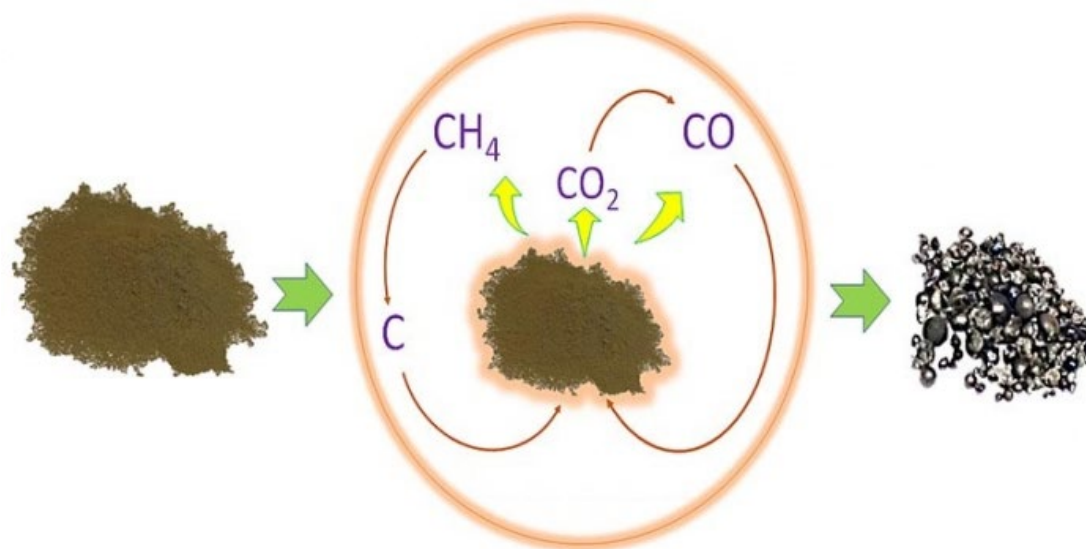


HOOGOVEN VOOR TONERPOEDER I

Klas	3 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen-reactieproducten
Trefwoorden	Tonerpoeder, koolstof, ijzeroxide, ijzer, reactievergelijkingen, formuletaal
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

c2w.nl, 16 november 2017

Hoogoven voor tonerpoeder



Bij 1550 °C kun je tonerresten uit kopieermachines omzetten in 98 % zuiver ijzer. De organische componenten van de toner blijken daarbij een perfecte koolstofbron, schrijven Australische onderzoekers in *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*.

De publicatie van Veena Sahajwalla en collega's van de universiteit van New South Wales in Sydney doet vermoeden dat het stom toeval is dat het zo goed werkt. Tonerpoeder bestaat uit ijzeroxide (in de praktijk Fe₃O₄), koolstof en een polymeer* als bindmiddel. Elke producent heeft zijn eigen recept en houdt zowel de chemische samenstelling als de morfologie van de korrels geheim.

De onderzoekers gebruikten bovendien geen homogene toner maar een mix van verschillende merken die ze kregen van een commercieel recyclingbedrijf

Wat er in de smeltkroes mee gebeurt kun je intussen wel raden: het polymeer valt uiteen in CO, CO₂ en CH₄, dat verder ontleedt tot C + 2 H₂. Net als in een hoogoven dienen C en CO vervolgens om Fe₃O₄ in stapjes om te zetten tot metallisch ijzer, met CO₂ als belangrijkste bijproduct.

In het lab gaat dit zó netjes dat je een product overhoudt met 97,73% Fe plus wat sporen Mn, Si en S die ook door de toner zaten. Maar, zoals gezegd, is dat misschien wel meer

geluk dan wijsheid - in elk geval zal het wel afhangen van het marktaandeel van de verschillende tonerfabrikanten, want dat bepaalt uiteindelijk de samenstelling van de mix.

Het is echter wel degelijk een interessante manier om af te komen van de toner in cartridges, die volgens de kopieermachine leeg zijn maar in de praktijk niet helemaal.

bron: American Chemical Society

**Polymeer is een plastic*

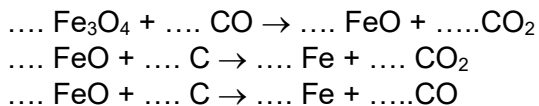
Australische onderzoekers hebben aangetoond dat ze uit tonerresten van kopieermachines ijzer kunnen maken.

- 1 Waarom is het belangrijk dat er uit de tonerresten ijzer gemaakt kan worden?

Blijkbaar speelt naast koolstof ook het bindmiddel een rol in de vorming van ijzer uit ijzeroxide, Fe_3O_4 , in de toner.

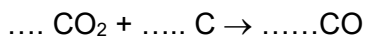
- 2 Welke rol speelt het bindmiddel in het proces van de vorming van ijzer?
- 3 Noteer de namen van de stoffen, CO_2 , CO en CH_4 , die ontstaan als het bindmiddel (een polymeer) bij hoge temperatuur uiteenvalt. Noteer je antwoord als volgt: CO_2 :; CO :; CH_4 :
- 4 Geef de symbolen van de elementen waaruit het polymeer van het bindmiddel zeker is opgebouwd. Licht je antwoord toe.
- 5 Geef de namen van de stoffen waarin CH_4 uiteenvalt.

Tijdens het proces treden enkele reacties op, waarvan de onvolledige vergelijkingen hierna zijn weergegeven:



- 6 Neem de onvolledige reactievergelijkingen over en maak ze kloppend.

Als nevenreactie treedt in het proces ook op:



- 7 Neem de onvolledige reactievergelijking over en maak hem kloppend.

Naast ijzer zitten er in het product ook sporen Mn, Si en S.

- 8 Geef de namen van de elementen Mn, Si en S waarvan sporen in de toner zaten. Noteer je antwoord als volgt. Mn:; Si:; S:
- 9 Leg uit waarom de schrijver van het artikel in de titel het woord *hoogoven* gebruikt om de verwerking van de tonerresten aan te duiden..

Hoogoven voor tonerpoeder

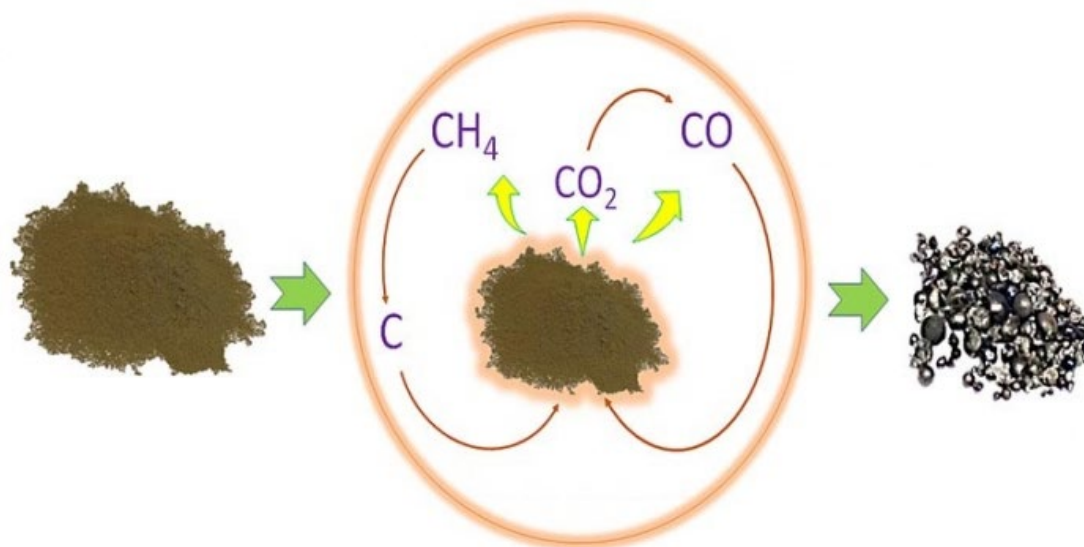
- 1 De ongebruikte toner kan zo gerecycled worden tot ijzer, dat weer gebruikt kan worden. Het is een manier om toner-afval onschadelijk te maken.
- 2 De producten die ontstaan uit het bindmiddel reageren met Fe_3O_4 waarbij ijzer ontstaat.
- 3 CO_2 : koolstofdioxide; CO : koolstofmono-oxide; CH_4 : methaan.
- 4 De producten die ontstaan uit het polymeer bevatten C, H, en O. De polymeren bevatten die elementen/atoomsoorten dus ook
- 5 Koolstof en waterstof.
- 6
$$\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO} \rightarrow 3 \text{FeO} + \text{CO}_2$$
$$2 \text{FeO} + \text{C} \rightarrow 2 \text{Fe} + \text{CO}_2$$
$$\text{FeO} + \text{C} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}$$
- 7
$$\text{CO}_2 + \text{C} \rightarrow 2 \text{CO}$$
- 8 Mn: mangaan; Si: silicium; S: zwavel.
- 9 In een hoogoven wordt uit ijzererts ijzer gemaakt. Hier wordt uit de toner ook ijzer gemaakt.

HOOGOVEN VOOR TONERPOEDER II

Klas	4 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Recycling
Trefwoorden	Tonerpoeder, koolstof, ijzeroxide, recycling, metallisch ijzer
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

c2w.nl, 16 november 2017

Hoogoven voor tonerpoeder



Bij 1550 °C kun je tonerresten uit kopieermachines omzetten in 98 % zuiver ijzer. De organische componenten van de toner blijken daarbij een perfecte koolstofbron, schrijven Australische onderzoekers in *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*.

De publicatie van Veena Sahajwalla en collega's van de universiteit van New South Wales in Sydney doet vermoeden dat het stom toeval is dat het zo goed werkt. Tonerpoeder bestaat uit ijzeroxide (in de praktijk Fe_3O_4), koolstof en een polymeer als bindmiddel. Elke producent heeft zijn eigen recept en houdt zowel de chemische samenstelling als de morfologie van de korrels geheim. (...)

Wat er in de smeltkroes mee gebeurt kun je intussen wel raden: het polymeer valt uiteen in CO , CO_2 en CH_4 , dat verder ontleedt tot $\text{C} + 2 \text{H}_2$. Net als in een hoogoven dienen C en CO vervolgens om Fe_3O_4 in stapjes te reduceren tot metallisch ijzer, met CO_2 als belangrijkste bijproduct.

In het lab gaat dit zó netjes dat je een product overhoudt met 97,73% Fe plus wat sporen Mn, Si en S die ook door de toner zaten. Maar, zoals gezegd, is dat misschien wel meer geluk dan wijsheid - in elk geval zal het wel afhangen van het marktaandeel van de verschillende tonerfabrikanten, want dat bepaalt uiteindelijk de samenstelling van de mix.

Het is echter wel degelijk een interessante manier om af te komen van de toner in cartridges, die volgens de kopieermachine leeg zijn maar in de praktijk niet helemaal. Er

zijn al eerder manieren bedacht om die toner te recyclen voor toepassingen die variëren van asfalt tot anodes voor lithiumaccu's, maar de Australiërs schatten dat jaarlijks 500 miljoen cartridges op de vuilstort belanden wegens gebrek aan alternatieven.

bron: American Chemical Society

Tonerpoeder bestaat uit ijzeroxide, koolstof en een bindmiddel.

- 1 Leg uit welke ionen aanwezig zijn in de formule voor 'ijzeroxide' die in het artikel gegeven wordt als Fe_3O_4 .
- 2 Geef de juiste naam voor Fe_3O_4 .

Bij het verhitten van het tonerpoeder ontstaan meerdere stoffen.

- 3 Welke stoffen ontstaan er?
- 4 Leg uit dat je deze stoffen kunt verwachten bij sterke verhitting.

De gevormde stoffen reageren met Fe_3O_4 tot metallisch ijzer en koolstofdioxide.

- 5 Geef de reactievergelijking van deze omzetting.

De beschreven werkwijze is een interessante manier om de inhoud van 'lege' cartridges te verwerken. Een volle cartridge bevat zo'n 150 g tonerpoeder.

- 6 Bereken hoeveel g ijzer er met de 500 miljoen cartridges gevormd kan worden als je uitgaat dat er nog 5% tonerpoeder in 'lege' cartridges zit met 95% ijzeroxide.

Wereldwijd wordt er jaarlijks zo'n 1300 miljoen ton ijzer in de vorm van staal geproduceerd.

- 7 Bereken hoeveel procent de terugwinning van ijzer uit tonerpoeder hieraan bijdraagt.

Hoogoven voor tonerpoeder

- 1 Het bevat 4 oxide-ionen met formule O^{2-} , dus totaal 8—. Dan moeten de drie ijzerionen samen 8+ zijn: 2 Fe^{3+} en 1 Fe^{2+} .
- 2 ijzer(II)ijzer(III)oxide.
- 3 Er ontstaan koolstof, koolstofmono-oxide, koolstofdioxide en methaan (dat verder uiteenvalt in koolstof en waterstof).
- 4 Bij de hoge temperatuur ontleden de polymeren. De polymeren bevatten koolstof, waterstof en zuurstof als atoomsoorten.
- 5 $Fe_3O_4 + 4 CO \rightarrow 3 Fe + 4 CO_2$.
- 6 500 miljoen 'lege cartridges' bevatten nog $500 \cdot 10^6 \times 5/100 \times 150 \text{ g} = 3,75 \cdot 10^9 \text{ g}$ toner. Hiervan is 95% ijzeroxide dus $95/100 \times 3,75 \cdot 10^9 = 3,6 \cdot 10^9 \text{ g}$ Fe_3O_4 . Het massapercentage ijzer in Fe_3O_4 is $3 \times 55,85 / 231,53 \times 100\% = 72,4 \text{ massa\%}$ ijzer. Dus er kan maximaal $72,4/100 \times 3,6 \cdot 10^9 = 2,6 \cdot 10^9 \text{ g}$ ijzer gevormd worden.
- 7 1300 miljoen ton is de jaarproductie. 1 ton = 1000 kg, 1 kg = 1000 g. Dus de jaarproductie is $1,3 \cdot 10^{15} \text{ g}$ staal. Dus het percentage is: $2,6 \cdot 10^9 / 1,3 \cdot 10^{15} \times 100\% = 2,0 \cdot 10^{-4}\%$.

WAAROM MAAKT WATER PAPIER ZWAK?

Klas	4,5 hv
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Stofeigenschappen
Trefwoorden	Papier, cellulose, glucose, H-bruggen
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

Quest, december 2017



Waarom maakt water papier zo zwak?

Dat komt doordat water verbindingen verzwakt die het papier normaal gesproken zijn sterkte geven. Papier bestaat uit celluloseketens van aan elkaar gekoppelde glucosemoleculen. Stop je papier in water, dan schoppen de watermoleculen de koppelingen in de war. De celluloseverbindingen worden opgeknapt en daardoor steeds kleiner. Zo verzwakt het papier naarmate het natter en natter wordt.

Bron: Quest

Papier wordt zwakker als het in aanraking komt met water. Het artikel zegt: "Dat komt doordat water verbindingen verzwakt".

