

CHEMIE AKTUEEL

Tijdschrift voor scheikundeonderwijs

Nummer 8

december 1991

© 1992 Katholiek Pedagogisch Centrum, 's-Hertogenbosch

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Katholiek Pedagogisch Centrum.

Docenten mogen materiaal uit deze uitgave zonder voorafgaande toestemming vermenigvuldigen, echter uitsluitend voor gebruik zonder winstoogmerk binnen de school waaraan zij verbonden zijn en voor toepassing binnen hun eigen onderwijs.

VOORWOORD

Terwijl U nummer 7 nog maar net in de bus heeft gehad, ben ik druk bezig om het januarinummer klaar te maken voor tekstverwerking. Tussen de inleverdatum van de opdrachten en het moment dat Chemie Aktueel bij U in de brievenbus valt ligt ongeveer drie maanden. Hoe verloopt het proces? De ingestuurde opgaven worden door de redactie, allen docenten, bekeken tijdens een leesperiode. Dan volgt een redactievergadering waarin we al onze opmerkingen en aanvullingen spuien. De opgaven, die we in een nummer opnemen, worden onder de redacteurs verdeeld. Hij/zij bewerkt de opgave naar aanleiding van opmerkingen uit de redactievergadering. Voordat de opgave dan weer in mijn bezit komt is hij nog en keer bij een collega-redacteur geweest, ter controle. Zes weken na de inleverdatum begin ik dan met het klaar maken van alles voor tekstverwerking, plaatjes zoeken van formules, et cetera (een week). Dan gaat alles naar het KPC, waar alles getypt wordt en de artikelen en plaatjes ingeplakt worden (een proces van drie weken). Ik moet U zeggen dat ik elke keer weer met ontzag kijk hoe vooral het scheikundige deel (formules en reactievergelijkingen et cetera) keurig verwerkt wordt. Voor iemand met weinig scheikundige achtergrond is het toch vaak moeilijk om dit soort informatie goed op papier te zetten. Na deze fase moet Chemie Aktueel gedrukt worden (voor nummer 7 : 700 maal 80 blaadjes dubbelzijdig) en ingelijmd en als laatste natuurlijk verzonden. Deze laatste fase neemt twee weken in beslag. U ziet er wordt door heel wat mensen aan gewerkt. En te merken aan de positieve reacties die ik van U, in groten getale, ontvangen heb na het verschijnen van nummer 7 wordt het gewaardeerd! Een bedankje voor alle mensen achter de schermen is denk ik op zijn plaats.

Twee van de opgaven uit dit nummer wat nader bekeken.

Weer eens aandacht voor een andere werkvorm: het miniproject 'ruitesproeier anti-vries'. Geschikt voor gebruik bij het onderwerp 'water' dat aan bod komt in klas 4 havo/vwo. Het omvat opdrachten die thuis gemaakt kunnen worden en een les met practicum. De uitwerking hiervan en de laatste vragen kunnen weer thuis gedaan worden.

Dan een hele grote opgave met als onderwerp verf. Een opgave die heel wat werk heeft gekost voor hij klaar was. Een uitdaging! Bij het vragen naar informatie over deze scheikundig heel interessante materie zijn wij heel goed geholpen door de heren Willemse (TNO Coatings), Dekker en Broek (beide Sigma Coatings). Mijn dank hiervoor.

Ik benader nog wel eens bedrijven en instellingen voor informatie. Gelukkig kan ik zeggen dat wij bijna altijd geholpen worden.

Ik hoop dat U weer met plezier dit nummer zult bekijken en gebruiken!

Miek Scheffers-Sap

TIJDSCHRIFT VOOR SCHEIKUNDEONDERWIJS

NUMMER 8

JANUARI 1992

Hoofdredacteur:	Miek Scheffers-Sap
Redacteuren:	Godfried Ossenkoppele, Toon de Valk, Til Woudenberg
Correspondent:	Luit van der Kamp
Uitgave in samenwerking met:	leermiddelenontwikkeling scheikunde: Margriet van Helvoort, Ab Ypma
Administratie:	KPC, Informatiedienst, Postbus 482, 5201 AL 's-Hertogenbosch
Correspondentie:	Miek Scheffers-Sap, de Moeshof 9, 5258 ER Berlicum

U kunt zich abonneren voor 1991-1992 bij het KPC, Informatiedienst, Postbus 482, 5201 AL 's-Hertogenbosch (bestelnummer 2.453.00). Abonnees krijgen een factuur toegestuurd. Een jaarabonnement (drie nummers in oktober, januari en mei) kost f 10,--. Abonnementen worden stilzwijgend verlengd, tenzij schriftelijk opgezegd, bij het KPC, Informatiedienst, vóór 1 juli van de lopende jaargang.

Nummer Sluitingsdatum voor toezenden artikelen en opgaven

8	1 februari 1992
9	1 juni 1992
10	1 oktober 1992

Chemie Aktueel is een tijdschrift voor het scheikunde-onderwijs dat gebruik maakt van kranteartikelen, tijdschriftartikelen, folders en dergelijke. Bij dat materiaal zijn opdrachten gemaakt, soms ook practica.

De opdrachten zijn bestemd voor onderbouw of bovenbouw havo/vwo. Bij het maken van de opgaven wordt vooral ook gelet op positief nieuws uit de scheikundehoek, al zullen rampen niet ongemerkt aan het tijdschrift voorbij kunnen gaan.

Per nummer probeert de redactie zo gevarieerd mogelijk alle leerstofcategorieën en leerjaren aan bod te laten komen.

