

Id	Titel opgave	nr opg	Klas
1	Printen met water	1406-1	5v
2	Argon in de ruimte	1406-2	4hv
3	Schone kleding zonder palmolie	1406-3	5hv
4	Mosterdgas zoekt opruimdienst	1406-4	5v
5	Minisyngasgenerator	1406-5	3v, 4hv
6	Imazalil	1406-6	4hv
7	Zuurstof in ruimtestation ISS	1406-7	3hv
8	Radicale chemie	1406-8	5,6v
9	Arseen maakt waterstof	1406-9	5v
10	Propyleenglycoldamp met nicotine	1406-10	4hv
11	Stabiele prestaties van suikerbieten	1406-11	3hv
12	Vier ozonvreter in atmosfeer	1406-12	5,6v
13	Zoek het polonium	1406-13	4,5v
14	Elektriciteit uit afvalgas	1406-14	5v
15	Ik voorzie een CO ₂ tekort	1406-15	4hv
16	Kevertruc verdedigt pinautomaten	1408-1	5hv
17	Superkatalysator zet CO ₂ om in CO	1408-2	5hv
18	Lignineprobleem opgelost	1408-3	5v
19	Serieus afbreekbaar bioplastic	1408-4	5v
20	Goedkoop struviet	1408-5	4hv
21	Productie duurzame energie stijgt, maar niet snel genoeg	1408-6	4hv
22	Groen, goud, blond	1408-7	4hv
23	Bodem boert CO ₂ weer omhoog	1408-8	5,6v
24	Meer ozon door alcoholauto	1408-9	5,6v
25	Contactlens Google meet bloedsuiker	1408-10	5v
26			
27			
28			
27			
28			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			

[illegible]

[illegible]

KEVERTRUC VERDEDIGT PINAUTOMATEN

Klas	5v 5h
Subdomein	Energie
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Exotherm, reactiewarmte, energiediagram, katalysator
Trefwoorden	Waterstofperoxide, bomardeerkever, hydrochinon
Vaardigheidsvraag	Informatiebewerkingsvraag

www.scientias.nl, 15 april 2014

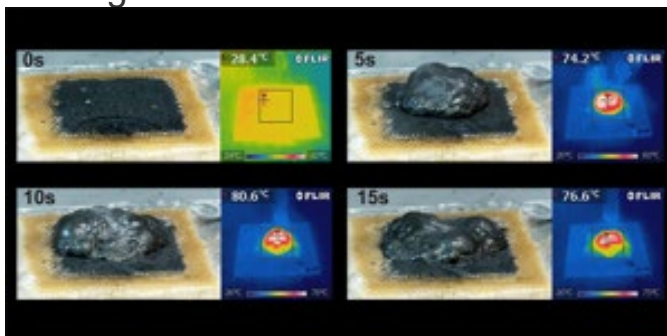
Kevertruc verdedigt pinautomaten

15 april 2014 | Ans Hekkenberg

Onderzoekers van de universiteit ETH Zürich hebben een zelfverdedigingsmechanisme voor pinautomaten bedacht. Dankzij een dunne coating spuwt de automaat vies schuim naar vandalen. De wetenschappers keken het trucje af van de bombardierkever.

Een speciaal laagje op een pinautomaat kan de machine tegen vandalisme beschermen. Zodra het oppervlak van de coating beschadigt raakt, verandert het laagje in heet, vies schuim.

Honingraat



Een coating op pinautomaten zorgt voor vies, heet schuim bij beschadiging.
Bron: ETH Zürich

De coating bestaat uit verschillende plastic lagen. Elke laag heeft een honingraatstructuur. De holtes van de honingraat zijn in de eerste laag gevuld met waterstofperoxide, en in de volgende laag met mangaandioxide (bruinsteen). Wanneer de honingraatstructuur beschadigt, bijvoorbeeld door vandalisme, komen de twee stoffen samen. In een heftige reactie vormen ze een schuim van waterdamp en zuurstof. Hierbij komt ook een flinke portie hitte vrij. Het resultaat is een vies schuim met een temperatuur tot wel 80 graden Celsius. De coating-uitvinding kan goed van pas komen: in de eerste helft van 2013 kraakten criminelen maar liefst duizend pinautomaten. Ze maakten toen tien miljoen euro buit.

Bombardierkever

Deze kever schrikt vijanden af door een corrosieve damp vrij te laten.

De onderzoekers leenden het idee van de bombardierkever. Deze keversoort schrikt roofdieren af met gasexplosies. Wanneer de kever in gevaar komt, mengt hij twee chemische stoffen in zijn maag. Die stoffen reageren tot een corrosieve damp die de roofdieren bestookt.



Bron: jayvee18 – Fotolia

De pinautomaat

De pinautomaat wordt beschermd tegen vandalisme door een speciale coating.

1 Geef in een schematische tekening de bouw van de coating weer.

De pinautomaat wordt beschermd doordat bij beschadiging een reactie optreedt waarbij uit een oplossing van waterstofperoxide met behulp van bruinsteen (mangaanoxide), water en zuurstof ontstaan: $2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$.

2 Wat is de functie van het bruinsteen bij deze reactie?

3 Leg uit waardoor het schuim zal ontstaan.

4 Heb je hier te maken met een exotherme of endotherme reactie? Licht je antwoord toe met gegevens uit het artikel.

5 Teken het energiediagram van de reactie met behulp van bruinsteen

6 Bereken de reactie-energie van deze reactie in J per mol H_2O_2 .

In het artikel is sprake van een temperatuurstijging tot 80°C . Ga ervan uit dat het mengsel dat opgewarmd wordt vooral water is.

7 Bereken hoeveel mL water opgewarmd kan worden van 20°C tot 80°C met de energie die vrijkomt zoals je berekend hebt bij vraag 6.

Bombardeerkever

In het artikel wordt het zelfverdedigingsmechanisme van de pinautomaat vergeleken met het afweermechanisme van de bombardeerkever. Laten we eens nader bekijken wat deze kever kan.

De bombardeerkever. Deze kever - hooguit een cm groot - spuit zijn vijanden een blauwe stinkende damp toe via zijn achterlijf. Die stinkende damp - waardoor de vijand trouwens aardig togetakeld wordt - is het product van een complex chemisch proces. Zoals vele kevers heeft ook de bombardeerkever achteraan twee klieren. Vaak worden hiermee onaangename ruikende of vies smakende stoffen afgescheiden om de vijand af te schrikken. Bij de bombardeerkever gaat het echter om een bijtend gas dat wordt aangemaakt via een wel erg eigenaardig proces.



De twee klieren van de bombardeerkever vormen een complexe machinerie die veel weg heeft van afweergeschut. In de ene klier zit een samenstelling van waterstofperoxide en twee hydrochinon-verbindingen. In de andere klier vinden we twee enzymen: katalase en peroxidase. De twee klieren worden gescheiden door kleppen. Via deze kleppen kunnen de stoffen samenkomen in een derde ruimte: de reactieruimte.

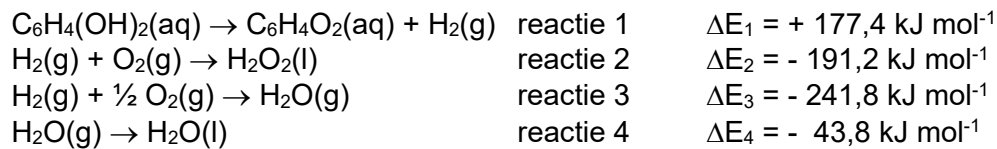
Wanneer de kever een aanval wil inzetten tegenover een vijand worden de kleppen opengezet. Hierdoor komen de verschillende stoffen samen in de (van een erge dikke wand voorziene) reactieruimte. Wat volgt is een **complex chemisch proces**.

Als gevolg van de samenkomst van stoffen ontleedt de waterstofperoxide in water en zuurstof. Onder invloed van peroxidase reageert de zuurstof vervolgens met de hydrochinon-verbindingen. Hierdoor ontstaat de bijtende stof chinon. In normale omstandigheden verloopt dit chemische proces erg traag, maar door de aanwezigheid van de enzymen verloopt het proces erg snel en explosief. Als gevolg van dit versnelde proces komt er zoveel energie vrij dat het mengsel bovendien het kookpunt bereikt. En omdat er veel peroxide aanwezig is, komt er ook veel zuurstof vrij. Die levert als gevolg van de verhitting zoveel gasdruk op dat de chinonoplossing naar buiten spuit. De kever richt hierbij zijn achterlijf naar de vijand die het bijtende mengsel over zich krijgt.

Bron: <http://users.skynet.be/fa369324/creationisme/html/bombardeerkever.html>

In de informatie over de kever is sprake van een exotherme reactie. De totaalvergelijking van het proces tussen hydrochinon ($\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$) en waterstofperoxide die zich afspeelt in het derde compartiment van de kever: $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}_2(\text{l}) \rightarrow \text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2(\text{aq}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

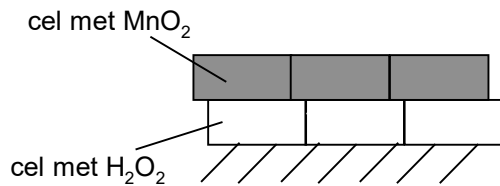
- 8 Wat is de rol van de enzymen in het proces?
- 9 Toon met behulp van een berekening van de reactie-enthalpie van deze reactie dat deze reactie inderdaad exotherm is. Maak hierbij gebruik van onderstaande gegevens:



- 10 Leg uit dat het “bereiken van het kookpunt” zorgt voor drukopbouw in het reactiecompartiment waardoor het reactiemengsel naar buiten kan spuiten.
- 11 Wat zijn de overeenkomsten tussen het systeem om de pinautomaat te beschermen en het verdedigingssysteem van de bombardeerkever?