1 Leg uit dat het woord 'verbindingen' hier niet juist is gebruikt.

Dan staat er: "Papier bestaat uit celluloseketens van aan elkaar gekoppelde glucosemoleculen".

In Binas tabel 67F3 staat de structuurformule van een deel van een celluloseketen.

2 Welke koppelingen zorgen op microniveau voor de samenhang tussen verschillende celluloseketens onderling?

"Stop je papier in water, dan schoppen de watermoleculen de koppelingen in de war.", gaat het artikel verder.

- 3 Welk gevolg heeft dat voor twee naast elkaar liggende celluloseketens?
- 4 Welk gevolg heeft dit op macroniveau?

In het artikel worden micro- en macroniveau door elkaar gebruikt.

- 5 Geef aan waar in het artikel gesproken wordt over microniveau.
- 6 Geef ook aan waar in het artikel gesproken wordt over macroniveau.

Het artikel sluit af met “de celluloseverbindingen worden opgeknipt”

- 7 Wat zou daarvan uiteindelijk het gevolg zijn?
- 8 Ben jij het eens met deze laatste bewering in het artikel? Licht je antwoord toe.

Waarom maakt water papier zo zwak?

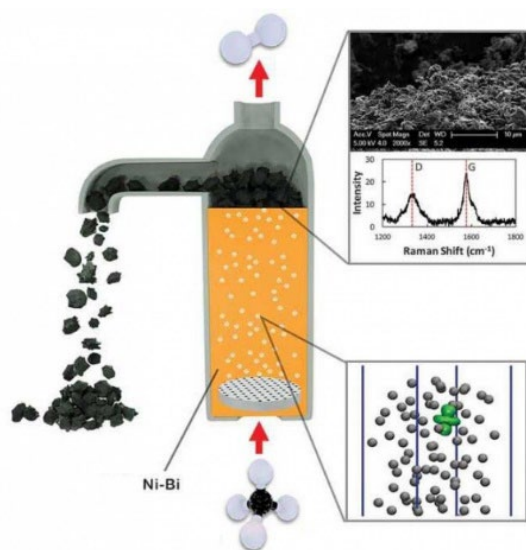
- 1 Een verbinding is een stof waarvan de moleculen/deeltjes opgebouwd zijn uit meerdere atoomsoorten. Wat men bedoelt is binding.
- 2 Waterstofbruggen en vanderwaalsbindingen.
- 3 Ze kunnen makkelijker langs elkaar schuiven.
- 4 Het papier wordt minder sterk.
- 5 Bindingen worden verzwakt = microniveau. Celluloseketens van aan elkaar gekoppelde glucosemoleculen = microniveau. Celluloseketens worden steeds kleiner = microniveau.
- 6 Stop je papier in water = macroniveau. Zo verzwakt het papier naarmate het natter en natter wordt = macroniveau.
- 7 Dat het papier zou oplossen.
- 8 Nee, niet eens. De celluloseketens blijven intact, alleen hun samenhang verandert. (Voor opknippen zou hydrolyse van de keten moeten optreden. Daarvoor zijn de omstandigheden niet aanwezig.)

GESMOLTEN METAAL KRAAKT METHAAN

Klas	4 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen-reactieproducten
Trefwoorden	Methaan, pyrolyse, waterstof, katalysator, inert, metaalmengsel, nikkel, bismut
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

c2w.nl, 16 november 2017

Gesmolten metaal kraakt methaan



In een gesmolten metaallegering kun je methaan pyrolyseren tot waterstof en pure koolstof. Zonder dat er koolstofdioxide wordt gevormd, beloven Eric McFarland en collega's van de University of California (Santa Barbara) in *Science*.

De truc is dat je een metaal dat de omzetting katalyseert, zoals nikkel, platina of palladium, oplost in een metaal dat katalytisch inert is en een lager smeltpunt heeft. Denk aan indium, gallium, tin, lood of bismut.

Over het algemeen heeft zo'n combinatie een nog lager smeltpunt dan de losse componenten.

Laat je methaan hier doorheen borrelen, dan komt de waterstof er vanzelf van boven uit. Koolstof is niet mengbaar met de meeste metaallegeringen en het heeft een lagere soortelijke massa, dus het komt vanzelf bovendrijven waarna je het er gewoon kunt afscheppen. Daarin zit meteen het grote voordeel ten opzichte van vaste metalen als katalysator: na een tijdje worden die gedeactiveerd doordat er een ondoordringbare laag koolstof op blijft plakken.

McFarland probeerde het uit in een 1,1 meter hoge bellenkolom met een legering van 27 % nikkel en 73 % bismut. Bij 1065 °C werd 95 % procent van het toegevoerde methaan omgezet.

McFarland denkt dat de toevoeging van een katalysator het haalbaar maakt om op prijs te kunnen concurreren met *steam reforming*, het meest toegepaste industriële productieproces voor waterstof. Dat zou betekenen dat het goedkoper is dan bijvoorbeeld water splitsen met behulp van duurzaam opgewekte elektriciteit. Steam reforming levert wél koolstofdioxide op, maar een eventuele CO₂-taks is in de berekening niet eens meegenomen.

bron: *Science*

Een nieuwe manier om waterstof uit methaan te maken, maakt gebruik van gesmolten methaan.

Pyrolyse

In een mengsel van gesmolten metalen kun je methaan pyrolyseren.

- 1 Wat versta je onder pyrolyseren?
- 2 Geef de vergelijking van de pyrolysereactie.

De reactie vindt plaats in een vloeibaar mengsel van twee metalen.

- 3 Hoe noem je een metaalmengsel ook wel?
- 4 Wat is de functie van elk van beide metalen in het pyrolyseproces?

Onderzoeker McFarland gebruikte een mengsel van nikkel en bismut. Het gesmolten metaalmengsel had een temperatuur van 1065 °C.

- 5 Leg uit dat bij die temperatuur bismut vloeibaar is.
- 6 Leg uit dat je beter kunt spreken van het oplossen van nikkel in bismut dan van het mengen van beide metalen.

De onderzoekers lieten methaan door de reactor borrelen. De gevormde koolstof komt dan bovenop het gesmolten metaalmengsel drijven.

- 7 Leg uit waarom koolstof drijft op het metaalmengsel. Gebruik getalswaarden uit Binas.

Steam reforming

Er worden in het artikel over McFarland en collega's nog twee andere manieren genoemd om waterstof te produceren: 'steam reforming' (stoomreforming) en elektrolyse.

Stoomreforming

Stoomreforming (kortweg **reforming** genoemd) is een chemisch proces waarbij een koolwaterstof in aanwezigheid van stoom en eventueel een katalysator wordt omgezet in een waterstofrijk gasmengsel, ook wel reformaat genoemd.

De meeste toegepaste reformeringstechniek, tevens de meest toegepaste methode om waterstofgas te maken, is stoomreforming van aardgas. Hierbij wordt aardgas samengevoegd met stoom bij een temperatuur van 850°C en een druk van 25 bar.

Bron: Wikipedia

Steam reforming verloopt in twee stappen: allereerst wordt methaan met stoom in een endotherme reactie omgezet in koolstofmono-oxide en waterstof. Daarna reageert het koolstofmono-oxide met extra toegevoegde stoom in een exotherme reactie tot koolstofdioxide en waterstof.

- 8 Geef beide reacties in vergelijkingen weer.
- 9 Laat via een berekening zien dat de eerste reactie endotherm en de tweede reactie exotherm is.

De onderzoekers van het pyrolyseproces denken met het gebruik van een katalysator hun nieuwe proces concurrerend te maken met steam reforming. En dat het goedkoper is dan elektrolyse van water om waterstof te produceren.

- 10 Leg uit hoe het gebruik van een katalysator kan leiden tot een goedkoper proces.
- 11 Geef de elektrolyse van water in een vergelijking weer.
- 12 Leg uit of je het elektrolyseproces groen kunt noemen.
- 13 Bereken het energie-effect van de elektrolyse van water.
- 14 Welk probleem kan bij steam reforming nog een rol spelen?

Gesmolten metaal kraakt methaan

- 1 Pyrolyse is een ontledingsreactie door middel van verhitting.
- 2 $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C} + 2 \text{H}_2$.
- 3 Legering of alliage.
- 4 één metaal, bijvoorbeeld nikkel dient als katalysator, het andere, bijvoorbeeld bismut, is het metaal dat al bij lagere temperatuur vloeibaar wordt.
- 5 Bismut heeft een smeltpunt van 545 K, dus $545 - 273 = 272 \text{ }^\circ\text{C}$.
- 6 Nikkel heeft een smeltpunt van 1728 K, dus $1728 - 273 = 1455 \text{ }^\circ\text{C}$. Bij de werkt temperatuur van $1065 \text{ }^\circ\text{C}$ is zuiver nikkel dus nog een vaste stof.
- 7 De dichtheid van koolstof is $2,2 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$, van bismut $9,79 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ en van nikkel $8,90 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$. Koolstof heeft een veel lagere dichtheid dan bismut en nikkel, dus drijft.
- 8 $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3 \text{H}_2$. Daarna: $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$.
- 9 Eerste reactie: $\Delta E = -1,105 \cdot 10^5 + 0,75 \cdot 10^5 + 2,42 \cdot 10^5 = + 2,07 \cdot 10^5 \text{ J/mol CO}$.
Tweede reactie: $\Delta E = -3,935 \cdot 10^5 + 1,105 \cdot 10^5 + 2,42 \cdot 10^5 = - 0,41 \cdot 10^5 \text{ J/mol mol CO}_2$.
- 10 Een katalysator laat het proces sneller verlopen zodat bij een lagere temperatuur al voldoende geproduceerd wordt per tijdseenheid.
- 11 $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$.
- 12 Ja, want er wordt gebruik gemaakt van duurzaam opgewekte elektriciteit.
- 13 $\Delta E = 2 \times +2,86 \cdot 10^5 = + 5,72 \cdot 10^5 \text{ J/ 2 mol H}_2\text{O}$.
- 14 De productie van koolstofdioxide.

Opmerking: vragen 8, 9 en 10 kunnen niet rechtstreeks uit het artikel afgeleid worden, vandaar tussenvoeging stoomreforming.

WERELDPRIMEUR: DEMONSTRATIEFABRIEK VOOR RECYCLING BROOMHOUDEND PIEPSCHUIM

Klas	5,6 v
Subdomein	Industriële Processen en Groene Chemie
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Blokschema's
Trefwoorden	Recycling, duurzaamheid, halfreacties, circulaire economie, broom, EPS,
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.engineeringnet.nl, 13 november 2017

Wereldprimeur: demonstratiefabriek voor recycling broomhoudend piepschuim



De komende jaren komen door de sloop van oude woningen in Europa honderdduizenden tonnen van dit afval vrij, en PolyStyreneLoop recycleert dit in Terneuzen tot schoon polystyreen.

ENGINEERINGNET.NL - De broomhoudende vlamvertrager HBCD* is sinds 2015 in Europa verboden, omdat de schadelijke substantie niet biologisch afbreekbaar is, aldus de Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie. Bouwpiepschuim werd in de jaren '60 gebruikt om huizen te isoleren en bevatte uit brandveiligheidsoverwegingen de broomhoudende vlamvertrager HBCD.

PolyStyreneLoop start in 2018 met de bouw van een demonstratiefabriek in Terneuzen, gelegen naast chemiebedrijf ICL-IP. In deze fabriek wordt polystyreen opgelost in een mengsel van organische oplosmiddelen. Zo is het mogelijk om verontreinigingen en additieven, zoals HBCD, eruit te vissen.

Wat overblijft is schoon polystyreen, dat probleemloos is te gebruiken voor allerlei nieuwe

producten. Het broomhoudende residu wordt door ICL-IP gezuiverd in hun Broom Recovery Unit. Deze gezuiverde broom is de grondstof voor gebromeerd butylstyreenrubber: de nieuwe generatie brandvertrager voor polystyreen. Die brandvertrager is niet schadelijk voor mens en milieu, en ook eenvoudig te hergebruiken.

De demonstratiefabriek gaat naar verwachting ruim 6,5 miljoen euro kosten. Daarbij komt nog eens twee miljoen euro aan extra kosten voor grondaankoop, inrichting van het terrein en de voorbereidingskosten. Er komt ook een pijpleiding tussen de demonstratiefabriek en ICL-IP.

De Rabobank draagt 4,5 miljoen euro aan het project bij. Ook heeft PolyStyreneLoop 2,7 miljoen euro LIFE-subsidie van de EU ontvangen.

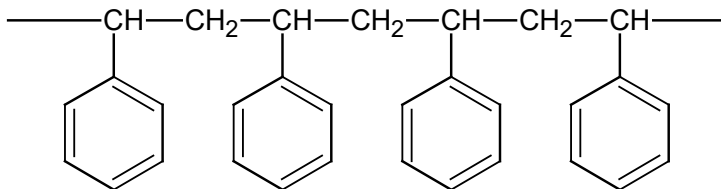
PolyStyreneLoop wil de komende jaren fabrieken openen in het oosten van Nederland, Duitsland en in andere Europese landen. Naar schatting komt alleen al volgend jaar in Europa tot 150.000 ton broomhoudend piepschuim vrij.

Daarnaast wil het bedrijf ook elektronicaverpakkingen en polystyreen uit afgedankte caravans en koelwagens verwerken, als deze HBCD bevatten.

**In het Engels wordt ook afkorting HBCDD gebruikt*

Vanwege het te verwachten grote aanbod aan broomhoudend EPS-afval uit de bouw, heeft de betrokken industrie het initiatief genomen voor een proeffabriek voor recycling.

Geëxpandeerd polystyreen (Engelse afkorting: EPS, expanded polystyrene) of PS-hardschuim is een karakteristieke en vrijwel altijd witte kunststof, in de volksmond piepschuim genoemd. Een kubieke meter EPS bevat ongeveer 10 miljoen bolletjes, ook wel parels genoemd. Elke parel heeft ongeveer 3000 gesloten, met gas gevulde cellen. Naar volume bestaat EPS slechts voor 2% uit polystyreen en voor 98% uit gas. EPS heeft een erg kleine dichtheid van 15 tot 40 kg/m³.



Figuur 1 structuurformule polystyreenketen

EPS wordt op grote schaal gebruikt als isolatiemateriaal in de bouw en bevatte tot voor kort HBCD, een broomhoudende vlamvertrager. Dat maakt het lastig om EPS te recyclen: goed voor de brandveiligheid, maar lastig voor de recycling.

Tot nu toe werd EPS verbrand. Het afgedankt materiaal leverde dan in ieder geval energie op.

1 Waarom is dit nieuwe proces beter in vergelijking met verbranden?

EPS

In het artikel staat dat 150.000 ton EPS gaat vrijkomen in 2018.