Voor *natuurkunde* bestaat een overeenkomstige uitgave. Informatie hierover kunt u verkrijgen bij:

Afdeling Didactiek Natuurkunde
Katholieke Universiteit
Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen
Telefoon 080-652819 (van 9.00 - 12.00 uur)

INHOUD

<i>Klas</i>	<i>Leerstof</i>	<i>Kernbegrippen</i>	<i>Pagina</i>
	ZUIVERINGSZOUT		2
5 HV	zuur-base	buffers	
	ELEKTRICITEIT UIT DE GASKRAAN		4
5/6 V	electrochemie	cel, halfreacties enthalpie	
	EINDE SLIB-PRODUKTIE		6
5 HV	zuren-basen	polymeren, hydrolyse	
	POP VAN CO-MOLECULEN		8
4 HV	rekenen in chemie	atoomstraal, vanderWaalsstraal, verhoudingen	
	AMINOZUREN IN VARKENSVOER		10
5 HV, 6 V	biochemie	aminozuren, eiwitten	
	MINI-PROJECT RUITESPROEIER ANTIVRIES		12
4 HV	proeven bedenken/ uitvoeren	practicum, aantonen stoffen, mengbaarheid, verdunning pictogrammen	
	MEMBRAANREACTOREN		16
5 HV, 6 V	biochemie	olie/vet, hydrofiel, hydrolyse	
	OPBERGEN KOOLSTOFDIOXIDE		18
5 V	zuren-basen	reactievergelijkingen, hydrogenatie, zuurgraad	
	VLIEGENBESTRIJDING MET KALK		20
3 HV, 5 HV	zuren-basen	enthalpie	
	ZWAVELZUURREGENERATIE		22
4/5 HV	formuletaal organische chemie	isomerie, octaangetal alkylering	
	FOSFATEN AAN RIOOLWATER ONTTREKKEN		24
5 HV	zouten, milieu	neerslagreacties, elektrolyse	
	CO₂: NUTTIG BROEIKASEFFECT		27
3 HV	reactievergelijkingen	rekenen (ppm)	
	VERF		29
6 V	polymeren reactiemechanismen	verestering, mengen additiepolymerisatie	

KORT KORT KORT

KERNFUSIE

3/4 HV atoombouw

kernreacties

37

WATER IN OLIE

3 HV elementbegrip

37

MICROGOLVEN SPLITSEN GAS

3 HV reactievergelijkingen

fasen

38

KOOLMONOOXIDE-VERGIFTIGING

3 HV verbranding

CO, giftigheid

38

DOCENTENHANDLEIDING

39

Zuiveringszout voorkomt sterfte na zware geboorte kalf

UTRECHT (AGD) – Het toedienen van een oplossing van zuiveringszout rechtstreeks in de bloedbaan van een kalf kan sterfte na een zware geboorte voorkomen. Dat blijkt uit een literatuurstudie van Henriëtte Suermondt van de vakgroep Bedrijfdiergeneeskunde en Voortplanting van de Faculteit Diergeneeskunde in Utrecht.

Binnen 24 uur na de geboorte sterft vier tot zeven procent van de kalveren. Dat is ongeveer de helft van de totale kalversterfte.

Een deel van deze kalversterfte wordt veroorzaakt door verzuring van de kalveren. Tijdens een verlossing heeft een kalf tijdelijk gebrek aan zuurstof. Hierdoor verzuurd het kalf. Deze verzuring heeft een negatieve invloed op de

overlevingskansen van het kalf. Na een langdurige, zware verlossing zijn kalveren ernstig verzuurd. Maar ook een minder zware bevalling heeft al een verzuring tot gevolg.

De verzuring van het kalf is te corrigeren door een buffer toe te dienen. Meestal krijgt een kalf alleen bij een ernstige verzuring intraveneus (in de ader) een oplossing van natriumbicarbonaat. Dat heet ook wel dubbelkoolzure soda of zuiveringszout.

Uit de literatuurstudie van Suermondt blijkt dat ook kalveren met een matige verzuring in aanmerking komen voor een behandeling met zuiveringszout. Verder kunnen kalveren die pas enkele uren na de geboorte verschijnselen van verzuring vertonen (slap, sloom en niet willen drinken) met succes behandeld worden. In al deze gevallen moet

het zuiveringszout wel rechtstreeks in het bloed toegediend worden.

Uit het literatuuronderzoek blijkt dat toedienen van zuiveringszout via het mengen met biest niet mogelijk is. Het zuiveringszout verliest zijn werking gedeeltelijk.

Ook belemmert het zuiveringszout de stremming van de biest. Hierdoor kunnen verteringsstoornissen optreden. Ook is de opname van de antilichamen uit de biest slechter.

Suermondt denkt dat er wel mogelijkheden zijn om buffers via de biest toe te dienen. In theorie lijkt een behandeling met bijvoorbeeld acetaat of L-acetaat mogelijk. Deze middelen hebben dan niet de nadelen van de toediening van zuiveringszout aan de biest. Deze behandeling is volgens Suermondt te gebruiken voor kalveren die matig verzuurd zijn.

Er treedt in het kalf verzuring op als gevolg van een (tijdelijk) zuurstofgebrek: de glucose wordt dan niet meer omgezet in koolstofdioxide en water, maar in melkzuur (2-hydroxypropaanzuur).

- 1 Geef de structuurformule en molecuulformule van melkzuur.
- 2 Geef de vergelijking van de omzetting van glucose in melkzuur in een reactie met molecuulformules weer.

Om die verzuring tegen te gaan, wordt een buffer toegediend: een oplossing van natriumbicarbonaat (= natriumwaterstofcarbonaat). De buffer wordt echter pas gevormd als de natriumwaterstofcarbonaatoplossing in het bloed terecht komt.

- 3 Leg uit dat een natriumwaterstofcarbonaatoplossing *alleen* geen buffer kan zijn.
- 4 Welke buffer wordt er gevormd als de oplossing in het bloed terecht komt? Licht je antwoord toe.

De verschijnselen die bij verzuring optreden (slap, sloom en niet willen drinken) kun je verklaren met behulp van de oorzaak van die verzuring.