Kevertruc verdedigt pinautomaten

1

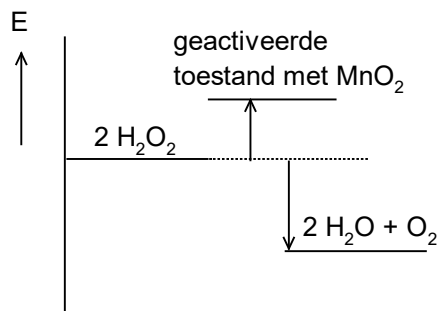


2 Bruinsteen is katalysator.

3 Er ontstaat zuurstofgas, dat voor belletjes in de vloeistof kan zorgen.

4 De temperatuur loopt op tot 80 °C dus een exotherme reactie.

5



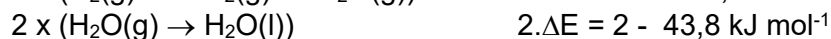
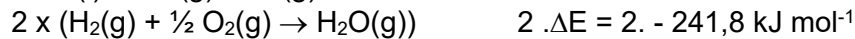
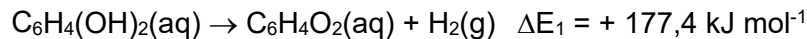
6 $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O(l)} + \text{O}_2\text{(g)}$.

$$\Delta E_{\text{reactie}} = -2 \cdot \Delta E_{\text{vorm H}_2\text{O}_2} + 2 \cdot \Delta E_{\text{vorm H}_2\text{O(l)}} = (-2 \cdot -1,88 + 2 \cdot -2,86) \cdot 10^5 = -0,98 \cdot 10^5 \text{ J/2 mol H}_2\text{O}_2 = -0,49 \cdot 10^5 \text{ J/mol H}_2\text{O}_2$$

7 $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$; $0,49 \cdot 10^5 = m \cdot 4,18 \cdot 10^3 \cdot 60 \rightarrow m = 0,200 \text{ kg water}$

8 De enzymen katalyseren de reactie

9 $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_2\text{(l)} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2\text{(aq)} + 2 \text{H}_2\text{O(l)}$ is opgebouwd uit

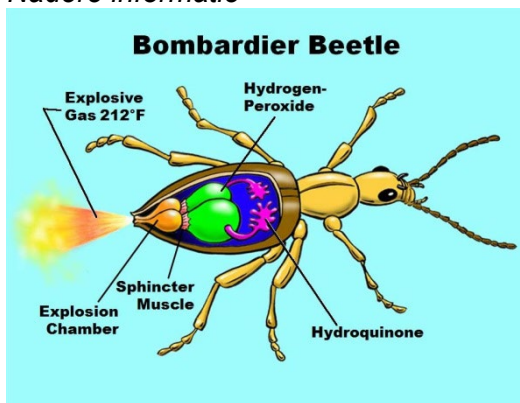


Dus $\Delta E_{\text{reactie}} = + 177,4 + 191,2 + 2 \cdot - 241,8 + 2 \cdot - 43,8 = - 202,6 \text{ kJ mol}^{-1}$. Een exotherme reactie

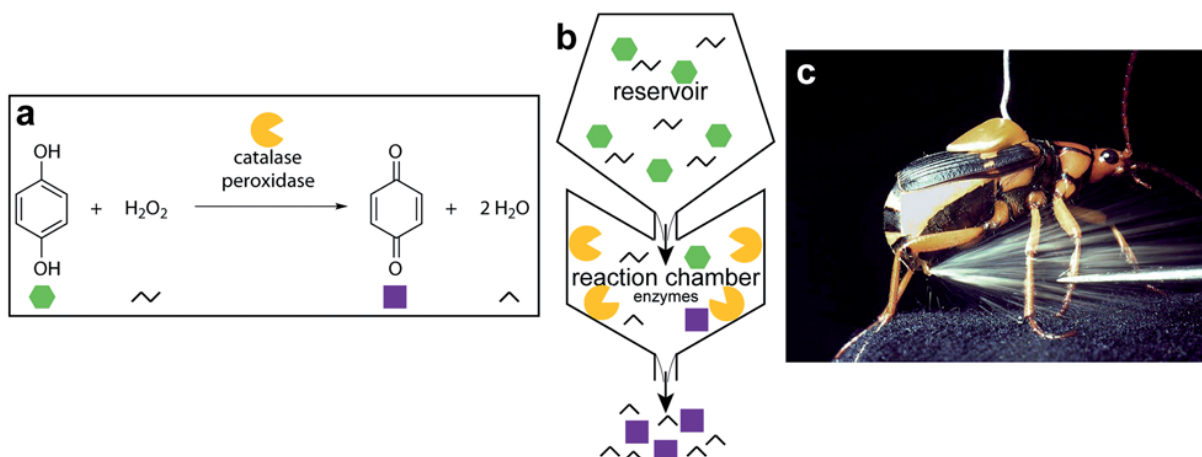
10 Bij het kookpunt gaat vloeibaar water over in gasvormig water dat een veel groter volume inneemt. Dit zorgt voor drukopbouw

11 Overeenkomsten: beide werken met waterstofperoxide, is er sprake van een katalysator, hoge temperatuur en drukopbouw door gasvorming.

Nadere informatie

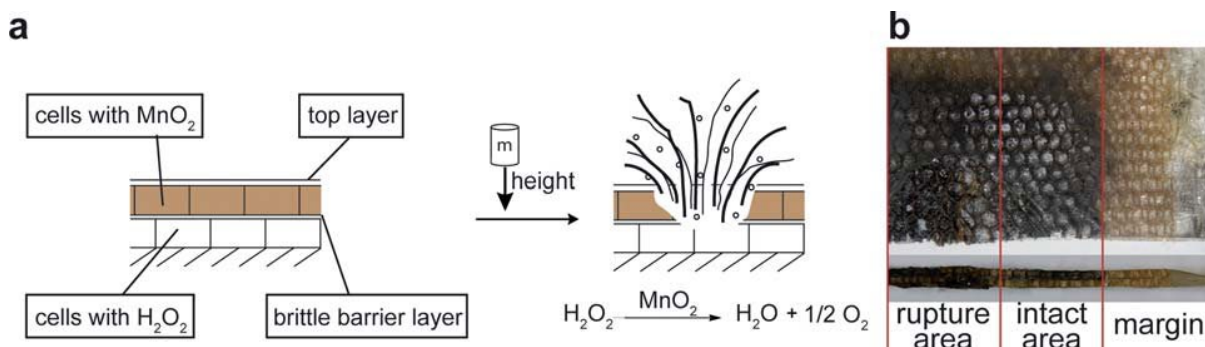


Bron: <http://biol2205mattsbombardierbeetles.weebly.com/physiology.html>



Scheme 1 Catalytic defensive decomposition of hydrogen peroxide (H_2O_2) and reaction with hydroquinone (a). Enzymes and reagents are stored in compartmented chambers (b). Upon contraction of the reservoir and discharge of reagents into the enzyme loaded reaction chamber, a rapid and strongly exothermic reaction (overall heat release is $-202.8 \text{ kJ mol}^{-1}$) produces a defensive spray. Copyright (1999) National Academy of Sciences, U.S.A.

Bron: Halter J.G. (2014), Self-defending anti-vandalism surfaces based on mechanically triggered mixing of reactants in polymer foils, *Journal of Materials Chemistry A*, Online-Publikation 7. März 2014, DOI:10.1039/C3TA15326F



Scheme 2 Working principle of a reactive surface with mechanical sensitivity. The reagents are stored within the surface's cells and separated by a brittle layer. Upon mechanical impact, the brittle layer breaks which results in mixing and start of the reaction. In this example, hydrogen peroxide (H_2O_2) is catalytically decomposed by manganesedioxide (MnO_2). The reaction produces steam (water), oxygen (O_2) and heat (-98 kJ mol^{-1})

Bron: Halter J.G. (2014), Self-defending anti-vandalism surfaces based on mechanically triggered mixing of reactants in polymer foils, *Journal of Materials Chemistry A*, Online-Publikation 7. März 2014, DOI:10.1039/C3TA15326F

SUPERKATALYSATOR ZET CO₂ OM IN CO

Klas	5hv
Subdomein	Energie
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Energiediagram, endotherm, duurzaamheid
Trefwoorden	CO ₂ , CO, superkatalysator, nano, energiediagram, endotherm
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.technischweekblad.nl, 18 februari 2014

Superkatalysator zet CO₂ om in CO

Teake Zuidema

Scheikundigen van de University of Delaware schrijven in Nature Communications dat ze een katalysator van nanoporeus zilver hebben ontwikkeld die drieduizend maal actiever is dan polykristallijn zilver bij het omzetten van koolstofdioxide (CO₂) in koolstofmonoxide (CO).

Het nanoporeuze zilver dankt de extreem hoge activiteit aan zijn grote interne oppervlak. De katalysator heeft een rendement van 92 %. Ook het voltage dat nodig is om de reactie op gang te brengen is aanzienlijk lager.

Feng Jiao, een van de auteurs, zegt dat het selectief omzetten van CO₂ naar CO een belangrijke stap is naar de ontwikkeling van schone, synthetische brandstoffen.



Aan de University of Delaware hebben scheikundigen een katalysator van nanoporeus zilver ontwikkeld.

- 1 Wat is de functie van een katalysator?
- 2 Waar slaat de aanduiding 'nano' op?
- 3 Wat is het voordeel van het poreus zijn van de katalysator?

De nieuwe katalysator moet de omzetting van CO₂ in CO activeren.

- 4 Welke voordelen brengt het gebruik van de nieuwe katalysator met zich mee?

Het selectief omzetten van CO₂ in CO is een belangrijke stap voor de ontwikkeling van schone, synthetische brandstoffen. Bij de omzetting reageert CO₂ met waterstof tot CO en waterdamp.