2 Bereken hoeveel m³ polystyreen dit is.

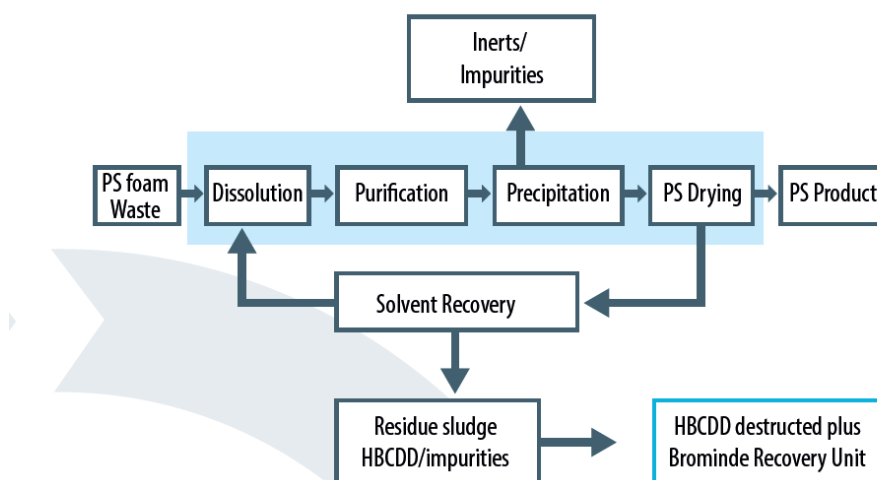
Tijdens het recyclingsproces van het broomhoudende polystyreen lost men het broomhoudende polystyreen op in een mengsel van organische oplosmiddelen.

- 3 Leg uit welke voordelen het heeft als men het broomhoudende polystyreen al bij de verschillende bouwlocaties zou oplossen in de oplosmiddelen.

Recyclingsproces

Onderzoekers van het Fraunhofer instituut in Duitsland hebben het proces voor de scheiding van de stoffen ontwikkeld. In figuur 2 staat een vereenvoudigde weergave van het ontwikkelde proces.

PSLoop -CreaSolv® PROCESS: solvent-based material recovery



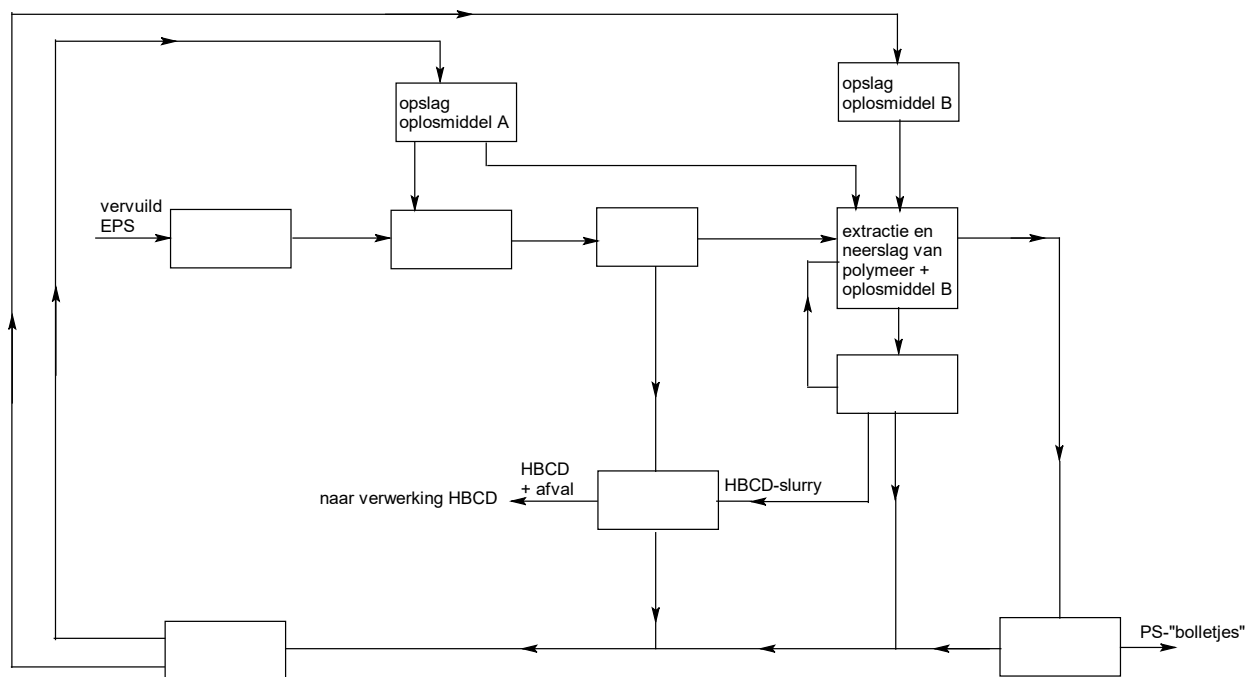
Figuur 2 (PS = polystyreen, HBCDD: vlamvertrager))

De 3 belangrijkste stappen in het proces zijn:

- Oplossen van het EPS met behulp van een selectief oplosmiddel (oplosmiddel A); andere bestanddelen in de afvalfractie blijven onopgelost;
- Het scheiden van verontreinigingen uit de teruggewonnen polymeeroplossing;
- Het neerslaan van het PS (polystyreen) uit de gezuiverde polymeeroplossing met oplosmiddel B); hierbij ontstaat een polymeergel van PS waarin ingesloten een deel van het gebruikte oplosmiddel B.

Deze drie stappen worden aangevuld met processen zoals verkleinen/versnipperen, indampen/destilleren, drogen en maken van het product (E)PS.

In figuur 3 staat het uitgebreidere maar onvolledige blokschema van het proces weergegeven.



Figuur 3

In het onvolledige blokschema ontbreken de volgende processen (op alfabetische volgorde):

Destilleren
Drogen
Filtreren
Indampen
Oplossen
Versnipperen
Verwarmen

4 Vul in het blokschema in de bijlage het juiste proces in het juiste blok in.

5 Vul in het blokschema in de bijlage langs de pijlen de juiste stof(fen) in.

Oplosmiddelen A en B

Om twee stoffen te kunnen mengen moet de polariteit van de deeltjes van deze twee stoffen overeenkomen. In tabel 1 staan de mogelijk gebruikte oplosmiddelen van het proces en van polystyreen gegeven

Tabel 1

		Dipoolmoment (10^{-30} Cm)
Oplosmiddel A	Ethylacetaat	6,2
Oplosmiddel B	Pentaaan	0
	Polystyreen	1,2-1,4

Polystyreen lost goed op in ethylacetaat (oplosmiddel A) ofschoon je dit op basis van het dipoolmoment niet zou verwachten.

6 Leg uit waardoor dit oplossen van polystyreen in ethylacetaat mogelijk is.

Als men pentaan (oplosmiddel B) toevoegt aan de polystyreen/HBCD-ethylacetaatoplossing ontstaat een suspensie van een polystyreen-pentaangel en HBCD-ethylacetaatoplossing. De polystyreen-pentaan gel scheidt zich af van de HBCD-ethylacetaatoplossing.

7 Leg uit waardoor HBCD goed oplost in ethylacetaat en niet in pentaan.

De polystyreen-pentaangel ontstaat doordat pentaanmoleculen ingesloten raken tussen de polystyreenketens.

8 Noteer de naam van de binding die optreedt tussen de pentaanmoleculen en de polystyreenketens

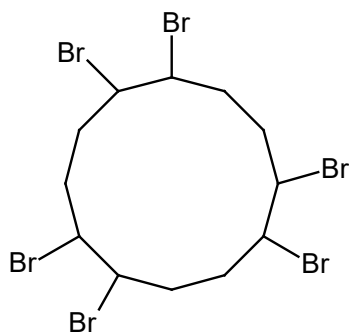
Oplosmiddel B wordt altijd zo gekozen dat het ook als blaasmiddel kan fungeren bij het maken van EPS.

De gel wordt gedroogd zodat aanhangend pentaan verdampt. Er ontstaan dan PS bolletjes met ingesloten pentaan. Om EPS te krijgen, verwarmt men de bolletjes.

9 Leg uit welke stofeigenschap bij de keuze van oplosmiddel B voor het gebruik als blaasmiddel van belang is.

HBCD

EPS en HBCD worden door het Creasolv proces van elkaar gescheiden. De afkorting HBCD van de nu verboden vlamvertrager komt van de naam *hexabroomcyclododecaan*. In figuur 4 staat de structuurformule van een HBCD molecuul getekend.



Figuur 4 Structuurformule HBCD

De naam hexabroomcyclododecaan is voor het molecuul met deze structuurformule niet volledig.

10 Geef de volledige rationele naam.

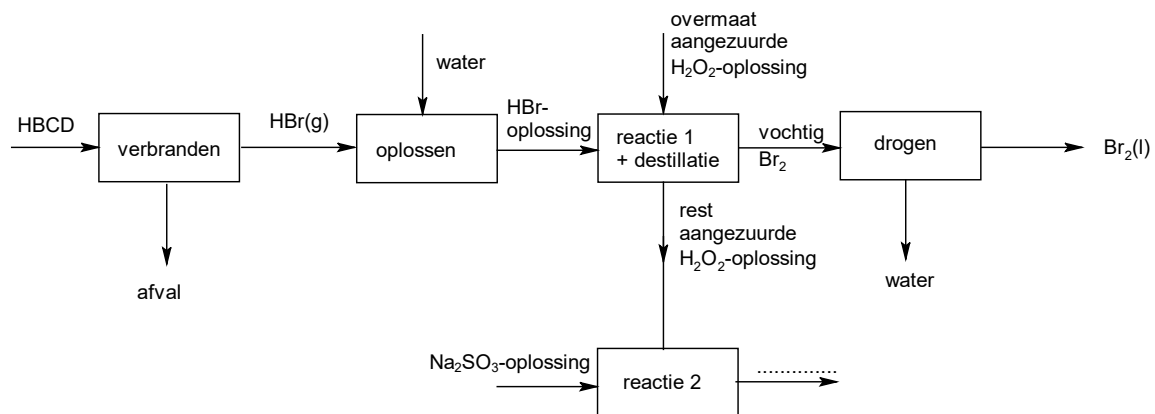
Bij de Europese wetgeving in 2013 over het uitsluiten van HBCD als vlamvertrager bleek dat het bij de verbinding met de structuurformule in figuur 4 om meerdere verschillende stoffen kon gaan.

11 Leg uit waardoor bij de structuurformule die is getekend in figuur 4 meerdere isomeren mogelijk zijn.

Broom Recovery Unit

Na het Creasolv proces wordt de gerecyclede stof HBCD naar de *Broom Recovery Unit* getransporteerd om daar te worden omgezet in onder andere broom.

In figuur 5 staat het blokschema van de Broom Recovery unit.

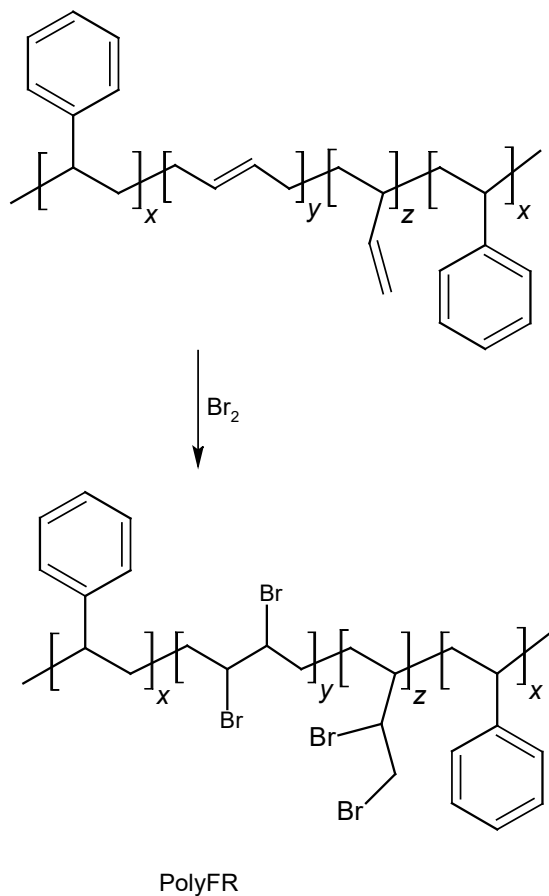


Figuur 5 Blokschema van de Broom Recovery unit

- 12 Stel met behulp van de halfreacties de reactievergelijking op voor reactie 1.
- 13 Leg uit of bij de destillatie het ontstane broom of de H_2O_2 -oplossing het residu is bij de destillatie.
- 14 Leg aan de hand van de halfreacties uit welke stofstroom bij reactie 2 ontstaat.

Nieuwe vlamvertrager

Het gerecyclede broom wordt gebruikt voor de productie van de nieuwe brandvertrager polyFR (gebromeerd styreen-butadien copolymeer). In figuur 6 staat de reactie voor de productie van polyFR uitgaande van het styreen-butadien copolymeer.



Figuur 6

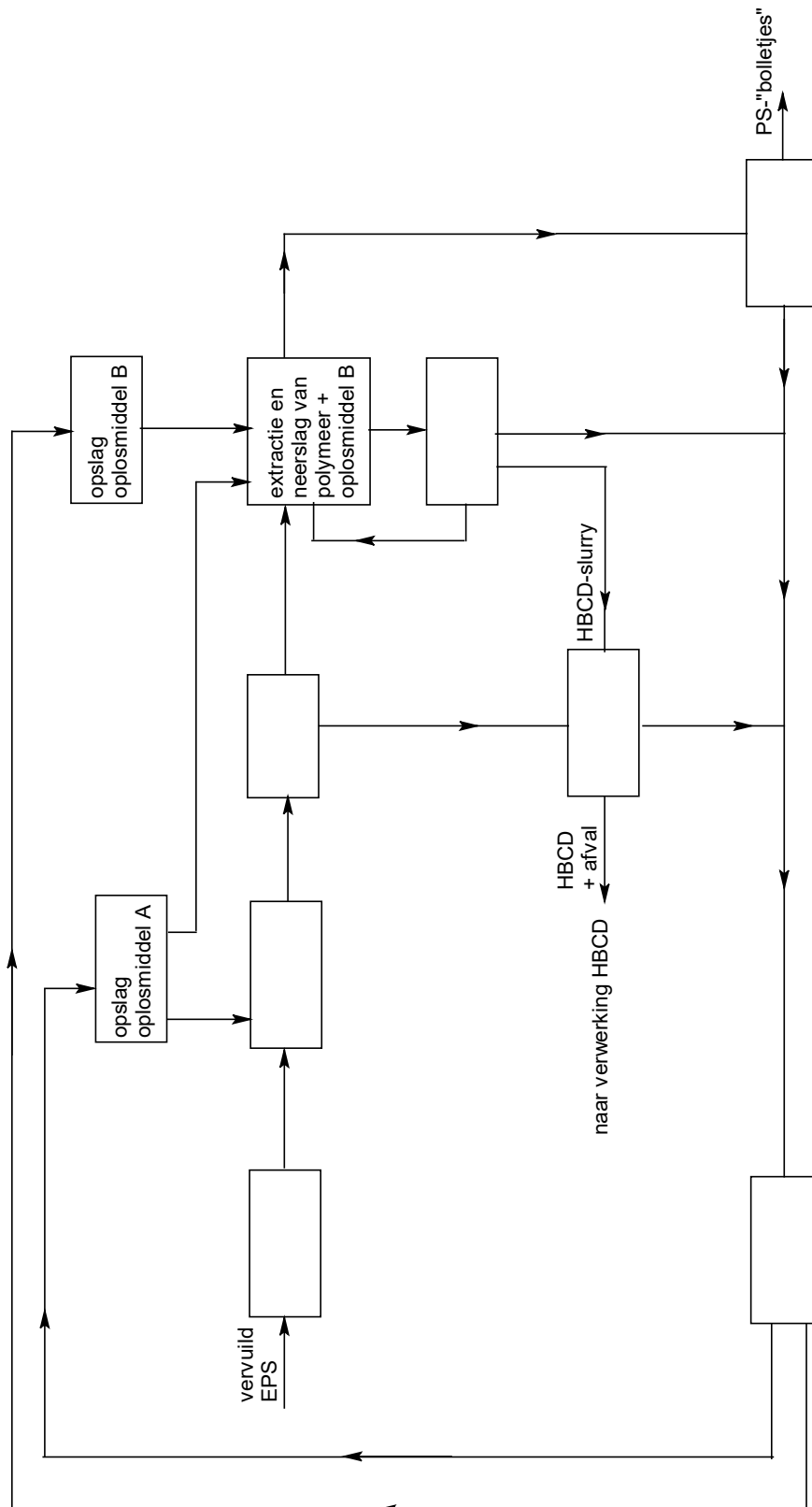
- 15 Geef de naam van het type reactie dat optreedt.