5 Welke oorzaak is dat en licht daarmee de verschijnselen toe.

Het zuiveringszout (natriumwaterstofcarbonaat) toedienen via de biest (= moedermelk) is niet mogelijk omdat de stremming in de maag dan belemmerd wordt. Stremming van de biest treedt op in een zuur milieu. De biest moet in de maag van het kalf stremmen wil het goed opgenomen worden in het spijsverteringssysteem.

6 Leg uit dat door het toedienen van zuiveringszout de stremming van de melk belemmerd wordt.

Toevoegen van acetaat (bijvoorbeeld natriumacetaat) aan de biest geeft geen probleem voor de stremming van de biest.

7a Verklaar dat er in de maag een mengsel van azijnzuur en natriumacetaat gevormd kan worden.

7b Leg uit hoe het komt dat door toevoegen van natriumacetaat aan de biest geen problemen optreden bij de stremming.

Elektriciteit uit de gaskraan

Het ECN ontwikkelt een brandstofcel met interne reformer die methaan rechtstreeks in stroom omzet

Marion de Boo

Bij het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) in Petten zijn de eerste brandstofcellen in bedrijf gesteld die op aardgas in plaats van waterstof werken. Je zou ze rechtstreeks kunnen aansluiten op het aardgasnet. Het nieuwe model brandstofcel kan elektriciteit opwekken met een zeer gunstig rendement van maar liefst 75 procent — alweer enkele procentjes hoger dan eerdere ontwerpen. Dat wil zeggen, in het laboratorium. Het systeemrendement van een centrale, waarin aardgas moet worden aangevoerd, opgewarmd enzovoorts, zal een stuk lager liggen: rond de zestig procent. Dat is altijd nog aanmerkelijk hoger dan een conventionele elektriciteitscentrale die niet boven de 40 procent komt.

Groot voordeel van een brandstofcel is dat daarin de energie, die in brandstoffen ligt opgeslagen, rechtstreeks via elektrochemische reacties in elektriciteit wordt omgezet. Tussentappen — zoals stoomopwekking bij conventionele elektriciteitscentrales — zijn niet nodig en daarom gaat er weinig energie verloren. Schadelijke uitlaatgassen in de vorm van NOx of SO₂ ontbreken.

Brandstofcellen werken geruisloos en verspreiden geen luchtverontreiniging (behalve dan het onvermijdelijke kooldioxide en water).

Omvang en vermogen kunnen gemakkelijk aan veranderende behoeften worden aangepast door eenheden erbij te plaatsen of weg te halen. Maar voorlopig verkeren brandstofcellen — ook in de Verenigde Staten en in Japan — nog in het experimentele stadium. Problemen zijn ondermeer de hoge kosten en beperkte levensduur.

Tot nog toe moest de waterstof die nodig is als brandstof voor brandstofcellen eerst in een speciale installatie (een 'reformer') worden bereid, uit aardgas of andere fossiele brandstoffen.

In het nieuwe type brandstofcel dat sinds een jaar door de ECN wordt ontwikkeld, is geen speciale 'reformer' meer nodig, de omzetting van aardgas in waterstof speelt zich af in de cel zelf.

Aardgas, dat voornamelijk uit methaan (CH₄) bestaat, en stoom (H₂O) worden direct aan de cel toegevoerd. Aan een van beide elektroden (de anode) zorgt een katalysator ervoor dat dit mengsel van gas en stoom wordt omgezet in waterstof (H₂) plus kooldioxide (CO₂). De kostbare randapparatuur is dan niet meer nodig. Bovendien levert deze 'interne reforming' om verschillende redenen een hoger rendement.

Om te beginnen kan methaangas in het nieuwe systeem vrijwel volledig worden omgezet, men is niet afhankelijk van het thermodynamisch evenwicht in de chemische reacties. Bij een 'klassieke' brandstofcel is dat wel het geval, daar wordt methaan voor hooguit 80 procent omgezet. Al bij gewone atmosferische druk wordt een systeemrendement van 58 procent gehaald (bij de traditionele brandstofcellen lukt dat pas bij 7 maal de luchtdruk).

Ten tweede zijn de warmteverliezen zeer klein. Voor de eerste stap (*steam reforming*, waarbij methaan door stoom wordt omgezet in waterstof) is veel warmte nodig. Bij de tweede stap (de omzetting van waterstof en zuurstof in water in de brandstofcel) komt juist warmte vrij. Combinatie van beide stappen in eenzelfde cel is dan ook zeer efficiënt, er gaat geen warmte via allerlei leidingen tussen brandstofcel en reformer verloren.

De huidige cel, een zogenaamde ge-



Brandstofcel van 1000 cm² met daarboven een separatorplaat, die zorgt voor elektrisch contact tussen de gestapelde cellen en houdt het toestromende brandstofgas gescheiden van het uitstromende zuurstofrijke 'afvalgas' uit een buis.

smolten carbonaatcel, die de vorm van een wafel van 10 bij 10 bij 1,5 centimeter heeft, levert een celspanning van 780 milliVolt bij een stroomdichtheid van 150 milliAmpère per vierkante centimeter. Per cel kan dus ongeveer 10 watt aan elektrische energie worden geleverd. Het ECN werkt hierbij sinds een jaar samen met *British Gas* en het Italiaanse *Consiglio Nazionale delle Ricerche*, die de katalysator (nikkel op drager) ontwikkelen. Opdrachtgevers zijn de EG en Novem (de Nederlandse maatschappij voor energie en milieu). ECN neemt de inbouw van deze katalysator voor zijn rekening. De kunst is om de gasstromen in de cel daardoor zo min mogelijk worden belemmerd. Bovendien moet de katalysator zo min mogelijk te lijden hebben van de agressieve omstandigheden in de brandstofcel, waar temperaturen van 650 graden heersen en carbonaat als elektrolyt aanwezig is.

ELEKTRICITEIT UIT DE GASKRAAN

- 1 Geef de vergelijking (met fasen) voor de omzetting van methaan met water tot waterstof en koolstofdioxide.