- 5 Geef de reactievergelijking van deze omzetting.
- 6 Leg uit of deze reactie endotherm of exotherm is. Licht je antwoord toe met een berekening.
- 7 Met welke stof moet het verkregen CO reageren om synthetische brandstoffen te krijgen?

De nieuwe katalysator van nanoporeus zilver is 3000x actiever dan de traditionele van polykristallijn zilver bij het omzetten van CO₂ in CO.

8 Geef in een energiediagram aan hoe een katalysator de reactiesnelheid beïnvloedt.

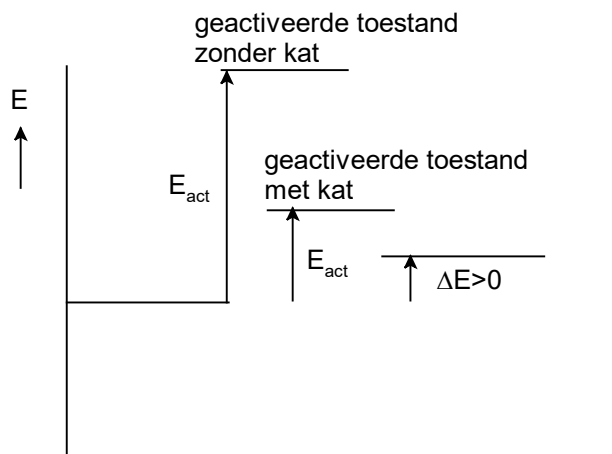
Of het totaalproces als groen betiteld kan worden is van een aantal factoren afhankelijk.

9 Welke argumenten kun je noemen waarom het totaalproces groen is?

10 Welke argumenten kun je noemen waarom het totaalproces niet (volledig) groen is?

Superkatalysator zet CO₂ om in CO

- 1 Een katalysator versnelt de reactie zonder daarbij verbruikt wordt.
- 2 Nano slaat op de grootte van de deeltjes, dus in orde van grootte van 10⁻⁹ m.
- 3 Poreus betekent dat er gemakkelijk gassen doorheen kunnen en dat het een zeer groot aanrakingsoppervlak heeft.
- 4 Het rendement van het proces is zeer hoog en het voltage om de reactie op gang te brengen is veel lager.
- 5 Reactie: $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$.
- 6 Reactiewarmte = ontledingswarmte CO₂ + vormingswarmte CO + vormingswarmte H₂O(g) dus +393,5 kJ -110,5 kJ -242 kJ = +41 kJ, dus endotherm.
- 7 Met waterstof (voor Fischer-Tropsch reactie).
- 8



- 9 Het rendement is zeer hoog dus weinig afval, je gebruikt hernieuwbare grondstoffen.
- 10 Je gebruikt zilver als katalysator, niet alle grondstoffen zijn hernieuwbaar.

LIGNINEPROBLEEM OPGELOST

Klas	5v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
specificaties	Zuur-base, organische reacties
Trefwoorden	Biomassa, lignine, cellulose, fermentatie, PIL, DES, bio-ethanol
Vaardigheidsvraag	Informatiebewerkingsvraag

C2W Life Sciences, 7 februari 2014

LIGNINEPROBLEEM OPGELOST

Collectie exotische biomassa-solventen zwelt gestaag aan.

Houtige biomassa is geschikt te maken voor fermentatie met een speciale ionische vloeistof waarin alleen de ligninefractie oplost, stellen onderzoekers van North Carolina State University in het tijdschrift *Green Chemistry*. Het is lang niet de eerste ionische vloeistof waarmee dit lukt, maar waarschijnlijk wel de goedkoopste.

Zo'n vloeistof is een organisch zout met een smeltpunt beneden de 100 °C. In dit geval is het een 'protische ionische vloeistof' (PIL), een subcategorie die bestaat uit een mengsel van een Brønstedzuur en een passende base. Door uitwisseling van een proton ontstaan de ionen ter plekke. Of je zo'n systeem wel een ionische vloeistof mag noemen is een definitieve kwestie. Een criterium kan zijn dat het evenwicht zo ver naar rechts ligt dat je minder dan een procent ongeladen moleculen overhoudt.

In simpele PIL's, bestaande uit azijnzuur en een organisch amine, blijkt lignine om onduidelijke redenen wel op te lossen en cellulose niet. Kwestie van roeren en een beetje verwarmen. Door te variëren met de amines kun je het proces

optimaliseren. Bij voorkeur moet de PIL naast de lignine ook de hemicellulose, de derde component van het hout, een beetje oplossen zodat de vezels vlot uit elkaar vallen.

Na afloop filter je de cellulose af en breek je haar op tot losse suikers voor bio-ethanolproductie. Het resterende mengsel verwarm je nog wat verder zodat de PIL verdampt en de lignine overblijft als vast residu. De damp vang je apart op, voor hergebruik.

Wellicht kan het nog mooier. In *Science* presenteerden James Dumesic en collega's van de University of Wisconsin-

Madison onlangs een mengsel van γ -valerolacton (GVL) en 0,05 procent zwavelzuur dat het hout niet alleen oplost maar ook nog zorgt voor het opbreken van de cellulosefractie. De resulterende suikers kun je vervolgens vrij eenvoudig extraheren naar een waterfase. Voordeel van GVL is dat het zelf ook uit suikers wordt gemaakt, via hydroxymethylfurfural, en dus naadloos in het duurzame plaatje past.

En het *Financieele Dagblad* meldt dat de papierindustrie wildenthousiast is over 'deep eutectic solvents' (DES). Net zoals soldeer een lager smeltpunt heeft dan de metalen waaruit het bestaat, krijg je soms een vloeistof als je twee vaste zouten (vaak een metaalzout en een organisch zout) met elkaar vermengt. Min of meer voor de aardigheid probeerde de Eindhovense procestechnologe Maaïke Kroon er een paar uit op biomassa, en ontdekte dat ze daar net zoiets mee doen kan als een PIL. Alweer toevallig kreeg de papiersector er lucht van. Die studeert nu samen met de TU/e op een proeffabriek die de celluloseproductie drastisch vergroent, en tevens pure lignine levert als grondstof voor de chemische industrie. (ADI) |



Ontleding van houtige biomassa lijkt uiteindelijk een koud kunstje. Nou goed, lauwwarm.

Houtige biomassa bevat onder meer lignine. De verwijdering van lignine is vaak een probleem. Onderzoekers hebben een proces ontwikkeld om de lignine te verwijderen en de rest, voornamelijk cellulose en een beetje hemicellulose, daardoor geschikt te maken voor fermentatie.

1 Wat versta je onder fermentatie?

De onderzoekers hebben een speciale ionische vloeistof gebruikt, een organisch zout met een smeltpunt beneden de 100°C. In het geval van de houtige biomassa is dat PIL.

2 Waar staat de afkorting PIL voor?

3 Hoe kun je in het algemeen een PIL maken?

Een criterium of je een systeem een PIL mag noemen kan zijn dat het evenwicht tussen ongeladen moleculen en ionen zo ver naar rechts ligt dat er maximaal 1% ongeladen moleculen over blijven. Een voorbeeld van een eenvoudige PIL is een mengsel van azijnzuur en ethaanamine.

- 4 Geef de vergelijking van het evenwicht dat zich instelt bij dit mengsel.
- 5 Bereken hoeveel procent ongesplitst azijnzuur aanwezig zal zijn bij evenwicht. Ga uit van een mengsel van evenveel azijnzuur als ethaanamine.

In een PIL van azijnzuur en ethaanamine blijkt lignine wel op te lossen en cellulose niet.

- 6 Geef de naam van de scheidingsmethode die je dan toe kunt passen.

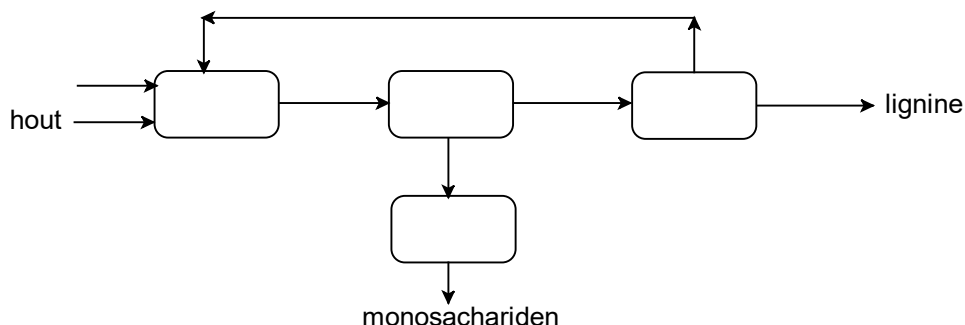
De afgescheiden cellulose wordt daarna afgebroken tot de losse suikers (monosachariden) voor de bio-ethanolproductie.

- 7 Geef de reactievergelijking voor de omzetting van cellulose in losse suikers.
- 8 Geef de reactievergelijking voor de fermentatie van die losse suikers.

Het opgeloste lignine moet daarna worden gescheiden van het oplosmiddel.

- 9 Hoe vindt die scheiding plaats?
- 10 Waarom zal lignine daarbij het residu zijn?

Het totale proces van houtige biomassa tot monosachariden voor de productie van bio-ethanol en lignine kun je in een blokschema weergeven. Hieronder is het vrijwel lege blokschema weergegeven.



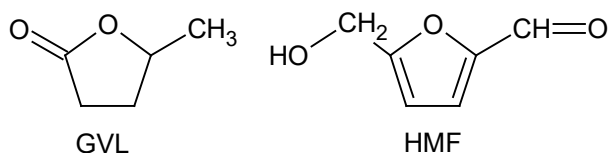
- 11 Neem het bovenstaande blokschema over en vul het in.