Circulaire economie

In de foto (artikel) staat op een bord "The circular economy in action". De circulaire economie is een economisch systeem dat bedoeld is om herbruikbaarheid van producten en grondstoffen te maximaliseren en waarde vernietiging te minimaliseren.

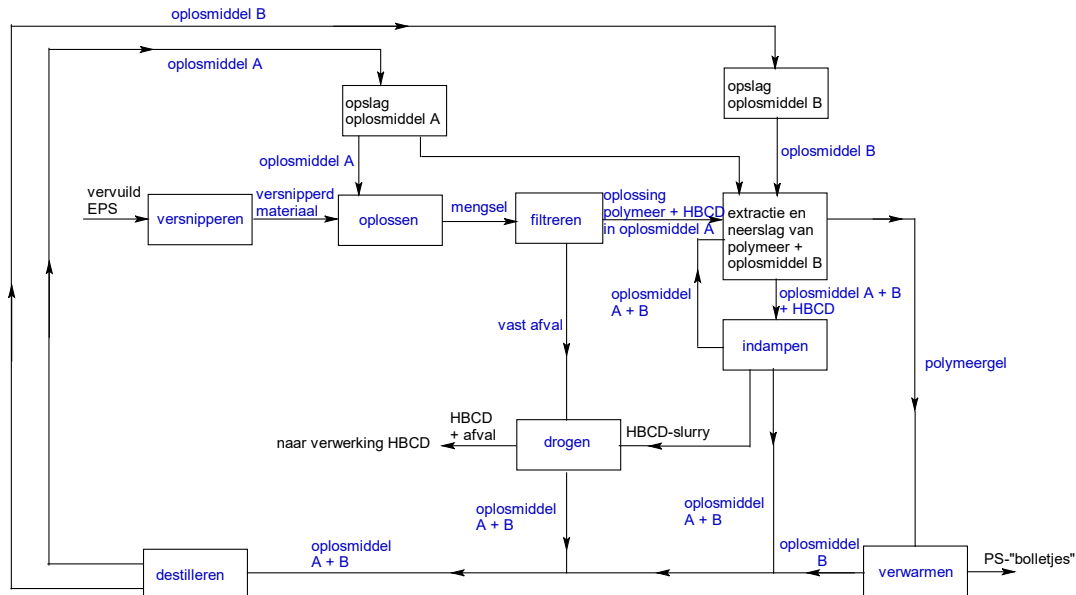
16 Leg uit dat de tekst op het bord voor de nieuwe demonstratiefabriek van toepassing is.

Bijlage
Antwoord 3 en 4

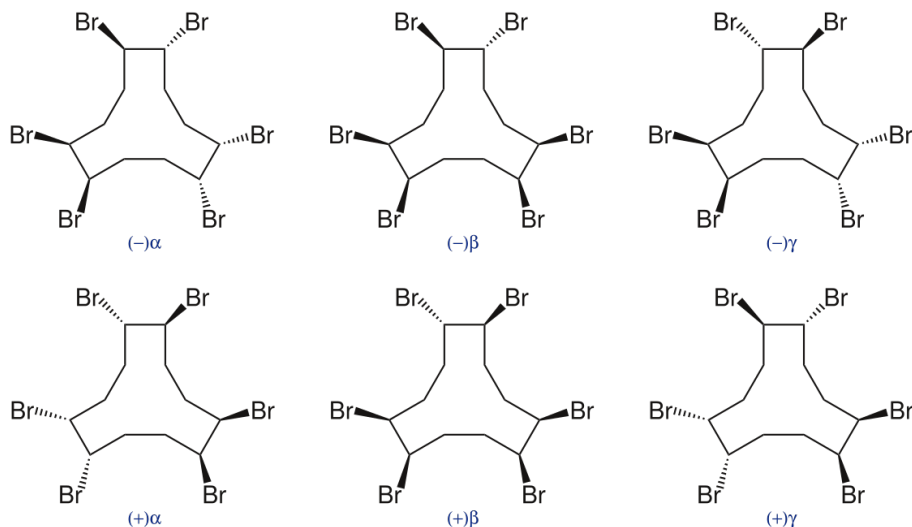


Wereldprimeur: demonstratiefabriek voor recycling broomhoudend piepschuim

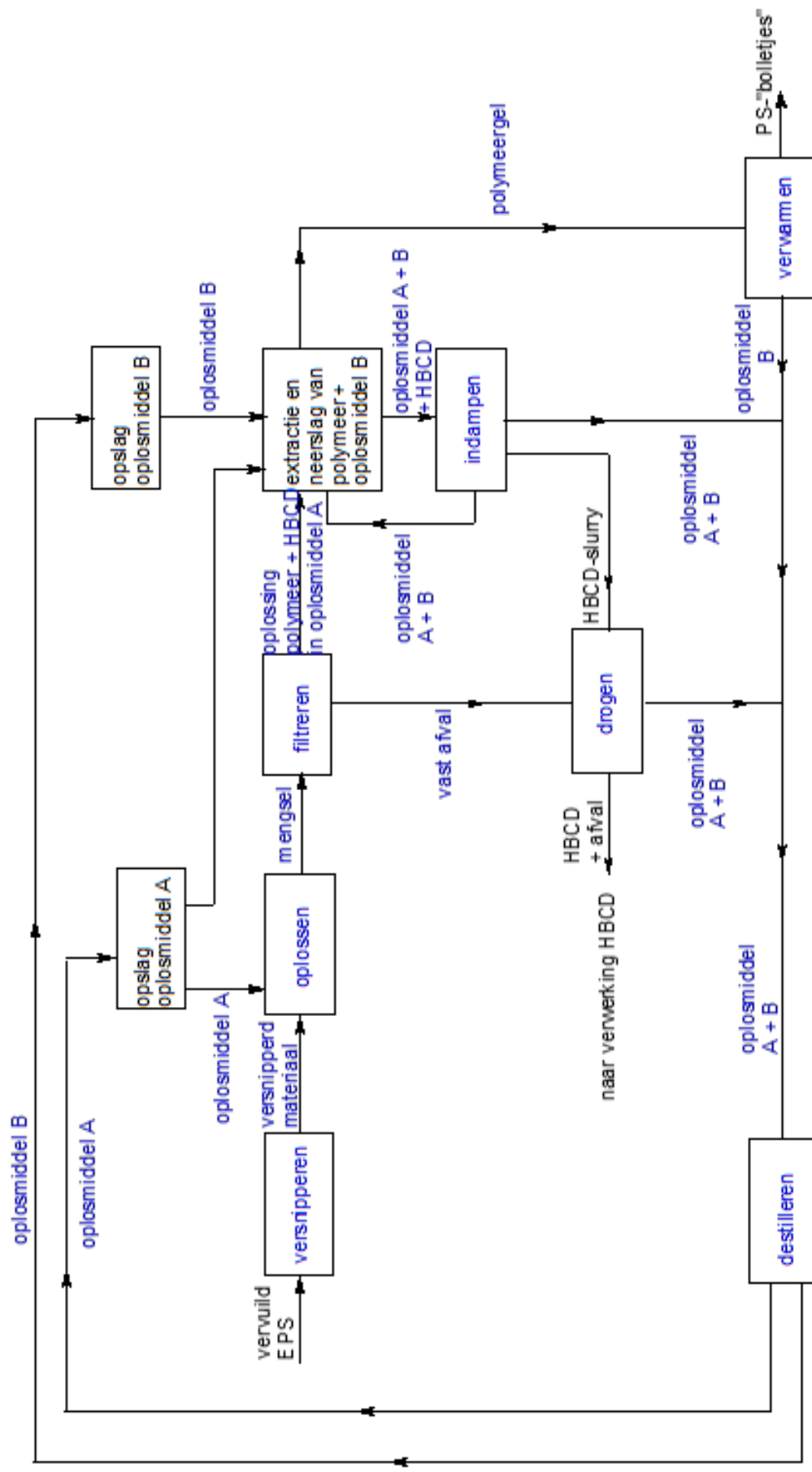
- 1 Grondstoffen gaan bij verbranden verloren. Nu hergebruik je de materialen (en dus de grondstoffen) zoveel mogelijk.
- 2 Afhankelijk van de dichtheid tussen
 $150.000 \text{ ton EPS} = 1,5 \cdot 10^8 \text{ kg EPS} \equiv 1,5 \cdot 10^8 / 40 = 3,75 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ EPS}$ en
 $150.000 \text{ ton EPS} = 1,5 \cdot 10^8 \text{ kg EPS} \equiv 1,5 \cdot 10^8 / 15 = 1,0 \cdot 10^7 \text{ m}^3 \text{ EPS}$.
- 3 Kleiner volume transporteren: minder transportkosten en minder uitstoot van verbrandingsgassen vrachtauto's.
- 4/5 Zie grotere versie tekening aan einde van antwoorden.



- 6 De fenylgroep van polystyreen kan gepolariseerd worden door de dipolen van ethylacetaat, waardoor de stoffen mengen.
- 7 Een HBCD molecuul zal een dipool zijn, waardoor polair HBCD goed zal mengen met het polaire acetaat en niet zal mengen met het apolaire pentaan (dipoolmoment 0 Cm).
- 8 Vanderwaalsbinding.
- 9 Het kookpunt van oplosmiddel B mag niet te hoog zijn.
- 10 1,2,5,6,9,10-hexabroomcyclohexaen
- 11 Er kan cis-trans isomerie optreden doordat elk Br atoom of boven of onder de ring kan staan.
 (De isomeren die mogelijk zijn:



- 12 $2 \text{Br}^- \rightarrow \text{Br}_2 + 2 \text{e}^-$
 $\text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$
Totaalvergelijking: $2 \text{Br}^- + 2 \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Br}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- 13 Het kookpunt van Br_2 is 332 K (59 °C) en van de waterstofperoxideoplossing rond 100 °C. Stof met hoogste kookpunt is het residu, met laagste kookpunt het destillaat. Br_2 zal dus destillaat zijn en waterstofperoxide-oplossing residu.
- 14 $\text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$
 $\text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$
Totaalvergelijking: $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{SO}_3^{2-} \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
Er ontstaat een natriumsulfaatoplossing
- 15 Additie.
- 16 In het proces wordt uit vervuild EPS schoon EPS gemaakt en er wordt broom vrij gemaakt dat gebruikt kan worden voor het maken van een milieuvriendelijkere vlamvertrager.



Artikel:

http://www.engineeringnet.nl/detail_nederland.asp?Id=19699&titel=Wereldprimeur:%20demo%20nstratiefabriek%20voor%20recycling%20broomhoudend%20piepschuim&category=technologie&herkomst=RSS

Extra artikel: <https://www.bd.nl/economie/wereldprimeur-in-terneuzen-proef-met-hergebruik-piepschuim~ac3f097a/>, 21 oktober 2017

Wereldprimeur in Terneuzen: proef met hergebruik piepschuim

Het Zeeuwse Terneuzen heeft de primeur. Voor het eerst zal isolatiepiepschuim, officieel expanded polystyreen (eps), op industriële schaal volledig worden gerecycled. Dat gaat gebeuren in een volgend jaar te bouwen proeffabriek naast chemiebedrijf ICL-IP (voorheen Broomchemie).

Harmen van der Werf

Jarenlang zijn Lein Tange en Jan Noordegraaf bezig geweest met de voorbereidingen, Tange vanuit ICL-IP en Noordegraaf als algemeen directeur van polystyreenproducent Synbra in Etten-Leur. Aanvankelijk onafhankelijk van elkaar.

„Het was pure logica”, kijkt Tange terug. „Vanaf de jaren zestig is in woningen isolatiemateriaal gebruikt. Veel van die huizen zullen op niet al te lange termijn worden vervangen. De eenvoudigste oplossing is dan al dat piepschuim te verbranden. Dat is zonde. Grondstoffen gaan voor eeuwig verloren. En het hoort niet bij de nieuwe, circulaire economie, waarin je probeert materialen zoveel mogelijk te hergebruiken.”