Onder 'ten tweede' in de derde kolom staat dat voor de eerste stap veel warmte nodig is, maar dat bij de tweede stap warmte vrijkomt.

- 2 Laat met behulp van een berekening zien dat de eerste stap energie kost. Maak hierbij gebruik van tabel 57 (Binas).
- 3 Geef de reactie van de tweede stap in een vergelijking (met fasen) weer.
- 4 Toon met behulp van een berekening aan dat de twee stappen samen toch energie opleveren.

In carbonaatcellen wordt met kaliumcarbonaat en lithiumcarbonaat als elektrolyt gewerkt. Men werkt bij temperaturen van 650°C zodat de zouten gesmolten zijn.

- 5 Leg uit waarom men met gesmolten zouten moet werken.

De reactievergelijkingen uit de vragen 1 en 3 beschrijven welke stoffen de cel in- en uitgaan.

Maar wat gebeurt er in de cel terwijl deze stroom levert? Welke processen spelen zich af aan de elektroden?

Aan de elektrode die de positieve pool vormt (elektrode met de hoogste potentiaal) van de brandstofcel wordt zuurstof in aanwezigheid van koolstofdioxide omgezet in carbonaationen.

- 6a Geef de vergelijking van deze halfreactie.
- 6b Leg uit dat door deze reactie de pool positief blijft.

Aan de elektrode die de negatieve pool (elektrode met de laagste potentiaal) van de brandstofcel vormt wordt waterstof met carbonaationen omgezet in koolstofdioxide en water.

- 7a Geef de vergelijking van deze halfreactie.
- 7b Leg uit waarom een elektrische cel wel eens een 'electronenpomp' wordt genoemd.
- 8 Leg uit of er aan de cel steeds nieuw elektrolyt (kaliumcarbonaat en lithiumcarbonaat) moet worden toegevoerd.

Je kunt aan de carbonaationen in de brandstofcel een dubbelfunctie toekennen.

- 9 Welke dubbelfunctie wordt hier bedoeld?

EINDE SLIB-PRODUKTIE

*Chemie voor de toekomst (Rhône-Poulenc)
7 (nummer 28), maart 1991*

Milieu-maatregelen werpen vrucht af: CD'S EN RECYCLING VAN BRONWATER

De natuur respecteren; schone technologie ontwikkelen; hergebruik van afvalstoffen; terugwinnen van energie; het verminderen van de emissies in de lucht en het water. Door de milieu-verantwoordelijke bedrijfsvoering draagt Rhône-Poulenc bij aan een beter leven en aan een duurzame ontwikkeling. De volgende konkrete voorbeelden uit verschillende landen illustreren deze opvatting van de groep.

Terug naar de bron

Een tweede voorbeeld van de zorg voor het milieu komt van een Rhône-Poulenc fabriek in Duitsland. De vestiging van Rhône-Poulenc Rhodia in Freiburg, waar kunstvezels worden gemaakt, ligt zeer dicht op een watervoerende grondlaag.

Einde slib-productie

Dezelfde fabriek is erin geslaagd de hoeveelheid vaste afvalstoffen sterk te verminderen. De fabriek maakt celluloseacetaat-vezels voor de productie van filters voor sigaretten. Tijdens de productie ontstaat in de 'hydrolysestap' afvalwater dat azijnzuur en zwavelzuur bevat. Deze zuren werden geneutraliseerd met kalk, waardoor een onoplosbaar slib onstond. Door het invoeren van een nieuw hydrolyseproces dat precies tussen de 80 en 90 graden Celsius wordt gehouden, is er veel minder zwavelzuur nodig, waardoor er minder reststoffen ontstaan. Bovendien blijft er na neutralisatie een oplossing over in plaats van slib. Deze oplossing kan in de plaatselijke rioolwaterzuiveringsinstallatie worden verwerkt.

In de fabriek worden cellulose-acetaatvezels gevormd. Hierbij reageren de hydroxygroepen in cellulose (zie Binas tabel 67a) met azijnzuur.

- 1 Welk soort reactie is dit?
- 2 Wat is de functie van het toegevoegde zwavelzuur?
- 3 Hoeveel azijnzuurdeeltjes kunnen er per repeterende eenheid in cellulose reageren? Leg uit!

In de 'hydrolysestap' ontstaat er afvalwater dat azijnzuur en zwavelzuur bevat. Het zwavelzuur is geen nieuw gevormde stof.

- 4 Wat is een hydrolyse-proces?
- 5 Waarom is zwavelzuur geen nieuw gevormde stof?

De gevormde zuren worden geneutraliseerd met kalk (= calciumoxide).

6 Geef de reacties die optreden als de kalk bij het afvalwater gevoegd wordt.

Er ontstaat dan een onoplosbaar slib.

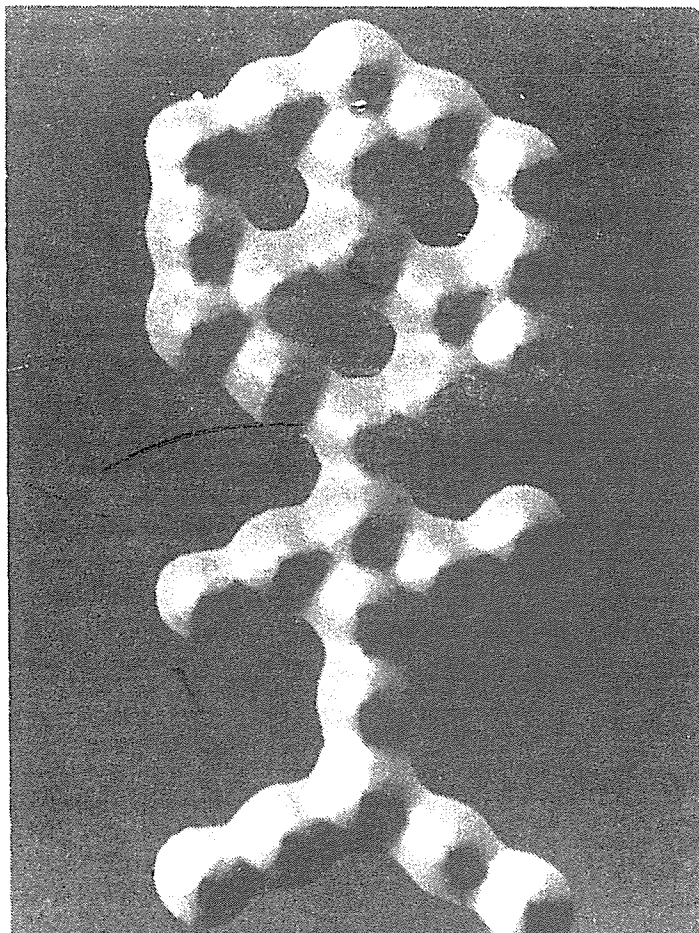
7 Welk neerslag zal er gevormd zijn. Leg uit.

