool van het element

x: index van het aantal atomen in een molecuul.

De index wordt via Griekse telwoorden aangeduid (behalve x=1).

De diatomische gassen waterstofgas, stikstofgas, fluorgas, chloorgas en zuurstofgas hebben als index 2.

Hun formules zijn bijgevolg  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $F_2$ ,  $Cl_2$ ,  $O_2$ .

Ook de vloeistof broom en de vaste stof jood zijn opgebouwd uit diatomische moleculen:  $Br_2$  en  $I_2$ .

De edelgassen zijn opgebouwd uit éénatomige moleculen: He, Ar, Ne.

Ook de metaaldampen bestaan uit losse atomen. In vaste metalen echter zijn de atomen allemaal aan elkaar gehecht. Men kan dan nog moeilijk van moleculen spreken tenzij men het stuk metaal als één reusachtig molecuul beschouwt. Daarom wordt het door een symbool voorgesteld: Cu, Ag, Fe.

### 6.3.1.2. Enkele enkelvoudige stoffen: dizuurstof en diwaterstof

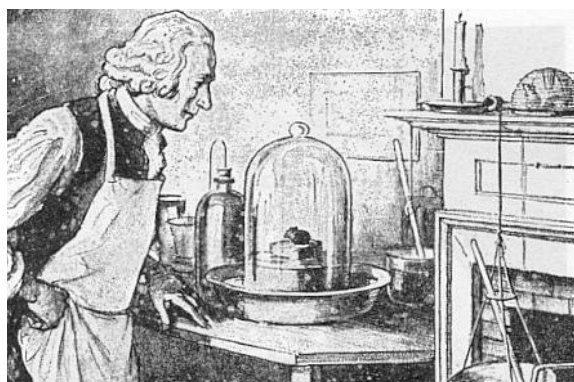
#### Dizuurstof

De ontdekking van dizuurstof wordt toegeschreven aan twee onderzoekers: de Zweeds-

Duitse apotheker Wilhelm Scheele (1742-1786) en de Engelse chemicus Joseph Priestley (1733-1804). Scheele ontdekte dizuurstof in 1773 e, onafhankelijk van hem Priestley in 1774, telkens door verhitting van kwikoxide.

Uitwijding:

*Op zondag 1 augustus 1774 concentreerde de Engelse dominee Joseph PRIESTLEY met behulp van een bolle lens zonnestralen op een oranje stof kwikoxide. Er ontstond een kleurloos gas dat hij door waterverplaatsing opving. Nadat hij vaststelde dat een brandende kaars in dit gas ongewoon hevig verder brandde, onderzocht hij de invloed van het nieuwe gas op de*



*ademhaling. Hij vulde een glazen stolp met het pas ontdekte gas en plaatste er een muis onder. In normale lucht zou de muis hoogstens een kwartier blijven leven. In het nieuwe gas hield de muis het bijna een uur vol. Hij schreef zijn waarneming neer als volgt: "Het zal de lezer niet verbazen dat, toen ik de gunstige invloed van dit gas op een muis had opgemerkt, ik niet aan de bekoring kon weerstaan zelf eens van dit gas te proeven. Het gevoel dat ik bij het*

*inademen ondervond, verschilde niet merkbaar van dat veroorzaakt door gewone lucht."* Priestley had ook opgemerkt dat het oranje poeder kwikoxide gaandeweg in zuiver kwik was omgezet. Hij kon dit verschijnsel niet verklaren. Jij weet ondertussen dat zuivere stoffen kunnen ontbinden in enkelvoudige stoffen: het kwikoxide werd door de zonne-energie gesplitst in kwikmetaal en zuurstofgas

Zuurstof is het meest voorkomend element op aarde. Het komt zowel voor in organische als in anorganische stoffen. Twee derde van de massa van het menselijk lichaam is zuurstof en 90% van de massa van water eveneens. Als enkelvoudige stof maakt het 21% uit van droge lucht.

Industrieel wordt dizuurstof uit lucht gehaald door destillatie van vloeibare lucht. Voor gebruik in het laboratorium kan men op verschillende manieren dizuurstof verkrijgen.

Dizuurstof is een kleur-, reuk- en smaakloos gas met een massadichtheid bij 20°C van 1.43 kg/m<sup>3</sup>. Het heeft een kooktemperatuur van -183°C en een smelttemperatuur van -218.9°C en is maar in geringe mate oplosbaar in water (7 mg/100 g bij 0°C).

Verbranding is een reactie met zuurstof. De verbranding gebeurt beter met zuivere dizuurstof dan met lucht. Een gloeiende houtspaander of een gloeiend propje staalwol ontvlamt in zuiver dizuurstof. Dizuurstof reageert met zowel metalen als niet-metalen tot vorming van oxiden.