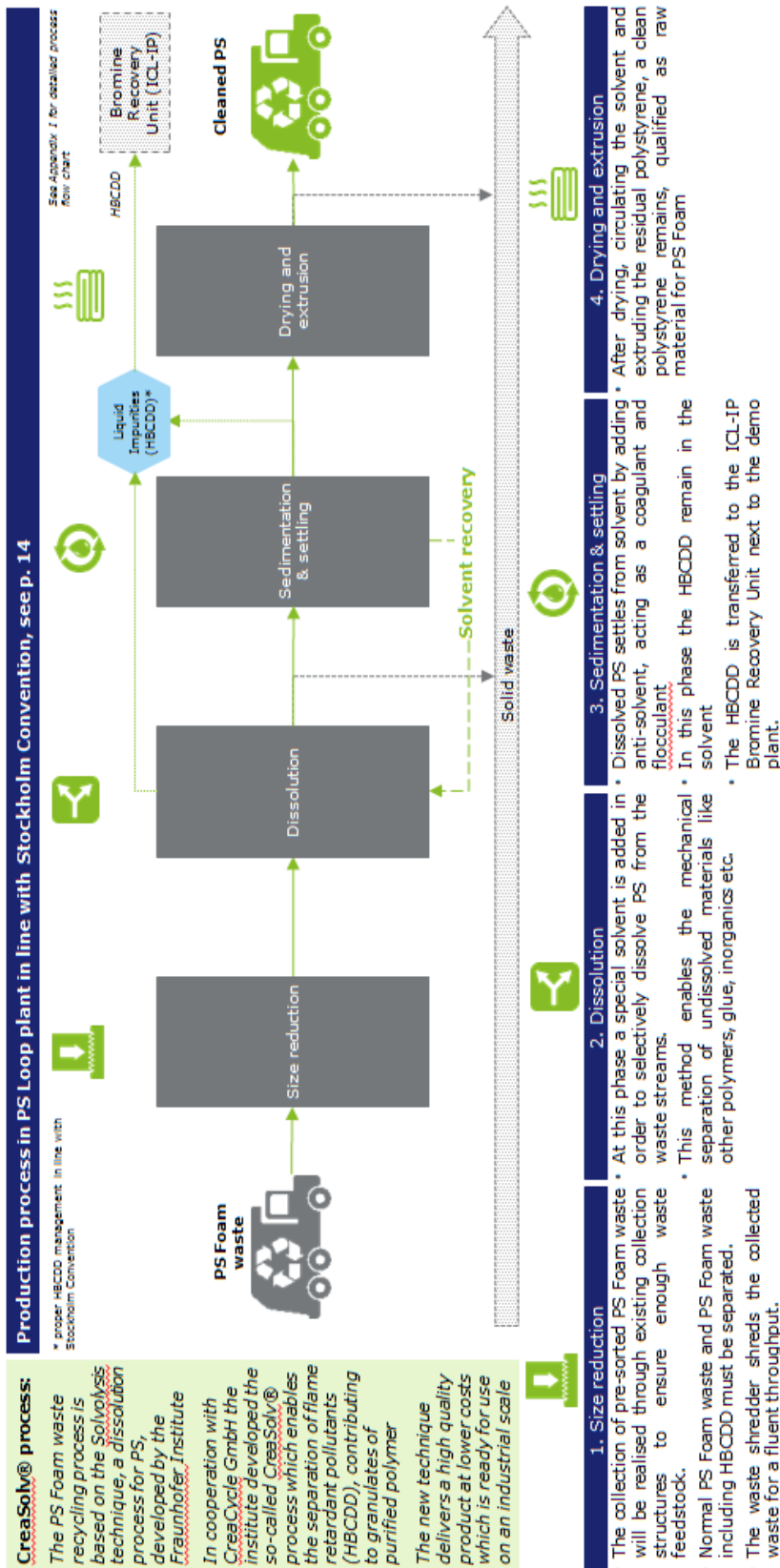
Partner

Nog maar drie jaar geleden vonden Tange en Noordegraaf elkaar. Ze vonden in het grote Duitse onderzoeksinstituut Fraunhofer, vergelijkbaar met TNO in Nederland, een gedegen partner. Ze zetten hun ideeën op papier en werkten die verder uit met Fraunhofer en het eveneens Duitse ontwikkelingsbedrijf CreaCycle. Laboratoriumtesten leverden vervolgens goede resultaten op.

Simpelweg komt het erop neer dat de elementen waaruit het isolatiepiepschuim is opgebouwd, uit elkaar worden getrokken. Het gaat om polystyreen én de bij Broomchemie gemaakte broomhoudende vlamvertrager HBCD. Juist dit HBCD is in 2015 in Europa verboden, onder meer omdat het niet afbreekbaar is in het milieu. „Het mooie van het nu ontwikkelde proces is dat we uit HBCD zuiver broom kunnen terugwinnen voor de verwerking in nieuwe vlamvertragers”, stelt Tange. Noordegraaf: „En wij kunnen de witte polystyreenkorreltjes weer hergebruiken.”

De tijd is nu aangebroken om het vernieuwende procedé op grotere schaal toe te passen. Een investering van al met al 8,4 miljoen euro is daarmee gemoeid. Voor de proeffabriek in Terneuzen met een capaciteit van 3000 ton per jaar én voor een gesmeerd lopend inzamelsysteem voor het isolatiepiepschuim. Dat zal eerst vooral uit Duitsland komen waar het eerder is toegepast dan in Nederland.

De proeffabriek in Terneuzen moet eind 2018 klaar zijn en in 2019 volledig draaien.



Bron: http://www.circulary.eu/content/uploads/gravity_forms/1-3337a65837f33812704bf1b5c62ff34f/2017/08/process-flow-PS-loop.png

G-STAR VERFT SPIJKERBROEKEN MET OLIJFBLADEREN EN NOTENDOPPEN

Klas	4,5 hv
Subdomein	Industriële processen en Groene Chemie
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Innovatieve processen
Trefwoorden	Hernieuwbaarheid grondstoffen, aspecten groene chemie, duurzaamheid
Vaardigheidsvraag	Informatie-selectievraag

www.duurzaambedrijfsleven.nl, 8 november 2017

G-Star verft spijkerbroeken met olijfbladeren en notendoppen

Denimmerk G-Star brengt een nieuwe lijn met natuurlijk geverfde spijkerbroeken op de markt. De zogeheten EarthColors Jeans-reeks is gekleurd met plantaardige verf, die is gemaakt van plantresten en niet eetbare notendoppen.

CHRIS THIJSEN

Dat schrijft FashionUnited.uk. De plantaardige verf, ontwikkeld door Archroma, is gemaakt van 100 procent hernieuwbare grondstoffen, zoals olijf- en rozemarijnbladeren en niet-eetbare notendoppen en amandelen.

Duurzame verf

Omdat de ingrediënten afkomstig zijn van reststromen uit de landbouw, is voor de productie van de verf geen extra landbouwproductie nodig. Zo biedt de producent een duurzaam alternatief voor verf op basis van petroleum.

“Als deniminnovators proberen we altijd de regels te breken, zowel op het gebied van stijl als toekomstgeoriënteerde processen”, zegt Frouke Bruinsma, corporate responsibility director bij G-Star Raw, tegen FashionUnited.uk.

“De introductie van EarthColors in de spijkerbroekcollectie van G-Star is het resultaat van een succesvolle samenwerking met Archroma en belichaamt onze duurzame filosofie, met ons productdesign van start tot eind.”

Je gaat het traditionele verfproces van de spijkerbroek vergelijken met dat van de nieuwste G-star broeken.

De blauwe spijkerbroek

Per jaar worden bijna 3 miljard spijkerbroeken geproduceerd. Vanaf de tijd van de goudzoekers is de traditionele kleur het indigo blauw. Het indigo werd tot 1900 verkregen door extractie uit de plantsoort *indigofera*, die speciaal werd verbouwd om het indigo te leveren. Tegenwoordig wordt indigo synthetisch geproduceerd uit aardolieproducten. Omdat indigo een kleurstof is die slecht oplost in water is er voor het kleuren van het katoen eerst een chemische omzetting van de indigo nodig tot een oplosbare stof, die kan hechten aan het katoen. Vervolgens wordt het op de stof weer omgezet in het oorspronkelijke indigo. Dit proces kost 11.000 liter water per broek! En ook veel energie. Bovendien is er veel afval

door de stoffen die gebruikt worden om het indigo oplosbaar en vervolgens weer onoplosbaar te maken. Er wordt gezocht naar methodes om het verfproces van de traditionele spijkerbroek groener te maken.

De G-star spijkerbroek

De Earthcolors worden verkregen door van de grondstoffen eerst de eetbare delen te scheiden van de niet-eetbare delen. De niet-eetbare delen worden in hun geheel vermalen. Bijna 100 % van de biomassa wordt omgezet in een kleurstof. De kleurstoffen die ontstaan hebben dezelfde eigenschappen als kleurstoffen die uit aardolie worden geproduceerd. Maar de kleuren zijn niet het bekende indigoblauw maar aardkleuren. Vervolgens wordt het katoen geverfd met de nieuwste duurzame technieken. Per broek is nu slechts ongeveer 800 liter water nodig.

- 1 Leg uit waarom het gebruik van EarthColors kleurstoffen niet ongunstig is voor de productie van voedsel.
- 2 Vergelijk de productie van een indigoblauwe spijkerbroek met een die gekleurd is met een EarthColor op de volgende punten:
 - preventie van afval
 - energie-efficiënt ontwerpen van het verfproces
 - gebruik van hernieuwbare grondstoffenBekijk eventueel de filmpjes op youtube:
<https://www.youtube.com/watch?v=QNygMP6su38>
<https://www.youtube.com/watch?v=tnXjYAAzxfw>
- 3 Geef maatschappelijke argumenten waarom je wel/niet bereid bent om de kleur van je spijkerbroeken te wijzigen.

G-star verft spijkerbroeken met olijfbladeren en notendoppen

- 1 Voor de productie van de kleurstoffen gaat men uit van de niet-eetbare delen van planten en noten. Deze worden niet gebruikt voor voedsel.
- 2
 - preventie: bij de productie van EarthColors wordt bijna 100 % van de biomassa omgezet in de kleurstof. Er is veel minder water nodig. Er wordt dus veel minder afval geproduceerd.
 - doordat er veel minder water nodig is, is er veel minder energie nodig om ook het afvalwater te reinigen.
 - bij de EarthColors gebruik je hernieuwbare grondstoffen, die ieder jaar weer ontstaan. Bij de moderne indigo gebruik je aardolieproducten, die niet op deze termijn hernieuwbaar zijn.
- 3 Antwoord leerling.

Extra informatie



The denim label also created the cleanest indigo technology formulated to date together with Dystar and Artistic Milliners, which uses 70 percent less chemicals, no salts and does not produce any salt by-product during its reduction and dyeing process, consequently saving water and leaving clean, recycle water effluent. In addition, in order to the most sustainable washing techniques possible, G-Star worked together with its long-term partner Saitex. Responsibly developed with the utmost care for people and the environment, the new washing techniques ensure that 98 percent of the water used can be recycled and reused, with the remaining 2 percent evaporating, leaving no water left behind to be wasted or released into the environment.

“We are really proud to have collaborated with our partners G-Star and Dystar in developing the most sustainable denim fabric ever made at Artistic Milliners,” added Omer Ahmed Director of Artistic Milliners. “Together we have pioneered a radical new dyeing method which is hydro and salt-free, we call the process Crystal Clear. This is perhaps the most radical change to the indigo dyeing process since its industrialization. Even though this formula is in its infancy we are hopeful that in due time it will be adopted by the denim

industry at large as there is an unprecedented environmental/water saving potential in using this method.”

Artikel: https://www.duurzaambedrijfsleven.nl/retail/25705/g-star-verft-spijkerbroeken-duurzaam-met-olijfbladeren-en-notendoppen?utm_source=nieuwsbrief&utm_medium=email&utm_campaign=Weekly%20Updates%209%20November&usertoken=1468585528a3lfYZFJroMP3Gh28DoVZIXFzJetOEUTQaRBBPt1L1CNEQh7SMcqolePfg0WvXID

ZO WORDEN SPIEGELS GEMAAKT

Klas	5 v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Redox
Trefwoorden	Glucose, zilverspiegel, Tollens reagens, zuurbasereactie
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

<https://www.kijkmagazine.nl/tech/filmpje-zo-woorden-spiegels-gemaakt/>, 19 november 2017

Filmpje: zo worden spiegels gemaakt



Als het goed is, kijk je er elk ochtend even in om te checken of je er wel oké uit ziet voordat je de deur uitgaat. Maar ook al bestaan spiegels al duizenden jaren, hoe wordt de moderne versie gemaakt?

Wat zouden we zonder spiegels moeten. Dankzij deze reflecterende voorwerpen kunnen we even snel een blik op onszelf werpen, voordat we naar werk of een feestje gaan. Toegegeven, sommige mensen kijken iets te graag naar hun spiegelbeeld, maar toch zouden we niet meer zonder spiegels kunnen.

De moderne versie van de spiegel – die we vandaag de dag nog steeds gebruiken – is hoogstwaarschijnlijk door de Duitse scheikundige Justus von Liebig uitgevonden. Hij ontdekte dat een laagje zilver op een glasplaat gieten voor perfecte reflecties zorgde.

Ingrediënten

En eigenlijk is het ook niet veel moeilijker dan dat. De enige ingrediënten die je namelijk nodig hebt om een spiegel te maken, zijn zilvernitraat, ammoniak, suiker, en natuurlijk een glasplaat. In onderstaand filmpje laat kunstenaar Dave Smith zien hoe je van deze componenten een spiegel maakt. Let wel: zilvernitraat is erg giftig.

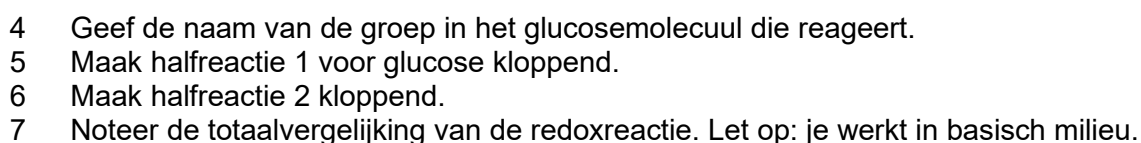
Filmpje: <https://www.youtube.com/watch?v=atCtLsh4MBs>

Bekijk het filmpje uit het artikel.

Spiegels zijn van zilver gemaakt.

1 Welke stofeigenschap van het metaal zilver is hiervoor verantwoordelijk?

De reactie waarbij een 'zilverspiegel' ontstaat, noemt men ook wel de Tollens reactie. Er treden bij het maken van de zilverspiegel een paar stappen op.



Bij de Tollensreactie gebruikt men glucose.

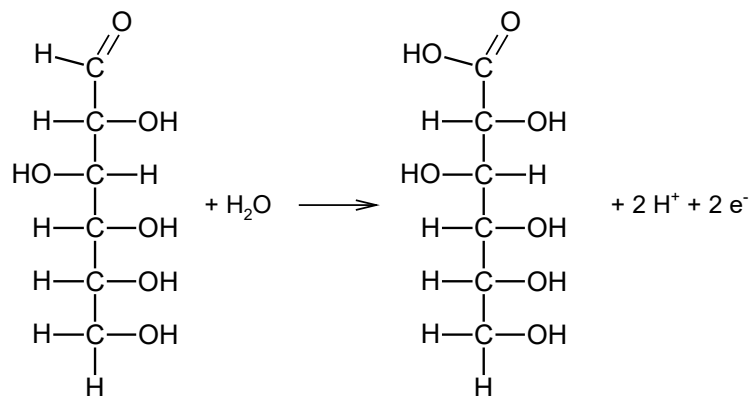
- 8 Leg uit of je de Tollensreactie ook zou kunnen uitvoeren met tafelsuiker ofwel sacharose.

Men moet de zilverspiegel van een spiegel niet in contact laten komen met zuurstof uit de lucht.