Het nieuwe hydrolyseproces dat bij een veel hogere temperatuur uitgevoerd wordt, gebruikt minder zwavelzuur. Nu ontstaat er na neutralisatie met kalk geen onoplosbaar slib maar een oplossing.

8 Leg uit waarom er nu geen neerslag ontstaat maar een oplossing.

POP VAN CO-MOLECULEN

Poly Technisch Weekblad 22 (27,28), 11, 1991



Poppetje van CO-moleculen

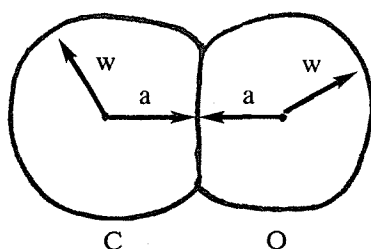
Een wetenschapper van het IBM-laboratorium in San José (VS) heeft tussen de bedrijven door een figuurtje vervaardigd van 28 afzonderlijke koolmonoxide-moleculen. De zogeheten Molecuulman, met afmetingen van 50 bij 25 Angström (één Angström is een tienmiljardste meter), is geproduceerd om meer inzicht te krijgen in het fundamentele gedrag van atomen en moleculen.

-
- 1 Zie je op het plaatje echt CO-moleculen?

In het stuk onder de foto staat dat de pop in werkelijkheid 50 Ångström hoog is (1 Ångström = 1.10^{-10} m).

- 2 Meet de hoogte van de pop in de foto in cm.
- 3 Bereken hoeveel maal de pop vergroot is weergegeven.

In figuur 1 staat aangegeven wat men verstaat onder de atoomstraal (Binas, tabel 39A) en de vanderWaalsstraal (ook tabel 39A).



a = atoomstraal
w = vanderWaalsstraal

Figuur 1

Veronderstel dat de figuur het CO-molecuul voorstelt.

- 4 Neem de tekening uit figuur 1 over en geef voor beide atoomsoorten de getalwaarden voor de beide stralen.
- 5 Bereken de grootste afmeting van een CO-molecuul.

Uit de foto blijkt dat twee CO-moleculen naast elkaar een ruimte nodig hebben die 2,4 cm lang is.

- 6a Hoeveel ruimte neemt een CO-molecuul dan in werkelijkheid in?
Opmerking: gebruik je antwoord van opgave 3.
- 6b Komt dit antwoord overeen met je antwoord van vraag 5?
- 6c Wat betekent dit voor de 'stand' van de CO-moleculen?
- 7a Kun je nog een andere stand voor de CO-moleculen bedenken?
- 7b Welke ruimte zou een CO-molecuul in dat geval in werkelijkheid innemen?
- 8 Beredeneer met behulp van de antwoorden op de vragen 5, 6a en 7b welke stand van het CO-molecuul het meest waarschijnlijk is.

AMINOZUREN IN VARKENSVOER

Agrarisch Dagblad 24 april 1991

Opname van losse aminozuren in varkensvoer beter dan eiwit

DOORWERTH (AGD) – Aminozuren die in aan varkensvoer toegevoegd worden worden efficiënter opgenomen dan de aminozuren uit eiwitten. Dat blijkt uit een onderzoek van de Amerikaanse onderzoekers J.T. Yen, R.A. Easter en B.J. Kerr.

De Amerikanen presenteren de resultaten van hun onderzoek tijdens het vijfde internationale symposium over de verteringsfysiologie bij het varken in Doorwerth.

Het experiment is uitge-

voerd met zes gelten. De gelten kregen een rantsoen met zestien procent ruw eiwit afkomstig uit soya en tarwe of een rantsoen bestaande uit twaalf procent ruw eiwit uit soya en tarwe.

Toegevoegd

Aan dit laatste rantsoen werden lysine, threonine en tryptofaan toegevoegd zodat de hoeveelheden van deze aminozuren gelijk zijn aan het rantsoen met zestien procent eiwit.

Uit het onderzoek van het bloedplasma van de gelten

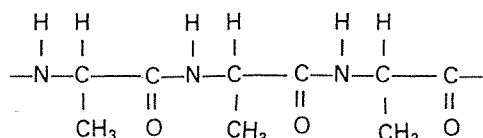
blijkt dat de extra toegevoegde aminozuren na het voeren sneller worden opgenomen.

Verlaging

De snellere opname van de toegevoegde aminozuren betekent dat het totale eiwitgehalte van varkensvoer verlaagd kan worden. De essentiële aminozuren, dat zijn de aminozuren die groeibepkend zijn, moeten dan extra toegevoegd worden aan het voer. Door een lager eiwitgehalte in het voer kan de milieubelasting met fosfaat en stikstof door de varkens dalen.

Uit het onderzoek blijkt dat vrije aminozuren sneller opgenomen worden dan de aminozuren die in eiwitten aanwezig zijn.

Hieronder is een klein stukje getekend van een eiwitmolecuul.