Dizuurstof reageert tot trizuurstof of ozon onder invloed van Uv-licht of elektrische ontladingen zoals de bliksem of bepaalde elektrische apparaten.

Ozon komt in de hele atmosfeer van de aarde voor tot ongeveer 100 km hoogte. Maar ozon

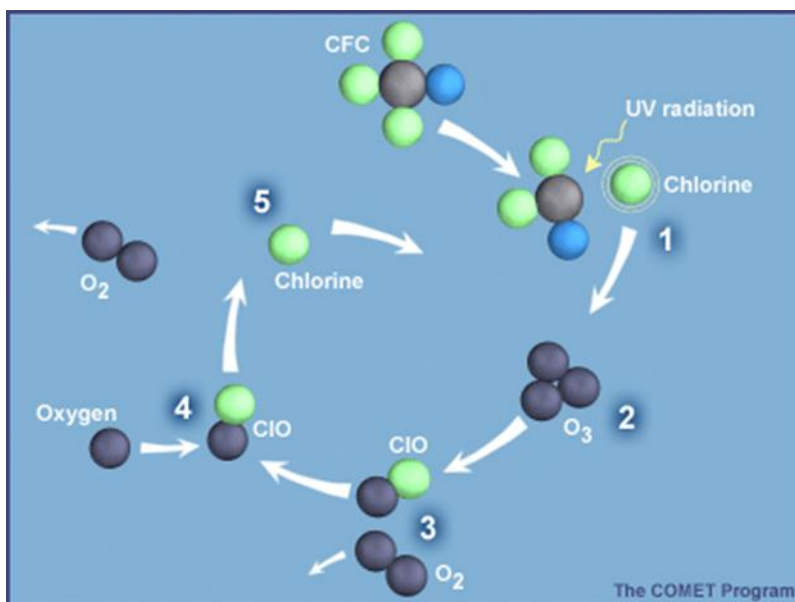
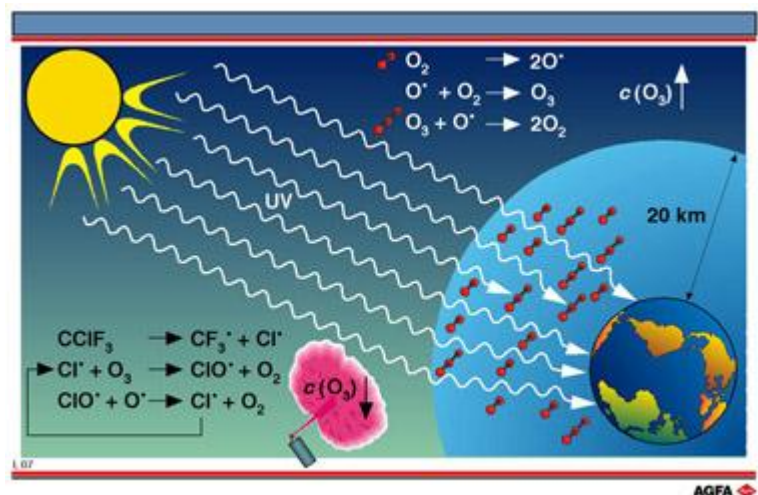


is vooral aanwezig in een band van 25 tot 50 km hoogte, de ozonlaag genoemd. Die ozonlaag absorbeert een deel van de Uv-straling van de zon en beschermt zo het leven op aarde tegen te veel dergelijke straling. De Uv-straling kunnen o.m. huidkanker en oogziekten zoals staar veroorzaken.

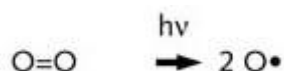
De vermindering van ozon in de stratosfeer werd in 1957 boven de Zuidpool opgemerkt en beschreven als het ozongat. De oorzaak is niet bekend, maar het probleem is waarschijnlijk te wijten aan eenvoudige verbindingen van koolstof, fluor en chloor zoals CClF<sub>3</sub>, de cfk's. Ze zijn bijzonder stabiel en werden o.a. gebruikt als drijfgas in spuitbussen, als koelvloeistof in koelinstallaties en bij de bereiding van schuimplastic. Ze stijgen langzaam op tot in de stratosfeer waar ze onder invloed van Uv-straling worden ontbonden. De chlooratomen die daarbij vrijkomen, tasten ozon aan. Eén chlooratoom kan duizenden ozonmoleculen afbreken.

In 1987 werd besloten tot de halvering van het cfk-verbruik tegen het jaar 2000.