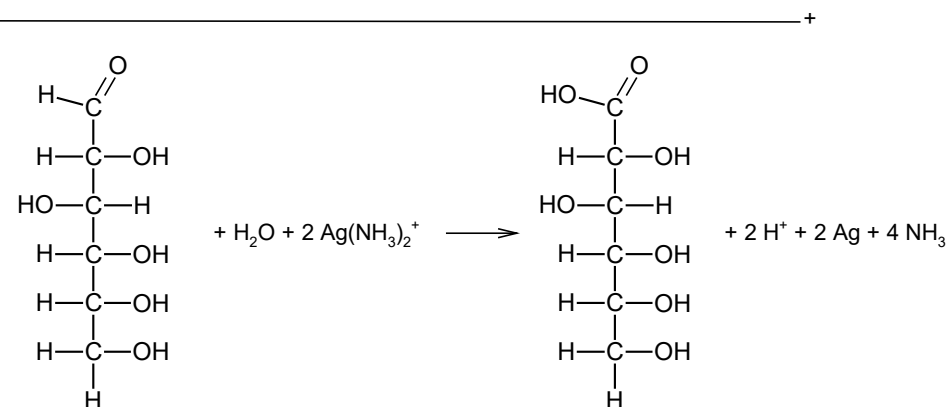
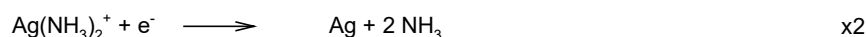
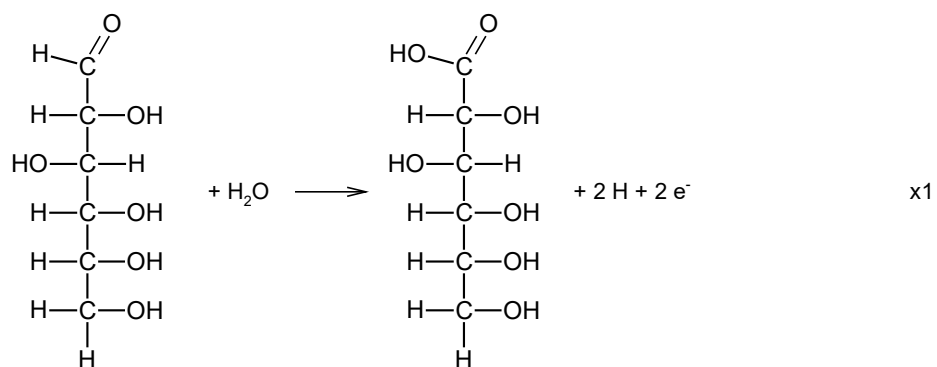
- 9 Licht deze uitspraak toe.

Zo worden spiegels gemaakt

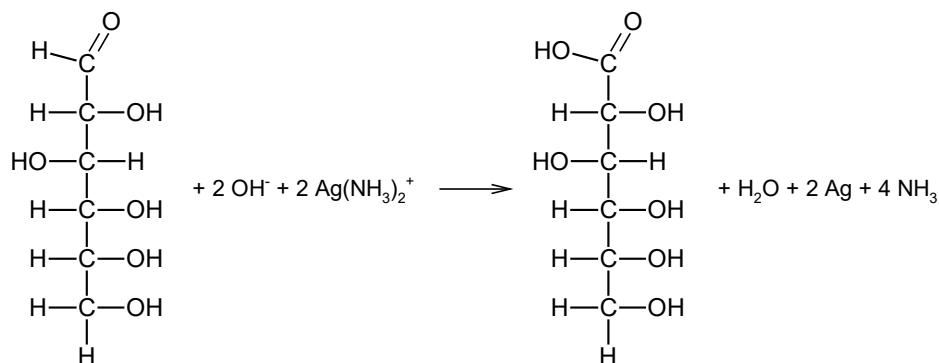
- 1 Metalen hebben een glanzend oppervlak als ze gepolijst zijn.
- 2 $2 \text{Ag}^+ + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$
- 3 Een zuur-base reactie. O^{2-} uit Ag_2O neemt H^+ op, NH_4^+ staat H^+ af.
- 4 Aldehydegroep.
- 5



- 6 $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag} + 2 \text{NH}_3$
- 7 Zie volgende pagina



In basisch milieu wordt het dan:



- 8 De reactie werkt niet alleen met glucose. Het is een algemene aantonningsreactie voor aldehydes.
Sacharose bevat geen aldehydegroep. (Als sacharose hydrolyseert ontstaan glucose en fructose, die in hun lineaire vorm wel een aldehydegroep bevatten.)
- 9 Zilver reageert langzaam met de zuurstof uit de lucht: $4 \text{Ag} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Ag}_2\text{O}$.

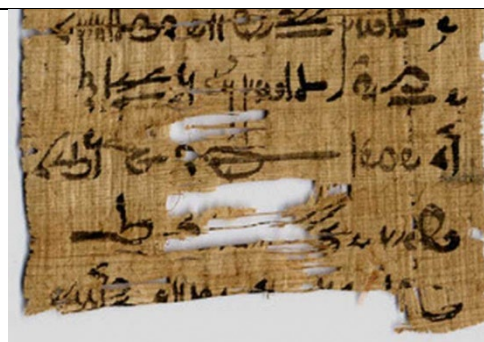
KOPER KLEURDE EGYPTISCH SCHRIFT

Klas	4 hv
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Zouten
Trefwoorden	Koperverbinding, cupriet, azuriet, malachiet, chalcopryiet, zouten, formules
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.c2w.nl, 13 november 2017

Koper kleurde Egyptisch schrift

De oude Egyptenaren deden koper door hun inkt. Deense onderzoekers hebben dat vastgesteld door papyrusfragmenten onder de XRF-röntgenfluorescentiemicroscop te leggen, schrijven ze in *Scientific Reports*.



Tot nu toe werd aangenomen dat het zwart in die inkt pure koolstof was. Maar met behulp van röntgenstraling uit het ESRF-synchrotron in Grenoble hebben Thomas Christiansen en collega's van de universiteit van Kopenhagen vastgesteld dat koperverbindingen vaste ingrediënten waren. Ze hebben ze aangetroffen in papyrussen die dateren van 200 voor tot 100 na Christus; het kan dus geen eenmalig ongelukje zijn geweest.

Wel valt op dat de concentraties sterk uiteenlopen, zelfs bij verschillende tekstfragmenten op één stuk papyrus. Tot teleurstelling van Christiansen kun je de inksamenstelling dus niet gebruiken voor de datering, en geeft ze ook geen idee van het deel van Egypte waar het vandaan komt.

Door XANES-spectra (*X-ray absorption near edge structure*) op te nemen heeft hij wel kunnen vaststellen dat het koper vooral voorkomt in de vorm van drie mineralen: cupriet (Cu_2O), azuriet ($\text{Cu}_3[\text{CO}_3]_2[\text{OH}]_2$) en malachiet ($\text{Cu}_2\text{CO}_3[\text{OH}]_2$). Met name die laatste twee waren in Egypte gebruik als blauw en groen pigment.

Christiansen vermoedt echter dat de inkt werd gemaakt van afval dat overbleef bij de extractie van koper uit zwavelhoudend erts (chalcopryiet) en dat de genoemde mineralen zijn ontstaan door chemische reacties achteraf. Onduidelijk is of cupriet (Cu^+) daarbij ontstond door reductie van de andere twee (Cu^{2+}) of dat het precies andersom is gegaan.

Dát er koper in die inkt zit, is interessant om te weten bij de conservering van zulke papyrusfragmenten. Doe je dat verkeerd, dan vreet het door de ondergrond heen.

bron: *Scientific Reports*, University of Copenhagen

'Meten is weten' geldt ook voor wetenschappelijk onderzoek.

1 Welke meetinstrument werd bij het onderzoek gebruikt?

De onderzoekers hebben de inkt onderzocht van oude Egyptische geschriften. Tot nu toe werd aangenomen dat alleen koolstof zorgde voor de zwarte kleur van de inkt.

- 2 Leg uit dat cupriet geen verklaring kan zijn voor de zwarte kleur van de inkt.
- 3 Leg uit welke koperverbinding wel een verklaring geeft voor de zwarte kleur.

Cupriet is een triviale naam voor de stof met formule Cu_2O .

- 4 Geef de rationele naam voor cupriet.

Andere koperverbindingen die genoemd worden zijn azuriet en malachiet.

- 5 Welke koperionen komen voor in azuriet, respectievelijk malachiet? Geef aan hoe je tot deze conclusie komt.

De onderzoekers vermoeden dat de genoemde koperverbindingen ontstaan zijn tijdens de productie van koper uit de kopererts chalcopryiet, CuFeS_2 . Onduidelijk is of Cu^+ ontstaan is uit Cu^{2+} of net andersom.

- 6 Leg uit welke combinatie van koperionen en ijzerionen denkbaar zijn in chalcopryiet.
- 7 Licht de zin '*Onduidelijk is of Cu^+ ontstaan is uit Cu^{2+} of net andersom*' toe.
- 8 Geef in een halfreactie aan hoe Cu^+ uit Cu^{2+} kan ontstaan.

Dat er koper-verbindingen in de inkt zitten is niet alleen interessant om te weten.

- 9 Leg uit waarom deze kennis nog meer van belang is.

Koper kleurde Egyptisch schrift

- 1 XRF-röntgenfluorescentiemicroscop.
- 2 Cupriet is rood van kleur.
- 3 CuO is zwart van kleur.
- 4 Koper(I)oxide.
- 5 Azuriet: $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ is opgebouwd uit 2 OH^- en 1 CO_3^{2-} , dus totale negatieve lading is 4—. Dan is totale positieve lading 4+, dus 2 Cu^{2+} .
Malachiet: $\text{Cu}_3(\text{OH})_2\text{CO}_3$ is opgebouwd uit 2 OH^- en 2 CO_3^{2-} , dus totale negatieve lading is 6—. Dan is totale positieve lading 6+, dus 3 Cu^{2+} .
- 6 Chalcopryiet: CuFeS_2 is opgebouwd uit 2 S^{2-} , dus totale negatieve lading is 4—. Dan is totale positieve lading 4+. Dat is mogelijk bij 1 Cu^{2+} en 1 Fe^{2+} , of 1 Cu^+ en 1 Fe^{3+} .
- 7 Chalcopryiet kan Cu^+ of Cu^{2+} bevatten. Dus Cu^+ kan omgezet zijn in Cu^{2+} bij de vorming van azuriet, of Cu^{2+} kan omgezet zijn in Cu^+ bij de vorming van cupriet.
- 8 $\text{Cu}^{2+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^+$.
- 9 Bij de verkeerde conserveringsmethode kan de inkt door de ondergrond (het payrus) heen vreten.

DEZE Vlieg KAN DUiken ZONDER NAT TE WORDEN

Klas	4,5 hv
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Hydrofiel-hydrofoob
Trefwoorden	pH, carbonaat, oplosbaarheid, toepassing zout
Vaardigheidsvraag	Informatie-begripsvraag

www.scientias.nl, 21 november 2017

Deze vlieg kan duiken zonder nat te worden.

En onderzoekers denken nu te weten hoe hij dat voor elkaar krijgt!

De vlieg *Ephydra hians* spreekt tot de verbeelding. Deze vlieg kan namelijk duiken. De vlieg kruipt onder water om voedsel te zoeken en eitjes te leggen. Dat is al tamelijk ongebruikelijk. Maar het wordt nog gekker. Want als deze vlieg uit het water komt zetten, is deze helemaal droog. Hoe kan dat? In dat vraagstuk hebben onderzoekers zich nu vastgebeten. En met succes, zo meldt het blad *Proceedings of the National Academy of Sciences*.

Mono Lake

De onderzoekers togen naar het Mono Lake, waar deze vliegen zich in grote getale ophouden. Dit meer is minstens net zo bijzonder als de duikende vliegen. Zo is het maar liefst drie keer zouter dan de oceaan en bovendien gevuld met natriumcarbonaat en borax (wat in feite een wasmiddel is). Door de hoge pH-waarde heeft het water in dit meer een vreemde glibberige – bijna olie-achtige – textuur. Er zijn dan ook maar weinig soorten die zich in dit meer kunnen redden: het Mono Lake herbergt geen vissen of andere gewervelden, alleen algen en bacteriën en dus ook de duikende vlieg *E. hians*. En dat laatste is toch heel opmerkelijk.

Waterafstotend

Alle insecten die wel eens door de regen of dauw vliegen, moeten waterafstotend zijn. En meestal slagen ze daarin middels een soort coating die ontstaat dankzij hun korte haartjes die bedekt zijn met een wax-achtige substantie. Maar met dat trucje redden ze het niet in het Mono Lake. Want de samenstelling van dit meer is heel bijzonder en extra goed in staat om door zo'n coating heen te dringen. Dat komt doordat het wateroppervlak een dunne laag negatief geladen carbonaationen bevat. En als een gewone vlieg te dicht bij het water in de buurt komt, worden deze ionen aangetrokken door positieve ladingen op de huid van de vlieg en wordt het water tussen de beschermende haren getrokken, waardoor de vlieg dus nat wordt. Hoe kan *E. hians* dan *in* het Mono Lake duiken zonder nat te worden?

Luchtbubbel

Om dat uit te zoeken, wierpen de onderzoekers de vliegjes in water met verschillende chemische samenstellingen. Uit de experimenten blijkt dat *E. hians* een soort beschermende luchtbubbel rond zijn lichaam vormt op het moment dat deze onder water kruipt. Die bubbel maakt de vliegjes superhydrofoob en ontstaat dankzij het feit dat de vliegen veel hariger zijn dan gewone vliegen en hun lichamen en haren bedekt zijn met een wax die met name carbonaat-rijk water afstoot. Opvallend genoeg bedekt de luchtbubbel niet de ogen van de vlieg, waardoor deze onder water kan kijken, zonder dat de bubbel het zicht verstoort.

De wax van *E. hians* speelt een cruciale rol, zo tonen de onderzoekers verder aan. Wanneer ze deze namelijk wegnamen, konden de vliegjes geen superhydrofobe bubbel vormen. Uit de experimenten blijkt verder dat *E. hians* echt uniek is. Zelfs de meest nauw aan *E. hians* verwante vliegen slagen er niet in om in het Mono Lake te duiken en droog te blijven. “Het is niet dat de Mono Lake-vliegen een nieuwe en unieke manier om waterafstotend te blijven, hebben ontwikkeld,” stelt onderzoeker Michael Dickinson. “Ze hebben de normale gereedschappen die de meeste insecten gebruiken, verbeterd.” En dat is vanuit het oogpunt van de vliegen gezien hartstikke handig. “Er is onder water niets wat jou op kan eten en je hebt al het voedsel dat je wilt. Je moet alleen een duik nemen in wat wereldwijd gezien misschien wel het moeilijkste water is om droog in te blijven.”

Het water in het Mono Lake heeft enkele bijzondere eigenschappen. Het heeft bijvoorbeeld een hoge pH.

- 1 Leg aan de hand van een reactievergelijking uit welk deeltje de hoge pH veroorzaakt.