- 1a Wat is het verband tussen eiwitten en aminozuren?
- 1b Wijs dat verband in de tekening aan.
- 2 Welk verschil maakt het voor een varken of het eiwitten of aminozuren in het voedsel krijgt?

In het artikel staat: "De essentiële aminozuren, dat zijn de aminozuren die groeibepkend zijn, moeten dan extra toegevoegd worden aan het voer."

- 3 Wat betekent *essentieel* voor de aminozuren in het voer?
- 4 Waarom zal geen enkele agrariër aan het voer groeibepkende stoffen toevoegen?

- 5a Wat is er aan de hand als een aminozuur 'groeibeperkend' is?
- 5b Geef een betere formulering voor de zin: "De essentiële aminozuren (...) extra toegevoegd worden aan het voer."

De drie aminozuren die werden toegevoegd zijn *lysine* (Lys), *threonine* (Thr) en *tryptofaan* (Trp). De formules vind je in Binas tabel 67C.

- 6 Geef de systematische naam van lysine en threonine.

- 7a Laat zien hoe een lysine-molecule met een threonine-molecule zal reageren.
- 7b Waarom heet dit een condensatie-reactie?

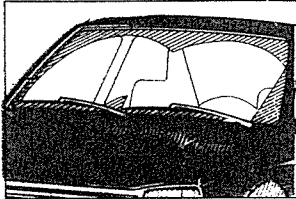
De volgorde van de aminozuren in een eiwitmolecule wordt vaak weergegeven met behulp van een code. (Je ziet dat bijvoorbeeld in Binas tabel 67H.)

- 8a Teken het stukje van een eiwitmolecule met de code Lys-Thr-Trp in structuurformules.
- 8b Welke reactie ondergaat dit stukje van het eiwitmolecule bij de spijsvertering van het varken?
- 9 Geef op de vragen 5a, 3 en 2 nu een samenhangend antwoord.
- 10 Waardoor kan "Door een lager eiwitgehalte in het voer (...) de milieubelasting met (...) stikstof (...) dalen."?

MINI-PROJECT RUITESPROEIER ANTIVRIES



RUIE- SPROEIER ANTIVRIES



**bevat glycol
tegen herbevroezing
reinigt tevens de ruit**

- Bevat meer dan 50% methanol.
 - Vergiftig bij inademing en bij opname door de mond.
 - Buiten bereik van kinderen in goed gesloten verpakking bewaren.
 - Verwijderd houden van ontstekingsbronnen - niet roken.
 - Aanraking met de huid vermijden.
 - Verpakking met ca. 1 liter. Bij zeer strenge vorst inhoud voldoende voor 0,5 liter.
 Licht ontvlambaar
 Vergiftig

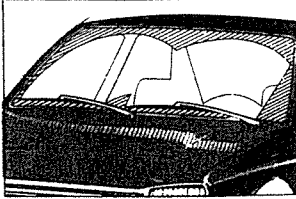
e 150 ml

710402 890346

8



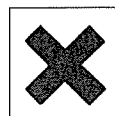
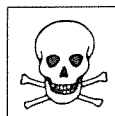
RUIE- SPROEIER ANTIVRIES



**bevat glycol
tegen herbevroezing
reinigt tevens de ruit**

Ruitesproeier antivries is meestal een vloeistof met een blauwe kleur. De samenstelling ervan is ten dele af te lezen op de verpakking. De opdruk van een verpakking staat hierboven afgebeeld. De twee pictogrammen in de opdruk maken duidelijk dat ruitesproeier antivries een gevaarlijke vloeistof is. Met deze vloeistof moet daarom zeer voorzichtig worden omgegaan.

- 1 Hieronder staan vijf pictogrammen. De betekenis van de pictogrammen is in willekeurige volgorde: 'schadelijk of prikkelend', 'explosief', 'giftig', 'bijtend' en 'licht ontvlambaar'. Vul onder elk pictogram de juiste betekenis in.



Ruitesproeier antivries lijkt op het eerste oog op brandspiritus. Kijk thuis op de verpakking van brandspiritus. Daar vind je waarschijnlijk enkele waarschuwingen die ook op de verpakking van ruitesproeier antivries staan.

- 2 Vermeld hieronder de overeenkomstige waarschuwingen.

.....

.....

Op de opdruk staat: "bevat meer dan 50% methanol".

3 Teken hier de structuurformule van methanol.

Er staat ook: "bevat glycol".

4a Vermeld hieronder de systematische naam van glycol. (Gebruik zo nodig tabel 102.)

.....

4b Teken ook de structuurformule van glycol:

Glycol en methanol zitten beide in ruitesproeier antivries. Beide vloeistoffen zijn dus goed mengbaar.

5a Geef een uitleg voor de goede mengbaarheid uitgaande van de bouw van de beide molecuulsoorten.

.....

.....

.....

5b Water mengt goed met ruitesproeier antivries. Geef hiervoor een verklaring.

.....

.....

.....

Vanwege het gevaar wordt proef 1, met onverdunde ruitesproeier antivries, als demonstratieproef uitgevoerd. Als uitgangsvloeistof voor de beide andere proeven is een verdunning gemaakt. Het gaat hierbij om de verdunning die bij zeer strenge vorst moet worden toegepast.

6 Hoeveel ml water is er bij het maken van de verdunning toegevoegd aan de inhoud van een flesje ruitesproeier antivries?

.....

Proef 1: Bevat ruitesproeier antivries water?

- Doe in twee bekerglaasjes elk een schepje wit kopersulfaat.
- Voeg aan beide bekerglaasjes een scheutje ruitesproeier antivries toe.
- Voeg aan één van beide schaaltes tevens een druppel water toe.
- Schud beide bekerglaasjes en laat ze daarna ongeveer een kwartier staan.
- Voer nu (in verband met de wachttijd) eerst proef 2 uit en bekijk dan het kopersulfaat in beide bekerglaasjes.

7a Wat neem je waar?

.....

7b Welke conclusie trek je?