Nieuw mengsel

Het ontsluiten van houtige biomassa “kan nog mooier”. Onderzoekers van de Universiteit van Wisconsin-Madison hebben een mengsel ontwikkeld dat “het hout niet alleen oplost maar ook nog zorgt voor het opbreken van de cellulosefractie”. De suikers die zo vrij komen, kunnen daarna geëxtraheerd worden naar een waterfase.

- 12 Leg uit waardoor de gevormde suikers zo goed oplossen in water. Geef in je uitleg aan wanneer je macro-niveau gebruikt en wanneer micro-niveau.

De onderzoekers gebruikten een mengsel van γ -valerolacton (GVL) en 0,05% zwavelzuur. GVL wordt gemaakt uit hydroxymethylfurfural (HMF).



13 Geef de reactie van de omzetting van HMF in GVL in structuurformules weer.

HMF wordt gemaakt uit suikers en kan dus ook uit cellulose, $(C_6H_{10}O_5)_n$, gevormd worden.

14 Geef de vergelijking van die omzetting in molecuulformules weer.

DES

De papierindustrie is enthousiast over het gebruik van stoffen die aangeduid worden als DES.

15 Waar staat de afkorting DES voor?

16 Wat is de overeenkomst tussen DES en een metaallegering zoals soldeer?

17 Waarom zal de papierindustrie zo enthousiast zijn over DES?

Er wordt in het artikel gesproken over 'vergroening van processen'.

18 Wat wordt met de term 'vergroening' aangegeven?

Lignineprobleem opgelost

1 Fermentatie is de zuurstofloze omzetting van suikers in ethanol en koolstofdioxide.

2 PIL staat voor protische ionische vloeistof (protic ionic liquid).

3 Je kunt een PIL maken uit een Brönstedzuur en een passende base.

4 Evenwicht: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3^+$.

5 $K = \frac{K_z(\text{azijnzuur})}{K_z(\text{ethylammonium})} = \frac{1,7 \cdot 10^{-5}}{2,2 \cdot 10^{-11}} = 7,7 \cdot 10^5$. Dus bij evenveel azijnzuur als ethylamine

geldt dan:

$\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]^2}{[\text{CH}_3\text{COOH}]^2} = 7,7 \cdot 10^5$. Dan $\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = 8,8 \cdot 10^2$. Dus 1 op de 880 deeltjes is niet geïoniseerd.

Procentueel is dat $\frac{1}{880} \times 100\% = 0,11\%$.

6 Extraheren/extractie.

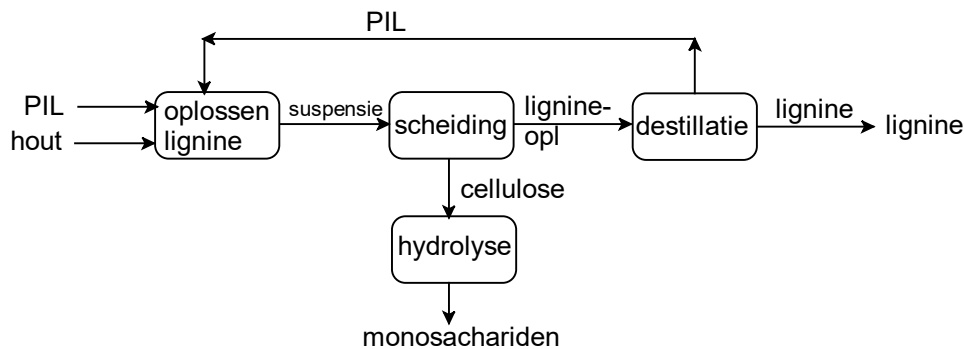
7 Reactie: $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + n \text{H}_2\text{O} \rightarrow n \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.

8 Reactie: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2 \text{CO}_2$.

9 Via afdestampen van het mengsel van PIL van de lignine (destillatie).

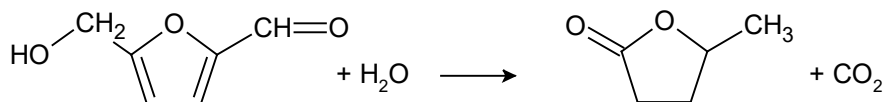
10 PIL heeft een veel lager kookpunt en zal dus als bij verwarming als eerste verdampen.

11



12 De stof suiker is hydrofiel en lost goed op in water (macro). De moleculen van de suikers kunnen heel veel H-bruggen vormen met watermoleculen (micro).

13



14 Reactie: $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n \rightarrow n \text{C}_6\text{H}_6\text{O}_3 + 2n \text{H}_2\text{O}$

15 DES staat voor deep eutectic solvents.

16 Dat je een stofmengsel krijgt dat een veel lager smeltpunt heeft dan de stoffen waaruit het bestaat.

17 Zij denken dat zo veel meer goedkopere cellulose geproduceerd kan worden op een groenere wijze.

18 Vergroening betekent dat het over stoffen en processen gaat die veel minder het milieu belasten.

SERIEUS AFBREEKBAAR BIOPLASTIC

Klas	5 v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie, Onderzoeken
Specificaties	Polycondensatie, Practicum
Trefwoorden	Glycerol, citroenzuur, bioafbreekbaar, hydrolyse,
Vaardigheidsvraag	Informatieselectievraag

www.c2w.nl, 24 februari 2014

Seriesus afbreekbaar bioplastic

UvA promoot polyester van glycerol en citroenzuur

Arjen Dijkgraaf

Van glycerol en citroenzuur kun je een polyester maken die pas écht goed biologisch afbreekbaar is. Binnen een paar jaar is het weg, melden UvA-onderzoekers Albert Alberts en Gadi Rothenberg.



De tafel.

In een persbericht wist de universiteit het nieuws zó overtuigend te hypen (citaat: 'bij massaproductie leidt dit niet tot plastic soep in de oceanen...') dat het vandaag (25 februari) de voorpagina van het Parool haalde.

Dat het wondermateriaal bestond, zong al langer rond. Maar tot nu toe was de samenstelling geheim. Pas vorige week werden de drie belangrijkste octrooien (EP2697293, EP2697294 en EP2697321) openbaar en kon worden onthuld dat het een polyester is van een alifatische polyalcohol en een tricarboxylzuur. Lees: glycerol en citroenzuur.

De octrooien verraden dat het polyester vooral dient als bindmiddel. Je kunt het vermengen met een hoog percentage glas-, koolstof- of houtvezels, of het als lijm gebruiken in multiplexplaat. In het persbericht wordt uitgelegd dat je er ook glas of metaal mee kunt verlijmen. Collega's van de Hogeschool van Amsterdam hebben op deze manier al een tafel geproduceerd die ze zojuist aan het gezamenlijke college van bestuur cadeau hebben gedaan.

Volgens Alberts kun je het zelfs vermengen met conventionele polymeren, die daardoor ook enigszins biodegradeerbaar worden.

Die snelle afbreekbaarheid wordt voornamelijk veroorzaakt doordat het polyester langzaam oplost in water (vandaar dat de bovenste laag van die tafel uit een glazen plaat bestaat). De monomeren zijn puur natuur, en dus nauwelijks belastend voor het milieu.

Rothenberg en Alberts, eigenlijk katalyse-experts, ontdekten het per ongeluk toen ze werkten aan de synthese van biobrandstoffen. Ze verwachten dat de uitvinding, die de naam Glycix heeft meegekregen, binnen twee jaar klaar kan zijn voor industriële toepassing,. Mits een commerciële partner wordt gevonden die het aandurft.

bron: UvA, Het Parool

Bij de UvA hebben onderzoekers een nieuw polymeer gemaakt uit glycerol en citroenzuur.

- 1 Teken de structuurformules van glycerol en citroenzuur.
- 2 Leg uit dat uit deze twee stoffen een polyester gemaakt kan worden.
- 3 Teken een stukje van de polyester met minimaal drie moleculen van elk monomeer.

De polyester is volgens het artikel niet bestand tegen water.

- 4 Geef de naam van de reactie die optreedt als de polyester reageert met water.
- 5 Geef de naam van het type materiaal dat ontstaat als je vezels mengt met polymeren.

De onderzoekers van de UvA claimen dat zij een nieuw polymeer hebben ontdekt.

- 6 Ga met internet na of dit juist is. Als zoektermen in het Engels kun je gebruiken *polymer*, *citric acid en glycerol*. In het Duits kun je gebruiken *Glyzerin*, *Glycerin*, *Zitronensäure* of *Citronensäure*, *Kunststoff*

Practicum

Polyester uit citroenzuur en glycerol en composiet

A Uitvoering met magnetron

Benodigdheden

- Magnetron (draaiplateau en instelbaar wattage)
- Horlogeglas
- Glasstaaf of lange saté prikker
- beker glas 100 mL
- 1,7 g glycerol
- 7 g citroenzuur
- Water
- Verbandgaasje
- Aluminiumfolie
- Eventueel roermotor met magnetische roervlo

Werkwijze

1 Voorbereiden voor de composiet

- Knip een stukje (enkel) verbandgaas van 5 x 5 cm
- Vouw van aluminiumfolie een bakje met een opstaand randje (ongeveer 1 cm hoog)

2 Maken van het polymeer

- Stel de magnetron in op 800 Watt.
- Breng de glycerol en het citroenzuur in het beker glas van 100 mL.
- Zet het beker glas aan de rand van het draaiplateau in de magnetron.
- Stel de tijd van de magnetron in op 1 minuut.
- Zet de magnetron aan.
- Kijk na een minuut.
- Als de citroenzuur nog niet volledig is opgelost in de glycerol, nogmaals kort verwarmen in de magnetron tot een heldere doorzichtige oplossing is ontstaan.
- Giet een deel van de vloeistof op het horlogeglas. Giet het andere deel in het aluminiumfoliebakje met het verbandgaas
- Laat afkoelen. Tijdens het afkoelen kun je proberen van het polymeer op het horlogeglas met de glasstaaf (of saté prikker) draden te trekken .