Het water bevat ook de stof borax, met de chemische formule $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

- 2 Leg uit wat voor soort stof borax is.

De haartjes van de vliegen zijn bedekt met een wax-achtige substantie.

- 3 Leg uit waarom vliegen deze substantie nodig hebben.
- 4 Leg uit of deze wax hydrofiel of hydrofoob is.
- 5 Geef in je eigen woorden weer waarom deze wax-achtige substantie niet voldoende is voor vliegen om het te redden als ze het Mono Lake induiken.

Uit het artikel blijkt dat *E. hians* dankzij twee feiten een luchtbel om zich heen kan creëren op het moment dat ze het water ingaan.

- 6 Geef deze twee feiten. Geef aan waarom deze feiten bijdragen aan het creëren van de luchtbel.

Bij het onderzoek dat is gedaan heeft men de arbeid gemeten die nodig is voor de vlieg om uit het water te ontsnappen. Het onderzoek heeft zich gericht op de pH van het water, de concentratie van het CO_3^{2-} ion, en nog enige andere factoren. Men ging uit van drie oplossingen van natriumwaterstofcarbonaat bij verschillende basische pH's.

- 7 Leg uit welke deeltjes in een natriumwaterstofcarbonaatoplossing zitten nadat je met zoutzuur de pH tot 7,0 hebt verlaagd.

Het bleek dat bij een hogere pH meer arbeid verricht moest worden om het water te verlaten. Om de hypothese van hun theorie te toetsen hebben de onderzoekers dezelfde experimenten gedaan met oplossingen van natriumhydroxide. Hieruit bleek dat de pH hier wel enige invloed had op de hoeveelheid arbeid die verricht moest worden, maar lang niet zoveel als bij de oplossingen met HCO_3^- en CO_3^{2-} ionen.

- 8 Geef de hypothese, die de onderzoekers na de eerste experimenten blijkbaar hadden opgesteld.
- 9 Leg uit welke conclusie de onderzoekers moeten trekken na het experiment met natronloog.
- 10 Geef nog een factor ten aanzien van het water uit Mono Lake die van invloed kan zijn.

De vliegen van de soort *E. hians* zijn niet goed bestand tegen met olie verontreinigd water.

11 Leg uit waarom dit zo is.

Deze vlieg kan duiken zonder nat te worden.

- 1 $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{HCO}_3^{-}(\text{aq}) + \text{OH}^{-}(\text{aq})$
De OH^{-} ionen zijn de oorzaak van de hoge pH.
- 2 Het hydraat van een zout.
Het is een zout omdat er zowel een metaal, natrium, als niet-metalen, boor en zuurstof, inzitten.
Aan de schrijfwijze $\cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ zie je dat er kristalwater inzit, dus een hydraat.
- 3 Vliegen moeten in staat zijn om droog te blijven in de regen. Deze wax stoot water af en beschermt de vliegen dus tegen de regen.
- 4 De wax moet hydrofoob zijn om water af te stoten.
- 5 Blijkbaar is het water in Mono Lake door de aanwezigheid van de carbonaationen natmakender dan ander water. Door de aantrekkende kracht tussen de carbonaationen en positieve ladingen op de huid van de vlieg trekt het water tussen de haartjes van de vlieg en wordt de vlieg nat. Er moet dus een superhydrofobe stof aan te pas komen om dit te voorkomen.
- 6 Deze vliegen hebben veel meer haartjes (dus een groter oppervlak). De wax is anders van samenstelling waardoor deze het carbonaationen houdend water beter afstoot. Door het grotere oppervlak en de meer afstotende wax, kan het lucht tussen de haartjes beter blijven zitten en een luchtbel om de vlieg heen creëren.
- 7 Met zoutzuur wordt een deel van de HCO_3^{-} omgezet in $\text{CO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}$.
Dus Na^{+} , Cl^{-} , HCO_3^{-} en $\text{CO}_2(\text{aq})$ en $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$. Er blijft HCO_3^{-} inzitten want als er alleen $\text{CO}_2(\text{aq})$ in water zit, is de pH lager dan 7, omdat CO_2 een zwak zuur is.
- 8 Een hogere pH, onafhankelijk van het soort ionen, maakt het moeilijker voor vliegen om uit het water te ontsnappen.
- 9 Blijkbaar hangt de hoeveelheid arbeid die nodig is om te ontsnappen aan het water niet alleen af van $[\text{OH}^{-}]$. Het soort ionen speelt ook een rol.
- 10 Het soort ionen, dus de Na^{+} en CO_3^{2-} .
- 11 In met olie verontreinigd water zal de wax oplossen. Dan kan de luchtbel niet meer om het lijf van de vliegen ontstaan. Ze worden nat en komen niet goed meer uit het water.

FOSFAATTEKORT INTENSIEF BEDRIJF

<i>Klas</i>	5 hv
<i>Subdomein</i>	Processen en reacties
<i>Vaardigheid</i>	Informatie
<i>Specificaties</i>	Zuur base
<i>Trefwoorden</i>	Fosfaat, landbouw, P-AL, P-PAE, ruwfosfaat, hergebruik, superfosfaat, dubbelsuperfosfaat, tripelsuperfosfaat, pH, zuurbasereacties
<i>Vaardigheidsvraag</i>	Informatiebegripsvraag

Boerderij, 22 november 2017

Fosfaattekort intensief bedrijf

Intensieve melkveebedrijven sturen op verlaging van fosfaatuitstoot van hun melkvee. Dit verhoogt het risico op een fosfaattekort bij deze bedrijven in Noord-Nederland. Op langere termijn kunnen gewasopbrengsten daardoor dalen.

Uit de resultaten van het project Vruchtbare Kringloop Noord Nederland (VKNN) in 2016 blijkt dat intensieve melkveebedrijven in Noord-Nederland een fosfaattekort hebben. De variatie tussen de 141 melkveebedrijven waarvan de gegevens zijn verwerkt, is groot. Het is duidelijk dat hoe intensiever een bedrijf is, hoe groter het fosfaat-bodemtekort is.

Gemiddeld over alle VKNN-bedrijven, die sterk verschillen in intensiteit, is het fosfaat-bodemtekort 11 kilo per hectare.

Minder plantbeschikbaar fosfaat

Een fosfaat-bodemtekort is niet uniek voor intensieve VKNN-bedrijven, maar is een algehele trend voor de Nederlandse bodem. Cijfers van Eurofins Agro en NMI laten zien dat de plantbeschikbare fosfaat (P-PAE) in de Nederlandse bodem vanaf 2010 gemiddeld afneemt. Dat geldt ook in typische melkveehouderijgebieden, waar met name snijmais meer fosfaat onttrekt dan dat er volgens de wettelijke normen bemest mag worden.

Uit onderzoek van Eurofins Agro op akkerbouwpercelen in de afgelopen tien jaar blijkt dat de fosfaat-bodemvoorraad (P-AL) in Nederland niet of nauwelijks daalt, maar de P-PAE wel. Een verklaring voor een dalende trend van plantbeschikbaar fosfaat, terwijl de voorraad fosfaat in de bodem gelijk blijft, is de buffercapaciteit van de bodem. Ofwel, in welke mate kan een bodem, opgeslagen fosfaat in de bodem beschikbaar maken voor de plant. Een grote hoeveelheid fosfaat in de bodem is niet altijd beschikbaar voor een gewas, omdat fosfaat gebonden kan zijn aan ijzer, aluminium, magnesium of calcium. Dit is ook afhankelijk van temperatuur en pH van de bodem.

Bron: Boerderij

In Noord-Nederland dreigt er een fosfaattekort te ontstaan in de bodem.

1 Leg uit hoe er in de bodem een fosfaattekort kan ontstaan.

In de landbouw en veeteelt kom je met betrekking tot fosfaat de termen P-PAE en P-AL tegen.

2 Wat geeft elk van beide termen aan?

Het blijkt dat in de afgelopen tien jaar de P-AL in Nederland niet of nauwelijks daalt, maar de P-PAE wel.

3 Welke verklaring wordt daarvoor gegeven?

Er worden vier metalen genoemd die als metaalion in de bodem kunnen voorkomen.

4 Leg uit waarom de genoemde metalen niet als zuiver metaal in de bodem zullen voorkomen.

5 Geef de formules van de fosfaten die daardoor in de bodem kunnen voorkomen.

6 Klopt dit met je antwoord op vraag 3? Licht kort toe.

De hoeveelheid beschikbaar fosfaat in de bodem is afhankelijk van de pH. Bij een lagere pH is er meer fosfaat beschikbaar in de vorm van opgeloste diwaterstoffosfaationen.

7 Geef de reactievergelijking die optreedt als aluminiumfosfaat in een bodem met lage pH aanwezig is.

8 Leg uit of hierdoor de P-AL of P-PAE verandert.

Fosfaat wordt schaars

De fosfaatvoorraden zijn beperkt en eindig. Er zijn maar weinig landen met winbare voorraden ruwfosfaat. Marokko en China hebben samen 70% van alle voorraden. Fosfaat wordt binnen enkele generaties schaars en dat is een probleem, onder andere voor de wereldwijde voedselvoorziening. Het opraken van ruwfosfaat is een groter probleem dan het opraken van fossiele brandstoffen, want er is geen alternatief voor fosfaat. Er is hergebruik van fosfaat nodig.

Bron: Boerderij

Marokko heeft flinke winbare voorraden ruwfosfaat.

9 Leg uit of ruwfosfaat een hernieuwbare of niet-hernieuwbare grondstof is.

10 Waarom is hergebruik van fosfaat nodig?

Productie

Superfosfaat wordt bereid uit ruw fosfaat met behulp van [zwavelzuur](#). [Fosfaaterts](#) van biologische oorsprong, [apatiet](#), wordt onder andere gewonnen in Marokko, Noord-Afrika. Apatiet bevat calciumfosfaat als fosforbron. Bij de reactie tussen calciumfosfaat en zwavelzuur ontstaan monocalciumfosfaat, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ en [gips](#).

Bij de productie van dubbelsuperfosfaat ontstaat geen [calciumsulfaat](#). Het onoplosbare calciumfosfaat wordt met behulp van [fosforzuur](#) omgezet in dubbelsuperfosfaat, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$.

Daarnaast is er *tripelsuperfosfaat*, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, dat wordt gemaakt door een overmaat van zwavelzuur te gebruiken, waardoor er fosforzuur wordt gevormd dat gebruikt wordt voor

verdere ontsluiting van de ruwe fosfaten. Ook wordt het [gips](#) (superfosfaatgips) afgefiltreerd. Hierdoor wordt de hoeveelheid oplosbare fosfaten verhoogd.

Bron: wikipedia

Er zijn drie soorten fosfaatkunstmesten die gevormd kunnen worden uit ruwfosfaat. Ten eerste kan er *monocalciumfosfaat*, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, gevormd worden uit calciumfosfaat door reactie met zwavelzuur. Gips is calciumsulfaat.

- 11 Geef de daarbij optredende reactie in een vergelijking weer.
- 12 Leg uit dat hier een zuurbase-reactie is opgetreden.

Bij de productie van *dubbelsuperfosfaat*, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, reageert calciumfosfaat met fosforzuur.

- 13 Geef de daarbij optredende reactie in een vergelijking weer. Wijs daarbij zuur en base aan.

Bij de productie van *tripelsuperfosfaat* reageert overmaat zwavelzuur met calciumfosfaat waarbij naast calciumsulfaat fosforzuur ontstaat dat met calciumfosfaat reageert tot tripelsuperfosfaat.

- 14 Geef deze beide reacties in vergelijkingen weer.
- 15 Geef de totaalvergelijking van deze beide reacties.
- 16 Leg uit dat het vreemd is dat voor de genoemde fosfaatreactieproducten verschillende namen gebruikt worden.

Fosfaattekort intensief bedrijf

- 1 Als er minder fosfaat toegevoegd wordt aan de bodem dan dat er aan fosfaat gebruikt wordt door plantengroei.
- 2 P-PEA geeft de plant-beschikbare hoeveelheid fosfaat aan. P-AL geeft de bodemvoorraad fosfaat aan.
- 3 De fosfaat zit vaak gebonden aan metaalionen wat een slecht oplosbaar zout oplevert.
- 4 Het zijn onedele metalen die dus aan stoffen in de bodem gebonden zullen zijn in de vorm van metaalionen.
- 5 IJzer(III) fosfaat, FePO_4 ; aluminiumfosfaat, AlPO_4 ; calciumfosfaat, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$; magnesiumfosfaat, $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$.
- 6 Ja, want de genoemde fosfaat-zouten zijn slecht oplosbaar in water.
- 7 $\text{AlPO}_4 + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Al}^{3+} + \text{H}_2\text{PO}_4^-$.
- 8 P-PEA want er komt meer van de aanwezige hoeveelheid fosfaat vrij voor opname door de plant.
- 9 Niet-hernieuwbare grondstof want de voorraden zijn eindig.
- 10 Hergebruik is nodig omdat de voorraden fosfaat in de bodem opraken als er geen nieuwe fosfaat aangevoerd wordt. Je zult de fosfaat dan op een andere manier beschikbaar moeten maken: hergebruik.
- 11 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 2 \text{CaSO}_4$.
- 12 Zwavelzuur staat H^+ af die door fosfaationen wordt opgenomen.
- 13 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 4 \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow 3 \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$.
- 14

<i>base</i>	<i>zuur</i>
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{H}_3\text{PO}_4 + 3 \text{CaSO}_4$	
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 4 \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow 3 \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	
- 15 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 2 \text{CaSO}_4$
- 16 De stoffen hebben steeds dezelfde formule, nl. $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$.

KLEINE HOEVEELHEID RUTHENIUM-106 IN DE LUCHT IN DELEN VAN EUROPA

Klas	4 hv
Subdomein	Deeltjesmodel
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Atoommodel
Trefwoorden	Radioactiviteit, RIVM, periodiek systeem
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.rivm.nl, 8 december 2017

Kleine hoeveelheid ruthenium-106 in de lucht in delen van Europa

Begin oktober 2017 hebben diverse landen in Europa gemeld dat er radioactief ruthenium-106 in de lucht is gevonden. Uit Frans en Duits onderzoek blijkt dat het ruthenium meest waarschijnlijk afkomstig is uit het gebied tussen de Oeral en de stad Wolgograd. Inmiddels wordt het ruthenium-106 niet meer in de lucht aangetroffen.

Het ruthenium-106 is een door mensen gemaakte radioactieve stof. Het komt vrij bij kernsplijting en wordt bijvoorbeeld gebruikt bij de behandeling van oogbultumoren. In Wenen is een relatief hoge waarde gevonden, namelijk 42 millibecquerel per kubieke meter. Dit voegt bijna niets toe aan de straling die van nature al aanwezig is, de stralingsdosis is ongeveer 1% hoger. Dit heeft praktisch geen effect op mens of milieu.