.....

Proef 2: Nog een stof in ruitesproeier antivries?

- Doe in een reageerbuis ongeveer 5 ml verdunde ruitesproeier antivries.
- Sluit de buis af met een stopje.
- Schud de buis krachtig.

8a Wat neem je waar?

.....

8b Wat voor soort stof veroorzaakt dit verschijnsel?

.....

8c Geef een beschrijving van de bouw van de moleculen van zo'n soort stof.

.....

.....

- Haal het stopje van de reageerbuis.
- Voeg ongeveer 2 ml van een oplossing van calciumchloride toe.
- Doe het stopje op de buis en schud opnieuw.

9a Wat neem je waar?

.....

9b Leg uit of ruitesproeier antivries natuurlijke zeep bevat.

.....

Proef 3: Gehaltebepaling van een oplossing van ruitesproeier antivries.

Voor de klas staat een reageerbuis met 20 ml van een oplossing van ruitesproeier antivries in water. De bedoeling van deze proef is om vast te stellen hoeveel ml ruitesproeier antivries gebruikt is bij het maken van die 20 ml.

Bij deze proef kun je gebruik maken van:

- een rekje met reageerbuizen;
- één of twee maatcilinders van 10 ml;
- een bekerglaasje met ongeveer 50 ml verdunde ruitesproeier antivries.

Aanwijzing: Maak enkele verdunningen en vergelijk de kleur ervan met de kleur van de 'onbekende'. Kijk daarbij zowel horizontaal als verticaal door de buis. Ga door met het maken van verdunningen tot je een oplossing hebt waarvan de kleur-intensiteit overeenkomt met die van de 'onbekende'.

- 10 Uitkomst: de onbekende oplossing bevatte ml ruitesproeier antivries per 20 ml. (Denk eraan dat je uitgangsvloeistof al verdund was. Lever de uitkomst van je bepaling ook in op een apart blaadje met je naam erop. Onder de goede inzenders wordt een prijs verloot.)

Ruitesproeier antivries bevat volgens de fabrikant slechts vier stoffen. De twee stoffen die wat hoeveelheid betreft het belangrijkste zijn, zijn methanol en glycol.

- 11 Welke twee stoffen komen in (zeer) geringe mate voor in ruitesproeier antivries ?

.....en

Het gehalte aan methanol en glycol kun je ongeveer controleren via een dichtheidsmeting. De dichtheid van glycol is 1,10 g/ml. De dichtheid van methanol staat in tabel 11.

- 12 Bereken welke dichtheid ruitesproeier antivries ongeveer zou hebben als er 60 volumeprocent methanol in zou zitten.

.....

Het verschil in kookpunt van glycol en methanol bedraagt 134 K.

- 13a Geef het kookpunt van beide stoffen (zie tabel 11 Binas).

Methanol: K. Glycol: K.

Glycol en methanol zorgen er beiden voor dat het vriespunt van een oplossing van ruitesproeier antivries lager is dan van water. Toch staat op de verpakking: "bevat glycol tegen herbevrozing".

- 13b Geef aan waarom glycol na enige tijd nog op de ruit aanwezig is (en dus herbevrozing voorkomt) en methanol niet.

.....

- 14 In een aantal landen is ruitesproeier antivries op basis van methanol verboden. Wat zal daarvan de reden zijn?

.....

In Zeeland komt strenge vorst uiterst zelden voor. Ook geldt in die provincie: "Ons ben zuinig". Een Zeeuws meisje wil daarom ruitesproeier antivries gebruiken in een verdunning die bij - 6°C nog net niet bevriest.

- 15 Beschrijf op welke wijze zij kan bepalen wat de juiste verdunning is.

.....

.....

MEMBRAANREACTOREN

Food Management 35, januari 1991

Membraanreactoren

Membranen worden niet alleen gebruikt om bestanddelen uit een voedingsstroom te scheiden. Er wordt gewerkt aan de mogelijkheid om membranen te gebruiken om chemische reacties beter te kunnen controleren en effectiever te doen verlopen. Zo worden in een poreus membraan enzymen geïmmobiliseerd, om een bepaalde omzetting van de voedingsstroom te katalyseren. Aan de Landbouwniversiteit in Wageningen onderzoekt men de mogelijkheid om membraanreactoren te gebruiken voor de hydrolyse van oliën en vetten.

De hydrolyse van oliën en vetten (lipiden) is een industriële bulkoperatie; wereldwijd wordt door hydrolyse van triglyceriden anderhalf miljoen ton aan vetzuren geproduceerd. Bij hydrolyse komt naast vetzuren ook glycerol vrij. Het glycerol lost op

in de waterfase en de vetzuren in de lipidefase. Conventioneel vindt hydrolyse plaats onder hoge temperaturen en soms in de aanwezigheid van een katalysator of onder hoge druk. De hoge temperatuur kost niet alleen veel energie, maar veroorzaakt bovendien de vorming van onge-

wenste afbraakproducten, met name door de afbraak van meervoudig onverzadigde vetzuren. Met het enzym lipase heeft men de reactie wel onder controle; onder laag-energetische omstandigheden komen glycerol en de gewenste (onafgebroken) vrije vetzuren vrij.

VLOEISTOFTECHNOLOGIE

Enzym en membraanreactor maken zuiver vetzuur uit vet

Drie generaties membranen

In de ontwikkeling van de membraan-technologie zijn drie generaties membranen te onderscheiden, wat staat weergegeven in de figuur. Membranen van de eerste generatie zijn poreus en de scheiding vindt plaats op basis van deeltjesgrootte. Bij micro- en ultrafiltratie scheidt men relatief grote deeltjes (bacteriën, eiwitten) uit waterige oplossingen.