3 Oplossen van het polymeer

Neem een stukje van je polymeer en breng dat in water. Roer af en toe.
Noteer hoe lang het duurt voor het polymeer is verdwenen.

B Uitvoering met oven

Benodigdheden

- Oven
- Glasstaaf of lange saté prikker
- 1,7 g glycerol
- 7 g citroenzuur
- Water
- Aluminiumfolie
- Verbandgaasje
- 2 bekers 100 mL
- Eventueel roermotor met magnetische roervlo

Werkwijze

1 Voorbereiden voor de composiet

- Knip een stukje (enkel) verbandgaas van 5x 5 cm
- Vouw van aluminiumfolie een bakje met een opstaand randje (ongeveer 1 cm hoog)

2 Maken van het polymeer

- Verwarm een oven tot 180 °C
- Breng in het aluminiumfoliebakje de glycerol en de citroenzuur.
- Meng ze door elkaar heen.
- Zet het aluminiumbakje met inhoud in de oven.
- Neem zodra het mengsel gesmolten is met een glasstaaf een monster dat je laat afkoelen
- Neem vijf minuten later nog een monster dat je ook laat afkoelen.

3 Oplossen van het polymeer

Neem ongeveer gelijke stukjes van beide monsters en breng ze ieder in een apart bekersglas met 50 mL water. Roer af en toe.
Noteer hoe lang het duurt voor het polymeer is verdwenen.

C Uitvoering met een brander

Benodigdheden

- Brander en lucifers
- Reageerbuis
- Reageerbuisrek
- Reageerbuis (droog)
- Glasstaaf of lange saté prikker
- 0,7 g glycerol
- 3 g citroenzuur
- Water
- Bekersglas 100 mL
- Eventueel roermotor met magnetische roervlo

Werkwijze

- Breng in een droge reageerbuis de citroenzuur en de glycerol.
- Meng het geheel met een glasstaaf of saté prikker.

- Verwarm, terwijl je schudt, de inhoud van de buis langzaam met een rustige blauwe vlam.
- Laat het mengsel ongeveer 2 minuten rustig koken. Let op het mengsel mag niet donker kleuren.
- Laat de inhoud van de buis afkoelen.
- Probeer draden te trekken met de sate prikker.
- Indien dit niet goed lukt, de inhoud van de ereageerbuis uitgieten op een horlogeglas en dan draden trekken.

2 Oplossen van het polymeer

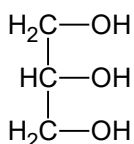
Neem een stukje van je polymeer en breng dat in water. Roer af en toe.
Noteer hoe lang het duurt voor het polymeer is verdwenen.

Opdracht

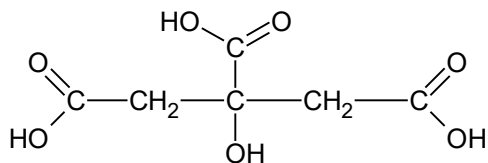
Vergelijk de verschillende oplostijden van het gevormde polymeer.

Serieus afbreekbaar bioplastic

1



glycerol (propaan-1,2,3-triol)

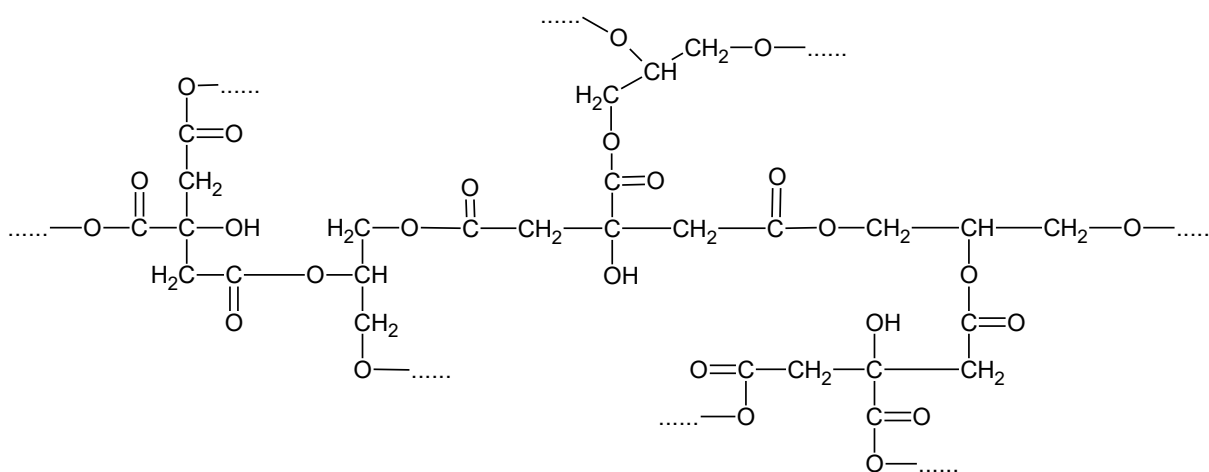


citroenzuur

(2-hydroxypropaan-1,2,3-tricarbonsuur)

- 2 Glycerol bevat OH-groepen, Citroenzuur bevat –COOH groepen. Je kunt een estergroep vormen door de reactie van een OH-groep met een –COOH groep. Aangezien beide moleculen meerdere OH-groepen respectievelijk -COOH groepen bevatten kan er een polymeer ontstaan, zelfs een netwerkpolymeer

3



- 4 Hydrolyse.
5 Composiet.
6 In 1988 is al de eerste keer het polymeer gemaakt. In Duitsland zijn al verschillende proefbeschrijvingen voor leerlingen verschenen.

Practicum

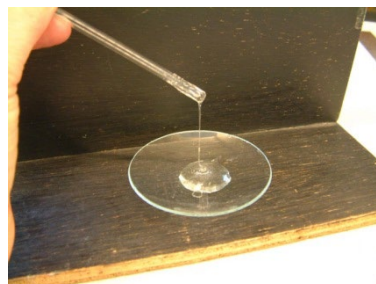
Er ontstaat een hoog viskeuze doorzichtige stof. In de reageerbuis is bovenin vocht waarneembaar. Na het afkoelen houd je een vaste doorzichtige massa over. De polyester is in water oplosbaar.

Uitvoering met magnetron

65 seconden magnetron 700 watt (=maximaal vermogen van de magnetron) i.p.v. 1 minuut 800 watt. Resultaat: Goed opgelost, heldere oplossing.



Verdelen op horlogeglas en bakje met het verbandgaas



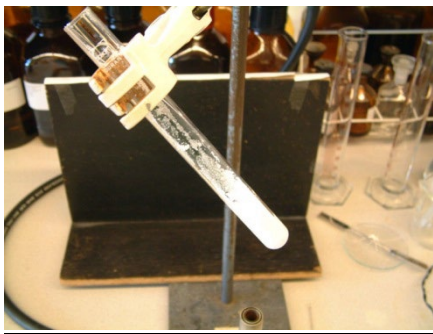
Na enkele minuten afkoelen mogelijk om draden te trekken



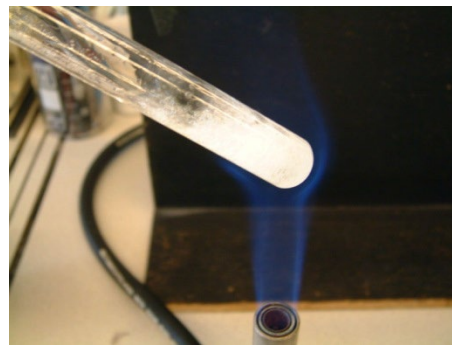
Na $\pm$ 2 minuten roeren stukje polymeer opgelost



Uitvoering met een brander



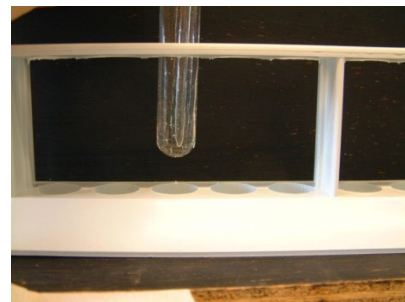
0.7 gram glycerol en 3 gram citroenzuur geroerd met roerstaaf



2 minuten rustig gekookt in blauwe vlam



Buis laten afkoelen, draden trekken niet goed zichtbaar in reageerbuis. (alternatief: uitgieten voor afkoelen op een horlogeglas)



Na 2 minuten is het polymeer opgelost

Achtergrondliteratuur (gezien april 2014)

* Oudste literatuur

D. Pramanick e.a.(1988), Synthesis and biodegradation of copolyesters from citric acid and glycerol, *Polymer Bulletin* 19, 368-370.

* Zie voor uitgebreide experimenten:

https://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/10193/Trenkel_MSThesis_final_copy.pdf?sequence=1

* Zie voor leerlingenexperimenten in Duitsland:

- <http://www.chf.de/eduthek/projektarbeiten/Schulversuche-Mikrowelle.pdf>

- <http://www.uni-giessen.de/cms/fbz/fb08/Inst/Chemiedidaktik/mat/dat/makro.pdf>

Idee voor onderzoek

Andere polyalcoholen gebruiken, o.a. D-sorbitol, zie

<http://www.uni-giessen.de/cms/fbz/fb08/Inst/Chemiedidaktik/mat/dat/makro.pdf>

Opmerking m.b.t. veiligheid

De redactie neemt geen verantwoording voor de experimenten. Aangeraden wordt om zelf experimenten op veiligheid te beoordelen en de bijbehorende maatregelen te treffen.