Metten in Nederland

Het RIVM meet de radioactiviteit in Nederland 24/7 met een netwerk van meetpalen, het nationaal meetnet radioactiviteit (NMR). Als er meer radioactiviteit dan normaal gemeten wordt, geeft het systeem een melding. De concentraties van ruthenium-106 die zijn gemeten zijn zo laag dat het NMR geen melding af zou geven. Bij het RIVM staat ook het meest gevoelige meetapparaat in Nederland. De detectielimiet (gevoeligheid, drempelwaarde) van dit apparaat ligt bij ongeveer 66 microbecquerel per kubieke meter. Het meetapparaat van het RIVM kan hele kleine sporen radioactiviteit zichtbaar maken. Dat doet het apparaat doordat een luchtpomp 800 kubieke meter per uur aanzuigt. Dat is ongeveer 750 keer meer dan een mens inademt in een uur. Het stof in de lucht wordt opgevangen op een filter dat iedere week verwisseld wordt en nagemeten op radioactiviteit.



Figuur: Overzicht van de verspreiding van ruthenium-106 (Ru-106) in Europa, per . De rode symbolen geven de locaties aan waar sporen van Ru-106 zijn aangetroffen. Op de zwarte is bemonsterd maar daar is de detectielimiet niet bereikt.

Het element ruthenium staat in periode 5 van het periodiek systeem.
Gebruik *Binas* om vraag 1 en 2 te beantwoorden.

1 Noteer het atoomnummer van ruthenium.

Ruthenium-106 is door mensen gemaakt en komt niet in de natuur voor.

2 Noteer de isotopen van ruthenium die in de natuur voorkomen.

3 Noteer zo volledig mogelijk de bouw van een atoom ruthenium-106.

In het artikel staan gegevens over de hoeveelheid ruthenium-106 die is gemeten.
De eenheid Becquerel is gelijk aan 1 radioactief verval per seconde. Dat betekent dat per seconde 1 kern uiteen is gevallen.

4 Leg met behulp van gegevens in het artikel uit dat het RIVM de straling zeker heeft kunnen meten.

Het Nationaal Meetnet heeft geen melding gedaan van radioactiviteit.

5 Leg uit waarom het Nationaal Meetnet geen melding heeft gedaan.

De straling die in Wenen is gemeten, is 42 milliBecquerel.

6 Leg uit of je verwacht dat de straling die in Nederland is gemeten groter of kleiner zal zijn dan 42 milliBecquerel.

Bij het RIVM zuigen ze bij de meting ieder uur 800 m³ lucht aan. Stel dat ze de waarde uit Wenen hadden gevonden.

7 Bereken dan hoeveel rutheniumatoomkernen ze in een week hadden aangetroffen.

8 Bereken hoeveel mol ruthenium dit is.

9 Leg uit of je het meetapparaat van RIVM als gevoelig kunt aanmerken.

Kleine hoeveelheden ruthenium-106 in de lucht in delen van Europa

- 1 44
- 2 De isotopen die voorkomen in de natuur hebben respectievelijk massagetal 102, 103 en 104
- 3 Het atoom heeft een kern met 44 protonen en $106-44=62$ neutronen.
Rond de kern zitten 44 elektronen in een elektronenwolk.
- 4 De detectielimiet van het RIVM apparaat is 66 microbequerel = $66 \cdot 10^{-3}$ millibequerel.
In Wenen is 42 milliBequerel gemeten, dat is circa 600 keer zoveel als de minimumgrens bij het RIVM.
- 5 De gemeten hoeveelheid is ongeveer 1 % hoger dan de achtergrondstraling. Dit is te weinig om melding van te maken.
- 6 Kleiner, omdat de radio-actieve wolk zich verspreidt over Europa en daarbij verdund wordt.
- 7 Ze zuigen $800 \times 24 \times 7 = 134400 \text{ m}^3$ lucht aan in een week.
Er is $42 \cdot 10^{-3}$ Bequerel gemeten per m^3 .
Dan vinden ze in een week $134400 \times 42 \times 10^{-3} = 5645$ atoomkernen
- 8 $5645 / (6,02 \cdot 10^{23}) = 9,38 \cdot 10^{-21} \text{ mol}$
- 9 Ja, dat is een bijzonder klein aantal mol, dat gedetecteerd kan worden.

Artikel:

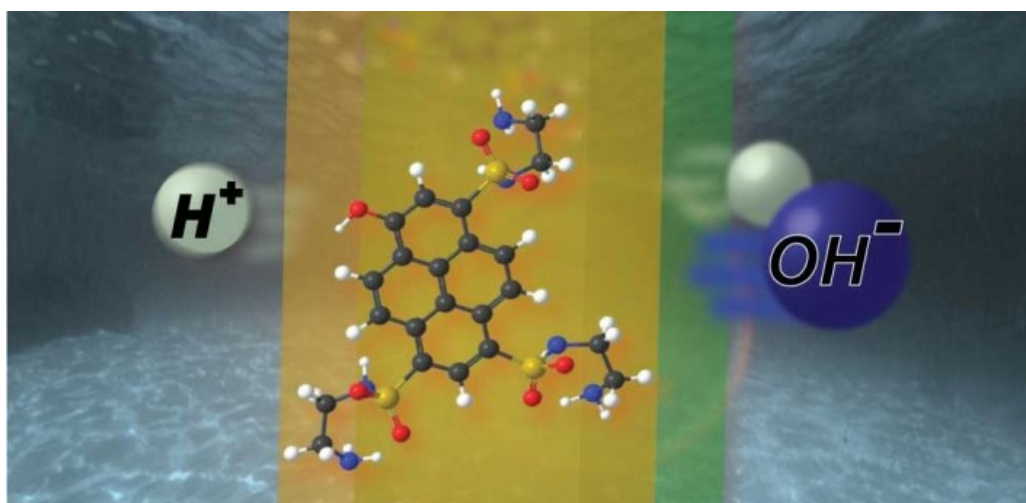
http://www.rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Algemeen_Actueel/Nieuwsberichten/2017/Kleine_hoeveelheid_ruthenium_106_in_de_lucht_in_West_Europa

ZONLICHT ONTZILT WATER

Klas	4,5 hv
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Zouten
Trefwoorden	Fotozuur, zonlicht, zilt water, membraan, protonen, ionenwisseling
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.c2w.nl, 16 november 2017

Zonlicht ontzilt water



Van ionenwisselende membranen en een lichtgevoelige kleurstof kun je een pomp maken die met zonne-energie water splitst zonder dat er elektriciteit aan te pas komt. Het zou de basis kunnen vormen van een simpele en goedkope manier om dat water te ontzilt, denken Shane Ardo en collega's van de universiteit van Californië (Irvine).

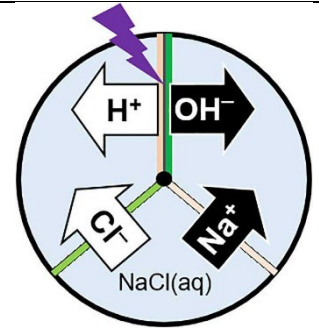
In het tijdschrift *Joule* vergelijken ze het met een gelijkrichter uit de elektronica, waar elektronen maar in één richting doorheen kunnen. Zo'n diode bestaat uit twee op elkaar gestapelde halfgeleiders waarvan er één elektronen over heeft en de andere 'gaten', dus elektronen te weinig. Dat water als combinatie van H^+ en OH^- fysisch gezien wel iets van een halfgeleider weg heeft, is 60 jaar geleden al bedacht - maar tot nu toe lukte het niet om daar iets nuttigs mee te doen.

Ardo's idee is nu om een 'fotozuur' in te zetten, een molecuul dat protonen afsplitst onder invloed van licht. Om precies te zijn gebruikt hij de kleurstof 8-hydroxypyreen-1,3,6-tris(2-aminoethylsulfonamide), het centrale molecuul in de afbeelding. Via covalente bindingen hecht hij die op het oppervlak van een membraan dat alleen protonen doorlaat, hier Nafion. En over die laag plakt hij weer een membraan dat alleen anionen zoals OH^- doorlaat, bijvoorbeeld Neosepta.

Het resultaat noemt hij een *photoacid-sensitized bipolar membrane*, afgekort PSBM. Drenk je zo'n PSBM in water en zet je er licht op, dan lost de kleurstof protonen. Als je die aan de andere kant van het Nafion op de een of andere manier wegzuigt, dan verstoor je het evenwicht binnen het PSBM. Het tekort wordt dan aangevuld door uiteenvallende

watermoleculen, waarbij een overschot aan hydroxide-ionen ontstaat dat je aan de andere kant van het Neosepta-membraan kunt aftappen.

Voorgesteld wordt om hier een elektrodialyse-opstelling mee aan te drijven. Je zet er een bak zout water onder die via twee verschillende membranen in contact staat met beide kanten van het PSBM. De H^+ -kant trekt dan Cl^- -ionen aan, de OH^- -kant zuigt Na^+ , en zo wordt het water ontzilt met zonne-energie. Omdat er geen elektriciteitsopwekkingsstap tussen zit, zou het rendement maximaal moeten zijn. Bovendien stelt het relatief lage eisen aan de soliditeit van de membranen, zodat je vermoedelijk toe kunt met veel goedkoper spul dan Nafion of Neosepta.



Ardo moet wel toegeven dat hij het nog niet in de praktijk heeft uitgeprobeerd, en dat zijn huidige PSBM te weinig 'ionische energie' levert om zeewater te ontzilten - zelfs op papier lukt het hooguit met water dat een beetje brak is.

bron: Cell Press

Het principe van het ontziltingsproces is gebaseerd op de werking van een fotozuur.

1 Verklaar de benaming fotozuur.

Een bepaalde kleurstof doet dienst als fotozuur en hecht zich via covalente bindingen aan het oppervlak van het membraan dat alleen protonen doorlaat.

2 Wat zijn covalente bindingen?

Aan de andere kant zit een membraanlaag die alleen OH^- ionen doorlaat. Als je nu de protonen wegzuigt aan de kant waar ze door het fotozuur zijn afgestaan, verstoor je iets binnen het membraansysteem.

3 Wat verstoor je binnen het membraansysteem?

4 Wat is de reactie van het systeem?

Het voorstel is om het systeem te gebruiken om water te ontzilten.

5 Leg uit welke vier typen membranen je daarbij nodig hebt.

6 Leg uit dat door het vrijkomen van H^+ en OH^- het zoute water ontzilt kan worden.

Zout water wordt in de tekening aangegeven als $NaCl(aq)$.

7 Wat is er fout aan de notatie $NaCl(aq)$?

Het huidige systeem levert te weinig 'ionische energie' om zeewater te ontzilten.

8 Wat zal er bedoeld worden met 'ionische energie'?

Zonlicht ontzilt water

- 1 Het is een deeltje dat H^+ kan afstaan = zuur. Het staat protonen af als het belicht wordt = foto.
- 2 Covalente bindingen zijn atoombindingen tussen twee niet-metaal-atomen.
- 3 Je verstoort het evenwicht van het fotozuur als zwak zuur.
- 4 Het systeem ontleedt water waarbij protonen en hydroxide-ionen ontstaan om hiermee de protonen aan te vullen.
- 5 Het systeem zelf bevat een membraan die alleen protonen en een membraan die alleen hydroxide-ionen doorlaat. Daarnaast is er aan de kant van het protonenmembraan een membraan aanwezig die alleen negatieve ionen doorlaat en aan de kant van het hydroxidemembraan een membraan die alleen positieve ionen doorlaat.
- 6 Het zoute water verliest natrium- en chloride-ionen waardoor het steeds minder zout wordt.
- 7 Als natriumchloride in water is opgelost moet je het noteren als $Na^+ + Cl^-$.
- 8 Om het systeem te laten werken moeten er voldoende geladen deeltjes aanwezig zijn in het te ontzilten water om de stroomgeleiding in het elektrolyt voldoende hoog te houden. Dat is bij zeewater niet het geval.

BEREGENEN BIJ VORST

Klas	3 hv
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Stofeigenschappen
Trefwoorden	Water, ijs, bevriezen, smelten, endotherm, exotherm, microniveau, macroniveau
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

Gelderlander, 8 september 2017

Beregenen bij vorst: hoe werkt dat?

DREUMEL Om boomgaarden te beregenen, worden sproeiers gebruikt die het water over de bomen spuiten. Beregenen tegen de nachtvorst werkt met een simpel natuurkundig principe: smeltend water of bevroren water is 0 graden. De telers zorgen ervoor dat er steeds een dun laagje water over de bloesems komt. Dit bevroert, maar door te blijven sproeien) komt

er ook steeds weer water op dat nog niet bevroren is, en zo blijft het 0 graden rondom de bloesem. Je moet dan wel op tijd beginnen en lang genoeg doorgaan, want smeltend water neemt warmte op uit de omgeving. Als je te vroeg stopt (bij een nog te lage luchttemperatuur) onttrekt het smeltende water warmte uit de bloesem waardoor hij nog kan bevriezen.

Door nachtvorst kan de bloesem van vruchtbomen bevroren en doodgaan. Een strop voor de telers!

- 1 Wat is het natuurkundig principe achter de bescherming tegen nachtvorst door beregenen?
- 2 Waarom moet je lang genoeg doorgaan met sproeien tijdens nachtvorst?

In de tekst staat driemaal “smeltend water”.

- 3 Geef je commentaar op het gebruik van de term “smeltend water”.

Uit de tekst valt af te leiden of het smelten van ijs exotherm of endotherm zal zijn.

- 4 Leg aan de hand van het artikel uit of het smelten van ijs endotherm of exotherm is.
- 5 Leg ook uit of het bevriezen van water endotherm of exotherm is.

Je kunt op microniveau uitleggen waarom op macroniveau smeltend ijs warmte opneemt uit de omgeving.

- 6 Leg uit wanneer je spreekt van microniveau en wanneer je spreekt van macroniveau.
- 7 Leg op microniveau uit waarom smeltend ijs warmte opneemt uit de omgeving.

Beregenen bij vorst

- 1 Smeltend ijs (in artikel staat smeltend water) of bevroren water is 0 graden (Celsius).
- 2 Als je te vroeg zou stoppen bevriest er geen water meer en zal de temperatuur van het gevormde ijs gaan dalen waardoor alsnog bevroren van bloesem plaatsvindt.
- 3 IJs smelt en niet water.
- 4 Smeltend ijs neemt warmte op dus is het een endotherm proces.
- 5 Bevroren van water is het omgekeerde proces van het smelten van ijs, dus ook het omgekeerde energie-effect: exotherm proces.
- 6 Microniveau: deeltjesniveau, ofwel je spreekt bij water dan over het moleculair niveau. Macroniveau: waarneembaar niveau, je ziet water en je ziet ijs.
- 7 Bij het smelten van ijs worden vanderwaalsbindingen verbroken waardoor de moleculen niet meer op een vaste plaats gehouden kunnen worden. Er worden bindingen verbroken en daarvoor is energie nodig.

Opmerking: aangezien de opgave bestemd is voor klas 3, wordt bij de bindingen niet ingegaan op waterstofbruggen en dipoolkrachten