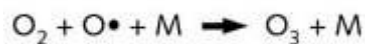
Wegens zijn grote reactiviteit van ozon en door zijn absorptie van de Uv-straling van de zon neemt het desondanks een belangrijke plaats in. Normaal gezien bestaat er een evenwicht tussen enkele reacties.



**1.** de splitsing van O<sub>2</sub> in twee zuurstofradicalen (O•) onder invloed van elektromagnetische straling (zonlicht)

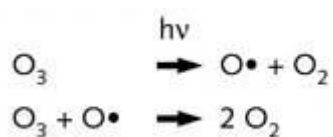


2.



Het molecule M is meestal  $\text{N}_2$  of  $\text{O}_2$ . Het neemt een deel van de reactie-energie op, zodat  $\text{O}_3$  meer stabiel wordt.

3. Anderzijds neemt  $\text{O}_3$  ook straling op zodat volgende reacties plaatsvinden:



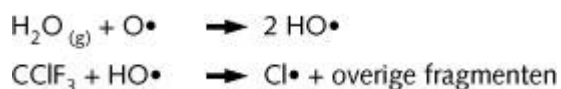
Deze reacties zorgen voor een ozonconcentratie in de stratosfeer die hoog genoeg is om de Uv-straling van de zon te absorberen. Hierdoor bereiken slechts weinig Uv-stralen de aarde.

Een aantal radicalen reageren met ozon. Hierdoor daalt de concentratie van ozon in de stratosfeer en kan het zijn taak als Uv-filter niet meer behoorlijk vervullen. De belangrijkste radicalen waarvoor de mensheid zelf verantwoordelijk is, zijn het chloorradicaal ( $\text{Cl}\bullet$ ) en het chlooroxy-radicaal ( $\text{ClO}\bullet$ ). Deze zijn afkomstig van CFK's (chloorfluorkoolwaterstoffen).

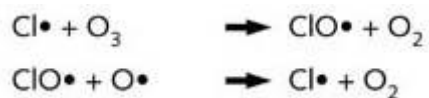
CFK's zijn op zeeniveau vrij inerte stoffen. Vele ervan zijn door drukverandering gemakkelijk vloeibaar of gasvormig te maken. Ze werden daarom vaak gebruikt als drijfgas in spuitbussen en als koelvloeistof in koelkasten en diepvriezers.

In de stratosfeer ontbinden deze CFK's onder invloed van de Uv-straling van de zon en ook door reactie met voornamelijk hydroxylradicalen ( $\text{HO}\bullet$ ).

Deze hydroxylradicalen ontstaan door een reactie van een watermolecule met een zuurstofradicaal.



Het chloorradicaal kan via een kringloop verscheidene  $\text{O}_3$ -moleculen ontbinden.



Eén chloorradicaal kan op die manier duizenden ozonmoleculen ontbinden. Deze kringloop

gaat overigens niet oneindig door. De radicalen verdwijnen uiteindelijk door een reactie met  $\text{NO}_2$



Door deze afbraak van de ozonmoleculen in de stratosfeer bereiken veel meer Uv-stralen de aarde.

Hieraan zijn een aantal nadelen verbonden, o.a. een toenemende kans op huidkanker.

Als alternatief voor CFK's wordt in spuitbussen nu vaak butaangas gebruikt. Dit merk je aan het brandgevaarsymbool op de spuitbus. In koelkasten wordt nu vaak gebruikgemaakt van HCFC's, bv.  $\text{CHF}_2\text{Cl}$ .

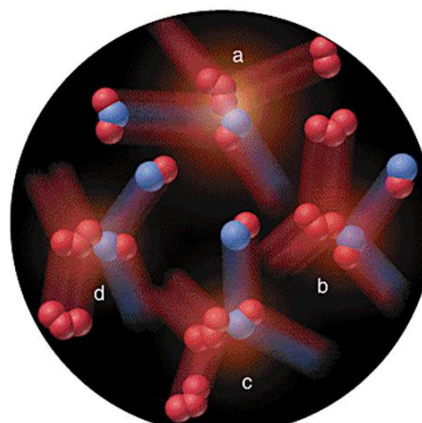
Deze gehydrogeneerde CFK's reageren reeds in de atmosfeer met HO-radicalen waardoor ze snel afgebroken worden en de stratosfeer niet bereiken.