PRODUCTIE DUURZAME ENERGIE STIJGT, MAAR NIET SNEL GENOEG

Klas	4hv
Subdomein	Energie
Vaardigheid	Rekenen
Specificaties	Energiebehoud, brandstoffen en duurzaamheid
Trefwoorden	Energie, hernieuwbare bron, milieu, PJ, W
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

Boerderij, 14 februari 2014

Productie duurzame energie stijgt, maar niet snel genoeg

ACHTERGROND

DOOR MARISKA VERMAAS

Duurzame energie is een van de aandachtsgebieden voor het Nederlandse kabinet. In 2020 moet 14 procent van de gebruikte energie op een duurzame manier geproduceerd worden. Nederland loopt aanzienlijk achter bij de realisatie van dit doel. In de Voortgangsrapportage Duurzame Energie van het ministerie van Economische Zaken wordt jaarlijks een overzicht gegeven van de stand van zaken. In 2012 was de doelstelling om 4,7 procent van het totale energieverbruik te winnen uit hernieuwbare energie. Deze doelstelling werd niet gehaald: de teller bleef, ondanks een groei met 0,2 procentpunt, steken op 4,5 procent. In 2010 bedroeg het aandeel nog 3,7 procent. In 2012 werd in totaal in Nederland 3.269 petajoule (PJ) energie verbruikt. De grootste bronnen hiervan zijn aardgas (1.373 PJ), olie (1.258 PJ) en kolen (344 PJ). Uit hernieuwbare bronnen werd 140 PJ aan energie gewonnen, uit kernenergie was 39 PJ afkomstig. De meeste duurzame

Het aandeel duurzame energie is in 2012 in Nederland gestegen, zo blijkt uit de Voortgangsrapportage over gebruik van duurzame energie. Toch werd de streefwaarde van 4,7 procent voor 2012 nog niet gehaald. De doelstelling van 14 procent duurzame energie in 2020 wordt lastig.



energie in Nederland komt met 2.433 megawatt (MW) voort uit windenergie. Dit is een stijging van 117 MW ten opzichte van 2011. Bij de productie van energie uit biomassa is een lichte daling. Er werd in 2012 1.243 MW geproduceerd, 54 MW minder dan in 2011. Biogas is met 219 MW een klein deel van de totale hoeveelheid energie die uit biomassa wordt geproduceerd. De hoeveelheid duurzame energie uit biogas was in 2012 wel 2 MW hoger dan in 2011. Uit zonne-energie werd in 2012 365 MW geproduceerd, dat is ruim 2,5 keer zoveel als in het jaar ervoor. De productie van hernieuwbare elektriciteit steeg in 2012 met 5 procent ten opzichte -

van 2011, de productie van hernieuwbare warmte steeg met 7 procent. Ondanks de groei worden de doelen nog niet gehaald. Het belangrijkste instrument om het aandeel duurzame energie te verhogen van het kabinet is de SDE +-regeling. Via deze regeling wordt subsidie gegeven aan producenten van duurzame energie. De regeling is zodanig opgebouwd dat er voor zo min mogelijk subsidiekosten zoveel mogelijk duurzame energie moet worden geproduceerd. De kosten van deze regeling lopen op van 0,9 miljard euro per jaar in 2014 tot 2,8 miljard euro per jaar in 2020 en 3,2 miljard euro in 2023. Het geld is deels afkomstig uit de algemene middelen en deels uit een opslag op de energierekening die in 2013 is ingevoerd. Naast de subsidieregeling moet de Top-sector Energie innovatie in de energiesector bevorderen.

De voorraad fossiele brandstoffen is eindig. Daarom moet de duurzame opwekking van energie worden bevorderd.

Het aandeel duurzaam opgewekte energie is in 2012 in Nederland gestegen, maar niet voldoende.

1 Wat versta je onder duurzaam opgewekte energie?

In 2012 werd in Nederland in totaal 3269 PJ aan energie verbruikt.

2 Welke energiebronnen werden in 2012 in Nederland gebruikt?

3 Geef bij elke bron aan hoeveel energie deze heeft geleverd in 2012.

4 Hoeveel J is 3269 PJ? Geef je antwoord in de wetenschappelijke notatie weer.

5 Laat zien dat de genoemde bronnen samen niet de 3269 PJ opleveren.

6 Wat is het procentuele verschil?

7 Geef een verklaring voor het gevonden verschil.

Er wordt gesproken over hernieuwbare bronnen.

8 Wat versta je onder hernieuwbare bronnen?

9 Welke hernieuwbare bronnen worden er genoemd?

Een aparte bron is kernenergie.

10 Leg uit waarom dit als aparte bron genoemd wordt.

Er worden verschillende eenheden gebruikt waardoor het soms lastig is om te vergelijken.

11 Welke twee eenheden van energie kom je tegen?

12 Welk verband bestaat er tussen beide eenheden?

Productie duurzame energie stijgt, maar niet snel genoeg

- 1 Energie die uit hernieuwbare bronnen is opgewekt.
- 2 De grootste bronnen zijn aardgas, olie en kolen. Daarnaast hernieuwbare bronnen zoals zonne-, windenergie en biomassa.
- 3 Aardgas: 1373 PJ, olie 1258 PJ, steenkool 344 PJ. Hernieuwbare bronnen 140 PJ en kernenergie 39 PJ.
- 4 $3269 \text{ PJ} = 3269 \cdot 10^{15} \text{ J} = 3,269 \cdot 10^{18} \text{ J}$.
- 5 Totaal $1373 + 1258 + 344 + 140 + 39 = 3154 \text{ PJ}$.
- 6 Verschil is $3269 - 3154 = 115 \text{ PJ}$. Procentueel verschil = $115/3269 \times 100\% = 3,52\%$.
- 7 Waarschijnlijk is een kleine bron niet meegenomen in het overzicht.
- 8 Hernieuwbare bronnen betekent dat de natuur dit direct weer aanvult.
- 9 Zonne-energie, windenergie, biomassa.
- 10 Kernenergie levert energie door kernreacties, niet door verbranding zoals fossiele energiebronnen.
- 11 De eenheid J en de eenheid W.
- 12 $1 \text{ W} = 1 \text{ J s}^{-1}$.

BODEM BOERT CO₂ WEER OMHOOG

Klas	5/6 v
Subdomein	Behoudswetten en kringlopen
Vaardigheid	Redeneren m.b.t. duurzaamheid
Specificaties	Stofkringloop, elementkringloop
Trefwoorden	Snelheidsvergelijking, CO ₂ opname en CO ₂ -afgifte door de grond, priming, fotosynthese
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

NRC Handelsblad, 26 april 2014

Klimaatverandering De mondiale opwarming werkt door op de natuur. Met soms onverwachte gevolgen. De rijkdom aan planten en dieren is niet afgenomen, zo beweert een studie. En uit de bodems ontsnapt meer CO₂ dan bekend was



Door Marcel aan de Brugh

Wat een sof. Voor klimaatwetenschappers moet de studie van Kees Jan van Groenigen en zijn vier collega's, gisteren gepubliceerd in *Science*, als een tegenvaller komen. Uit hun onderzoek blijkt dat bacteriën en schimmels in de grond, indirect, reageren op een stijging van de CO₂-concentratie in de lucht. De afbraak van dood organisch materiaal, zoals bladeren, verloopt sneller. Bij deze decompositie komt CO₂ vrij. Een hogere CO₂-concentratie in de lucht leidt uiteindelijk dus tot méér uitstoot van hetzelfde broeikasgas uit de bodem. Dat is teleurstellend, zegt Van Groenigen, omdat biologen en klimaatwetenschappers er tot nog toe vanuit gingen dat een stijging van de CO₂-concentratie vooral een dempend effect in de hand werkte. Planten gaan onder die conditie sneller groeien, en leggen zo meer koolstof vast. Bij het sterven van de plant komt die koolstof terecht in de bodem. Die dient dus als een *sink* voor koolstof, een opslagput. Dat effect blijkt in eerste instantie ook uit het onderzoek van Van Groenigen, die verbonden is aan de Northern Arizona University. Via een meta-analyse van 53 eerder uitgevoerde experimenten komen de vijf onderzoekers tot de conclusie dat er 20 procent meer koolstof in de bodem wordt vastgelegd bij een hogere CO₂-concentratie in de atmosfeer. Maar dan. Uit diezelfde analyse komt ook dat de

Bodem boert de CO₂ weer omhoog

Biologie

Meer CO₂ in de atmosfeer? Dan groeien planten sneller en leggen ze meer koolstof vast. Maar schimmels in de grond werken ook harder, en stoten het CO₂ weer net zo hard uit.

gas uit de bodem met 16 procent stijgt. De beide effecten heffen elkaar bijna op. De computermodellen van het VN-klimaatpanel, het IPCC, houden nog geen rekening met dat bodemeffect. „Dat is ook niet zo raar”, zegt Van Groenigen. „Want het effect wordt pas sinds een jaar of vijf vermoed. En nu is het voor het eerst in een grote meta-analyse aangetoond.”

Hoe bacteriën en schimmels in de grond precies tot een hogere activiteit worden aangezet, heeft Van Groenigen niet uitgezocht. Bekend is wel, zegt hij via de telefoon, dat een groeiende aanvoer van „verse koolstof” de activiteit van micro-organismen stimuleert. Het is een effect dat *priming* wordt genoemd. Als de bacteriën worden voorzien van verse koolstof (door planten uitgescheiden suikers, bladeren, dode wortels), blijken ze beter in staat om dieper gelegen, oud organisch materiaal om te zetten. Normaal is dat lastig omdat in dieper gelegen bodemlagen het koolstof meer gebonden is aan mineralen, en daardoor moeilijker bereikbaar. Maar opgepept met verse koolstof kunnen micro-organismen dat wel. Dan kunnen ze organisch materiaal van honderden jaren oud afbreken.

Groenere woestijnen

Er is ook nog een ander effect. Een stijging van de CO₂-concentratie in de atmosfeer leidt ertoe dat planten minder water onttrekken aan de bodem. Dit effect is de laatste jaren uitgebreid aangetoond met experimenten in woestijnen en bossen.

De randen van woestijnen overal ter wereld worden groener, en bossen blijken zuiniger om te gaan met water. Dat heeft te maken met het basale proces van CO₂-opname door planten. Dat gebeurt via kleine poriën in het blad, de huidmondjes. Die gaan minder ver open als de CO₂-spanning stijgt. Daardoor beperken ze automatisch ook het verlies van water via diezelfde huid-mondjes. Ze verdampen minder. Zo blijft er in de bodem meer water beschikbaar voor micro-organismen, zegt Van Groenigen. „Dat zou hun activiteit kunnen bevorderen.”

Van Groenigen heeft eerder ook onderzoek gedaan naar de uitstoot van andere, sterkere broeikasgassen door bodems, zoals methaan en lachgas. Ook dit was een meta-analyse van al eerder gepubliceerde studies, in dit geval 49. „Meta-analyses zijn een beetje mijn ding”, zegt hij. Ook in dit geval bleek de uitstoot toe te nemen (*Nature*, 14 juli 2011). Hoe sterk het effect is, verschilt per ecosysteem. „Bij rijstvelden bijvoorbeeld gaat het vooral om methaan.” Op basis van deze studie concludeerde

Van Groenigen destijds al dat de capaciteit van ecosystemen op land om klimaat-opwarming tegen te gaan wordt overschat. Heeft het dan ook geen zin om op grote schaal brakke grond te herbebossen? Zodat er via de groei van al die nieuwe bomen grote hoeveelheden koolstof wordt vastgelegd. Het IPCC ziet dat als een belangrijke strategie om klimaatopwarming te dempen. „Dat is een heel ander verhaal”, zegt Van Groenigen. Want op brakke grond groeit bijna niks, en dat ga je vervangen door heel veel. Zijn onderzoek concentreerde zich op ecosystemen die in de loop van de experimenten niet veranderden. Bossen, graslanden, akkers. Zwakte van het gisteren gepubliceerde onderzoek is dat de meeste van de 53 geanalyseerde experimenten plaatsvonden in de westerse wereld. „Het heeft ermee te maken dat het grote, langdurige en daardoor dure experimenten zijn”, zegt Van Groenigen. Hoe representatief die zijn voor de rest van de wereld, is nog niet duidelijk.

De 'koolstof' voorraden in de grond hangen af van het evenwicht tussen de aanvoer van 'koolstof' uit planten en de omzetting ervan door micro-organismen tot CO₂. Men verwacht dat een hogere CO₂ concentratie zal leiden tot een snellere plantengroei en tot een grotere voorraad 'koolstof' in de grond.

- 1 Leg uit aan de hand van de fotosynthese waarom een hogere CO₂-concentratie zal leiden tot een snellere plantengroei.
- 2 Leg uit dat je mag verwachten dat een grotere hoeveelheid biomassa ook een grotere uitstoot van CO₂ zal geven.

Alle modellen die tot nog toe zijn gebruikt om het evenwicht tussen 'koolstof' in de lucht en 'koolstof' in de grond gaan uit van een eerste orde snelheidsvergelijking voor de 'koolstof' inhoud in de grond: $s = k \cdot [\text{'koolstof'}]$, waarbij s de snelheid is waarmee 'koolstof' verloren gaat uit de grond door afbraak, k is de reactieconstante en $[\text{'koolstof'}]$ is de koolstofinhoud van de grond.

- 3 Leg uit of je verwacht dat de snelheid s afhankelijk is van de temperatuur en van de hoeveelheid water in de grond.
- 4 Leg uit of in de gevallen waar s verandert, de grootte van k zal veranderen.

Nu blijkt dat er veel meer CO₂ uit de grond ontsnapt dan verwacht was op grond van de toename van biomassa. Het heilzame effect van sneller groeiende gewassen wordt bijna geneutraliseerd. Er worden twee oorzaken hiervoor genoemd in het artikel. De eerste is 'priming'. Bij een priming effect treedt altijd een onverwacht gevolg op.

- 5 Wat is volgens het artikel de oorzaak van de priming?
- 6 Geef in je eigen woorden weer, wat het gevolg van priming hier is.

- 7 Leg aan de hand van de gegeven snelheidsvergelijking uit wat er met de reactieconstante is gebeurd.
- 8 Welke tweede oorzaak wordt in het artikel genoemd? Licht je antwoord toe.
- 9 Leg uit of de twee genoemde oorzaken met elkaar te maken hebben.
- 10 Beredeneer wat het effect van priming is op de verblijftijd van 'koolstof' in de grond.
- 11 Leg de titel van het artikel uit.

In het artikel wordt gesproken van meta-analyse.

- 12 Geef een definitie voor een meta-analyse, zoals die in het artikel wordt bedoeld.

Bodem boert CO₂ weer omhoog

- 1 Bij de fotosynthese worden water en koolstofdioxide omgezet in glucose. Wanneer de concentratie koolstofdioxide groter is, zal de reactiesnelheid van de fotosynthese ook toenemen.
- 2 Wanneer er meer 'koolstof' in de grond zit, zal er normaal gesproken ook meer reageren onder invloed van de micro-organismen. Er is een grotere hoeveelheid 'koolstof', dus ook meer afbraak en meer ontstane CO₂.
- 3 De temperatuur beïnvloedt de reactiesnelheid altijd. Hogere temperatuur, hogere snelheid.
Voor zover in dit artikel is besproken speelt water geen rol bij de afbraak. Dus geen invloed op de reactiesnelheid.
- 4 Bij hogere temperatuur is er een hogere s , de hoeveelheid 'koolstof' blijft gelijk. Dus moet k veranderd zijn: groter geworden. (k is alleen constant bij constante temperatuur.)
- 5 Aangezien er meer plantengroei plaatsvindt, is er ook meer vers afval. De bacteriën krijgen een aanbod van meer 'vers koolstof', dat de activiteit van de micro-organismen stimuleert.
- 6 De micro-organismen blijken hierdoor 'koolstof' in diepere lagen te kunnen afbreken dan micro-organismen normaal kunnen.
- 7 Door de priming worden de micro-organismen extra gestimuleerd. Dat betekent dat ze meer kunnen omzetten dan eerst. Dan moet k groter zijn geworden. (Je kunt de k schrijven als $k = k'[\text{micro-organismen}]$.)
- 8 Door de hogere koolstofdioxide concentratie hoeven de bladmondjes van bladeren minder ver open. Hierdoor is het verlies aan water minder groot. De planten hoeven minder water via de wortels op te nemen. De grond blijft vochtiger. Hierdoor blijft meer water beschikbaar voor de micro-organismen, die daardoor zich beter kunnen vermenigvuldigen en hun werk beter kunnen doen.
- 9 Het feit dat er meer water in de bodem blijft voor de micro-organismen kan de priming veroorzaken doordat hun activiteit toeneemt ($\rightarrow$ grotere k). Meer micro-organismen kunnen natuurlijk meer afbraak veroorzaken, maar veroorzaakt geen grotere k .
- 10 Er wordt meer 'koolstof' opgenomen, maar er wordt meer 'koolstof' afgebroken dan je zou verwachten op grond van alleen de toename in 'koolstof'. Dat betekent dat de verblijftijd van 'koolstof' in de grond zal afnemen.
- 11 Er was hoop dat er CO₂ extra zou worden opgenomen door planten en bomen bij een hogere concentratie. Dit blijkt niet te kloppen door het priming effect. De CO₂ komt er bijna net zo snel weer uit door versnelde afbraak.
- 12 Uit het artikel blijkt dat meta-analyse het bestuderen van eerdere publicaties inhoudt, d.w.z. het vergelijken van de inhoud en conclusies trekken uit alle publicaties tesamen.

MEER OZON DOOR ALCOHOLAUTO

Klas	5/6 v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Analoge reacties ahv gegeven reactie beschrijven, organische reacties
Trefwoorden	Alcohol, radicaalreacties, ozon, duurzaamheid; waarborgen kwaliteit lucht
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.nrc.nl, 28 april 2014

Meer ozon door alcoholauto

De inzet van alcohol (ethanol) als autobrandstof is niet altijd gunstig voor de luchtkwaliteit. In het Braziliaanse São Paulo is gebleken dat de hoeveelheid ozon in de lucht op straatniveau met wel 20 procent daalt zodra de lokale autorijders massaal terugschakelen van alcohol naar benzine, als de alcohol te duur wordt. De prijs van alcohol is gekoppeld aan die van suiker. Veertig procent van de personenauto's in São Paulo kan probleemloos tussen beide brandstoftypen switchen. Auto's die op alcohol rijden stoten relatief veel koolwaterstoffen (aldehyden) uit en dat stimuleert onder bepaalde omstandigheden de vorming van ozon. Het bedoelde ongezonde ozon, bekend van de 'zomersmog', ontstaat onder invloed van zonlicht uit een langzame reactie tussen koolwaterstoffen en NO_x. In São Paulo is het aanbod van koolwaterstoffen kennelijk beperkend. Het terugvallen van alcohol naar benzine verhoogt wel de luchtconcentraties koolmonoxide en NO_x (*Nature Geoscience*). (NRC)

De prijs van alcohol is in Brazilië gekoppeld aan de prijs van suiker. In de jaren 2010 en 2011 waren er zulke sterke wisselingen in de suikerprijs, dat veel autobezitters heen en weer schakelden tussen rijden op alcohol en rijden op benzine. Zowel de suikerprijs als de benzineprijs worden bepaald door de prijzen op de wereldmarkt.