## Ozon in strips



### Noot :

Waarom wordt deze vermindering van de ozonlaag (ozongat) vooral aan de zuidpool waargenomen?  $\text{NO}_2$ , de radicalenvanger, reageert met  $\text{HO}\cdot$  en  $\text{ClO}\cdot$ . Hierdoor wordt uiteindelijk



salpeterzuur ( $\text{HNO}_3$ ) gevormd. Door de extreem lage temperatuur van de zuidpoolwinter bevriest het salpeterzuur en vormt op die manier geen bron meer voor nieuwe  $\text{NO}_2$ -moleculen.

Dizuurstof is onontbeerlijk voor alle levende wezens die een ademhalingsmetabolisme hebben. Ze gebruiken dizuurstof bij de verbranding van voedingsbestanddelen. In de geneeskunde gebruikt men dizuurstof om patiënten met ademhalingsmoeilijkheden te behandelen. In de industrie gebruikt men er grote hoeveelheden van bij de fabricage van staal. In de chemische industrie is dizuurstof nodig bij de synthese van bijvoorbeeld methanol.

## Diwaterstof

De eer voor de ontdekking van diwaterstof komt toe aan Henry Cavendish (1731-1810). Hij achterhaalde dat water bestaat uit twee volumedelen diwaterstof en één volumedeel dizuurstof.

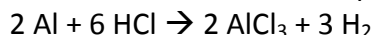
*Uitwijding: De ontdekking van waterstofgas*

Waterstofgas werd ontdekt door Sir Henry CAVENDISCH. In 1766 ontdekte hij dat waterstofgas kan bereid worden door zinkmetaal of ijzermetaal in zoutzuur of in verdund zwavelzuur te brengen. Hij noemde het nieuwe waterstofgas 'inflammable air from metals', vlamlucht uit metalen omdat hij dacht dat het uit het metaal kwam. Later zal je begrijpen dat het enkel uit het zuur kan komen. In 1781 ontdekte Cavendisch dat waterstofgas verbrandt tot water.

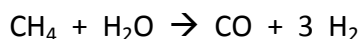
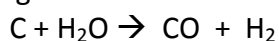


Waterstof is het meest voorkomend element in het universum. De zon en alle sterren bevatten hoofdzakelijk waterstof. Op de aardkorst komt het daarentegen maar weinig voor. Waterstof is vooral aanwezig in water en is dus in grote hoeveelheden aanwezig in het menselijk lichaam, in rivieren, meren, zeeën en oceanen. Als enkelvoudige stof komt het zelden voor.

Diwaterstof bereidt men door elektrolyse van water. Het ontstaat ook bij de reactie tussen niet-edele metalen met een HCl-oplossing.



Industrieel kan men diwaterstof bereiden door inwerking van stoom op gloeiende cokes of uit aardgas



Diwaterstof is een kleur- en reukloos gas met een dichtheid bij 20°C van 0.089 kg/m<sup>3</sup>: het is het lichtste van alle gassen. Diwaterstof heeft een kooktemperatuur van -253°C en een smelttemperatuur van -259°C.

Diwaterstof is zeer brandbaar en een mengsel met dizuurstof staat bekend als knalgas.

Diwaterstof werd gebruikt als vulmiddel voor ballonnen maar is omwille van zijn brandbaarheid vervangen. Vloeibare diwaterstof gebruikt men als raketvloeistof. Diwaterstof is vooral belangrijk als grondstof voor de bereiding van ammoniak en bij de productie van kunstmeststoffen.

### 6.3.2. Voorstelling van samengestelde stoffen

De moleculen van deze stoffen zijn opgebouwd uit atomen van meerdere atoomsoorten (elementen). De algemene brutoformule voor deze stoffen is:  $E_x E'_y$

Hierin zijn  $E$ ,  $E'$ ....: de symbolen van de elementen en  $x, y, \dots$  de indices, waarbij de index slechts hoort bij het symbool dat voorafgaat.

#### **Opmerking:**

De brutoformule van een zuivere stof geeft alleen informatie over de aard en de aantalverhouding van de erin voorkomende atomen. De onderlinge schikking van de atomen in de moleculen kan meestal niet afgeleid worden. Zo is het mogelijk dat door éénzelfde brutoformule verschillende stoffen worden voorgesteld.

$C_2H_6O$  is de brutoformule van drankalcohol, maar ook van diethylether.

Het onderscheid weergeven kan via de structuur- en de elektronenformules.

De volgorde van de symbolen van de atoomsoorten is bij overeenkomst vastgelegd.

Om meer dan één molecule van een zuivere stof voor te stellen wordt een coëfficiënt voor de bruto formules geplaatst.

Brutoformules worden alleen gebruikt om zuivere stoffen voor te stellen. Een mengsel is immers een verzameling van ongelijksoortige moleculen en het aantal moleculen van elke soort is bovendien niet standvastig.