- 1 Leg uit in welke omstandigheid de autobezitters overgingen op benzine.
- 2 Geef de vergelijking van de reactie waarbij ethanol ontstaat uit de suiker in suikerriet. Hierbij ontstaat ook koolstofdioxide. Gebruik als formule voor de suiker C₁₂H₂₂O₁₁.

De overheersende gedachte tot nu toe was dat het vervangen van benzine door alcohol als brandstof in voertuigen een positieve bijdrage levert aan de bestrijding van het broeikas-effect. Nu blijkt dat alcohol bijdraagt aan de vorming van ozon, zelf ook een broeikasgas.

- 3 Leg uit waarom men tot nu toe dacht dat het gebruik van alcohol minder bijdraagt aan het broeikaseffect dan benzine.

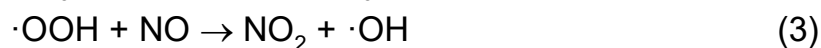
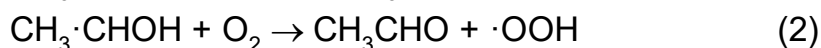
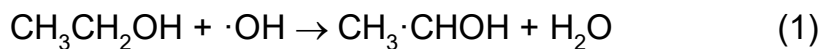
In het artikel staat dat auto's die op alcohol rijden aldehyden uitstoten.

- 4 Geef de structuurformule van de aldehyde die uit alcohol (ethanol) kan ontstaan.
- 5 Leg uit waarom alcohol als brandstof meer aldehyde zal uitstoten dan benzine.

Volgens het artikel gaat bij gebruik van alcohol het percentage ozon omhoog met 20 %. De verbranding van alcohol levert zelf geen ozon, maar wel stoffen die in de lucht door

reactie met andere stoffen vervolgens ozon geven. Die stoffen reageren met stikstofoxiden, waarbij ozon, O₃, gevormd wordt. Dat is giftig voor mensen en planten en is een broeikasgas.

De reacties waarbij ethanol de vorming van ozon veroorzaakt zijn als volgt:



(M is hierin een deeltje waarop de reactie verloopt)

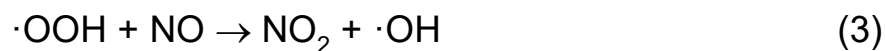
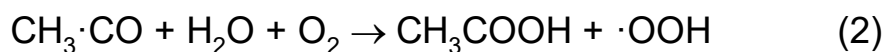
Molecuulformules met een punt stellen radicalen voor. Je ziet dat je voor de vorming van ozon (O₃) zowel een ethanolmolecuul als een stikstofmonoxide molecuul nodig hebt. De verhouding ethanol : stikstofmonoxide in de uitlaatgassen heeft invloed op de vorming van ozon.

- 6 Leg uit of de verhouding ethanol : stikstofmonoxide erg groot en/of erg klein moet zijn om de vorming van ozon te voorkomen.
- 7 Geef de vergelijkingen van de opeenvolgende stappen wanneer ethanal met een hydroxyradicaal reageert waarbij uiteindelijk ozon ontstaat.

Meer ozon door alcoholauto

- 1 Bij een hoge suikerprijs én/of een lage aardolieprijs
- 2 $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow 4 C_2H_5OH + 4 CO_2$
- 3 Wanneer je alcohol maakt uit suikerriet, gebruik je een hernieuwbare grondstof. Dit betekent dat er minder CO_2 wordt uitgestoten want die CO_2 keert weer in nieuw suikerriet terug.
- 4 $H_3C-\overset{\overset{O}{\parallel}}{CH}$
- 5 In alcoholmoleculen is een O-atoom aanwezig. In benzinemoleculen niet.
- 6 Bij een grote verhouding is de hoeveelheid stikstofoxide de beperkende factor (stap 1) en bij een kleine verhouding de hoeveelheid ethanol (stap 3).

7



CONTACTLENS GOOGLE MEET BLOEDSUIKER

Klas	5hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
specificaties	Redoxreacties, werking enzym
Trefwoorden	Contactlens, sensor, enzym, glucose, waterstofperoxide, diabetici
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.technischweekblad.nl, 27 januari 2014

Contactlens Google meet bloedsuiker

Stef Stienstra

Google maakte afgelopen week bekend dat het werkt aan een contactlens die continu de glucose-concentratie in het traanvocht meet.

Het is een alternatief voor het bloedprikken en testen op een teststrip, wat diabetespatiënten momenteel meermalen per dag moeten doen.

De lens van Google bestaat in feite uit twee contactlenzen met daartussen een elektrochemische sensor en een led-lampje. Op deze cmos-sensor zit het enzym glucose-oxidase, dat bij de omzetting van glucose waterstofperoxide doet ontstaan, wat bij verdere oxidatie elektronen afstaat die door de sensor zijn te meten. De sensor is op deze manier in staat continu de glucosespiegel in het traanvocht te monitoren in een concentratiebereik van 0,05 tot 1 mM.

Het meten van de glucosespiegel in traanvocht is weliswaar een indirecte manier om de bloedsuikerspiegel te meten, maar geeft wel een betrouwbare indicatie (met ongeveer tien minuten vertraging). Bij een vooraf ingestelde onder- en bovengrens ziet de drager het led-lampje in de lens oplichten en moet hij/zij maatregelen nemen, zoals het spuiten van insuline.

Een prototype van de lens wordt nu getest, maar is nog lang niet klaar voor massaproductie. 'Er moet nog een hoop werk gedaan worden', zeggen Google-ontwikkelaars Brian Otis en Babak Parvis. 'Al jaren proberen wetenschappers bloedsuiker betrouwbaar te meten in traanvocht, wat tot op heden niet is gelukt. Eiwitten in het traanvocht storen de meting nog te veel en de constructie moet nog degelijker worden voor een langere levensduur.'

Google heeft in het Nijmeegse bedrijf NovioSense overigens een concurrent. Christopher Wilson, directeur van NovioSense, zegt weliswaar later te zijn begonnen, maar claimt desgevraagd wel 'verder te zijn met de techniek'.

De sensor van NovioSense is een 1 cm lang staafje dat de patiënt onder het onderste ooglid schuift. Aan de binnenkant van het holle staafje vindt dezelfde chemische reactie met glucose-oxidase plaats als in de elektrochemische sensor van Google. De chip van NovioSense stuurt de meetwaarden vervolgens draadloos door.

Veel mensen dragen contactlenzen in plaats van een bril. Ook diabetici. Bij diabetes (suikerziekte) is het belangrijk om te weten hoeveel glucose in je bloed zit. Een contactlens die continu de glucoseconcentratie meet zou een doorbraak zijn. Je vraagt je natuurlijk af hoe dat werkt.

1 Beschrijf deze contactlens van Google.

Bij de eerste stap van de meting is een enzym betrokken.

- 2 Wat is een enzym?
- 3 Hoe weet het enzym welk deeltje aangepakt moet worden?

Het enzym zet glucose om in een keton, een reactie waarbij één van de OH-groepen van het glucosemolecuul een oxidatie ondergaat,

- 4 Geef de halfreactie van de omzetting van glucose in de ketonvorm in molecuulformules weer.
- 5 Geef de vergelijking van de halfreactie van de oxidator waarbij zuurstof omgezet wordt in waterstofperoxide.

Bij verdere oxidatie staat waterstofperoxide weer elektronen af die door de sensor in de contactlens worden opgemeten.

- 6 Geef de halfreactie van deze omzetting van waterstofperoxide.
- 7 Waarom is het verlopen van deze tweede halfreactie belangrijk?
- 8 Waarom is zo'n continumeting zo belangrijk voor diabetici?

De sensor kan de glucosespiegel 'monitoren' in een concentratiebereik van 0,05 tot 1 mM.

- 9 Bereken het concentratiebereik in aantal mg glucose per L.
- 10 Bereken hoeveel mmol elektronen opgemeten zijn bij een meting van 0,1 mM glucose.

Een probleem bij de glucosemeting in traanvocht is de storing door eiwitten. Mogelijk is concurrent Novio Sense verder met de glucose-meettechniek.

- 11 Beschrijf hoe Novio Sense de meting aanpakt.
- 12 Welke materiaaleigenschap van de contactlens en het staafje wordt niet in het artikel genoemd maar is wel essentieel voor de werking?
- 13 Wordt de contactlens van Google al gebruikt? Leg uit hoever de ontwikkeling is.

Contactlens Google meet bloedsuiker

- 1 De lens bestaat in feite uit twee contactlenzen met daartussen een elektrochemische sensor en een led-lampje.
- 2 Een enzym is een bio-katalysator.
- 3 Een enzym heeft een reactief centrum waarin slechts één deeltje past en dat daarbij omgezet wordt in het beoogde product.
- 4 Reactie: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_6 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$.
- 5 Reactie: $\text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$.
- 6 Reactie: $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$.
- 7 Anders zou zich waterstofperoxide ophopen.
- 8 Diabetici moeten hun bloedsuikerspiegel in de gaten houden omdat hun lichaam die niet meer goed onder controle heeft.
- 9 Concentratiebereik 0,05 mM tot 1 mM dus $0,05 \times 180,16 = 9$ mg tot 180 mg glucose per liter.
- 10 Het gaat daarbij om 2 elektronen per glucosemolecuul dus bij 0,1 mM glucose gaat het om 0,2 mmol elektronen.
- 11 De patiënt schuift een hol staafje van 1 cm lang onder het onderste ooglid. Dezelfde reactie als in de lens van Google speelt zich nu af binnen het staafje en een chip(je) stuurt de meetwaarden door.
- 12 Doorlaatbaarheid voor traanvocht en zuurstof.
- 13 Een prototype van de lens wordt getest, maar voor massaproductie is de lens nog lang niet klaar.