Op het ogenblik bevinden we ons op de overgang tussen de eerste generatie van de poreuze membranen en de tweede generatie membranen, die geen poriën hebben. Deze niet-poreuze membranen zijn in staat om moleculen van dezelfde grootte van elkaar te scheiden. Dit kunnen zowel gasen als

vloeistoffen zijn. Scheiding vindt nu plaats op basis van affiniteit van de te scheiden stoffen met het membraanmateriaal. Toepassingen van het tweede membraantype zijn gasscheidingen om stikstof te winnen en pervaporatie om organische stoffen te ontwateren.

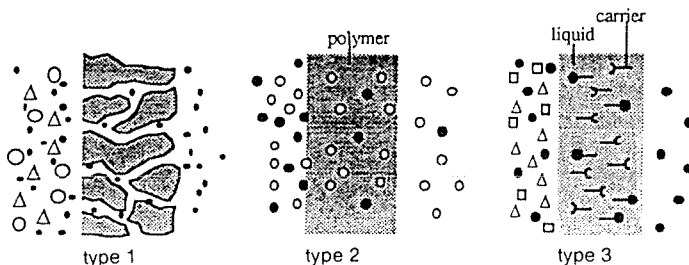
De derde generatie membranen, de 'membranen van het jaar 2000', zijn de vloeistofmembranen. Hierbij is het membraan geen vaste stof maar een vloeistof, die is geïmmobiliseerd in de poriën van een poreus dragermembraan. In deze vloeistof bevindt zich een carriermolecuul, dat zeer specifiek is voor een bepaalde component uit de voedingsstroom. Deze specificiteit bepaalt de werkelijke scheiding.

Gescheiden stromen

Als men het enzym ongebonden aan de emulsie toevoegt, dus zonder een scheiding van een vetfase en een waterige fase, ontstaan problemen met de produktscheiding. Beide afbraakproducten lossen immers in de verschillende fasen op. Een dergelijk systeem is bovendien niet in een continu proces te incorporeren.

Membranen bieden hier een oplossing: een membraan, dat slechts permeabel is voor één van beide fasen, wordt gecoat met lipase. Een hydrofoob membraan zal de lipidefase met vetzuren doorlaten. Een hydrofiel membraan zal glycerol en water doorlaten terwijl de vetzuren in de lipidefase blijven. Beide fasen kan men rondpompen in een systeem met twee afzonderlijke circuits (zie figuur 2), met de membraanreactor als verbindend element. In het lipide-circuit worden uiteindelijk de geproduceerde vrije vetzuren opgevangen. Bijkomend voordeel is dat het gehalte aan meervoudig onverzadigde vetzuren behouden blijft, zodat (afhankelijk van de gehydrolyseerde olie) een hoogwaardiger produkt ontstaat dan bij de conventionele technologie.

De enzymatische hydrolyse van oliën en vetten vindt nog niet op industriële schaal plaats.



MEMBRAANREACTOREN

In het artikel wordt gesproken over de hydrolyse van een olie/vet.

- 1 Wat versta je onder hydrolyse?
- 2 Geef een verschil en een overeenkomst tussen een olie en een vet.

Bij hydrolyse van bijvoorbeeld glyceryl tristearaat komt er naast glycerol stearinezuur vrij.

- 3 Geef de reactievergelijking van de hydrolyse van glyceryl tristearaat in structuurformules weer.

Het gevormde glycerol lost op in de waterfase en de vetzuren in de lipidefase.

- 4 Leg het verschil in oplosbaarheid tussen glycerol en stearinezuur (een vetzuur) duidelijk uit.

Een nadeel van de hydrolyse is dat bij hoge temperatuur de meervoudig onverzadigde vetzuren worden afgebroken. Dit kan voorkomen worden door gebruik te maken van het enzym lipase zodat men bij lagere temperaturen kan werken.

- 5 Welke functie heeft een enzym in een reactie?
- 6 Leg uit dat men daardoor onder laagenergetische omstandigheden kan gaan werken.

Om de produktscheiding beter te laten plaatsvinden, is men aan het experimenteren met membranen. Het hydrofiele membraan wordt daarbij gecoat met het enzym lipase.

- 7 Waarom is juist het hydrofiele membraan gecoat met lipase?

Japan zoekt z'n heil in vangen en opbergen van kooldioxide

Japan probeert het probleem van de stijgende CO₂-uitstoot niet te beugelen via energiebesparing maar op een geheel eigen wijze. Het speerpunt gaat uit van het afvangen en opbergen van kooldioxide, het belangrijkste broeikasgas.

De Japanse regering heeft in oktober van het afgelopen jaar besloten een actieplan op te zetten tegen het opwarmen van de aarde. De essentie is dat in het jaar 2000 de emissie van CO₂ (kooldioxide) niet hoger mag zijn dan het niveau van 1990 (310 miljoen ton). Het Japanse Ministerie voor Handel en Industrie (Miti), pleit voor innovatief onderzoek op het gebied van alternatieve energie en CO₂-fixering.

Technieken

Het onderzoek naar CO₂-fixering gebeurt bij een aantal grote bedrijfslaboratoria, universiteiten en onderzoeksinstituten. Daarbij gaat het om zowel chemische als fysische technieken. Natte absorptie is een chemische methode, waarbij men verbrandingsgassen in contact brengt met een oplossing van aminovloeistoffen. Hierdoor kan CO₂ aan de vloeistof te binden en uit het gas te verwijderen. Door de oplossing te verwarmen is het mogelijk de CO₂ te winnen, waarvoor wel proceswarmte (energie) nodig is.

In 1989 heeft Kansai Electric samen met Mitsubishi Heavy Industries enkele maanden experimenten uitgevoerd met deze techniek in de elektriciteitscentrale van Sakai.

Natuurlijke fotosynthese is de reductie van koolzuurgas door planten. Het RITE (Research Institute for Innovative Technology for the Earth) bezit een ontwerp voor een zonnebioreactor. Zonlicht wordt opgevangen en via optische vezels in de reactor geleid. Door aan de 'genetic engineering' te sleutelen, moet de installatie hogere concentraties CO₂ verwerken.

Dure waterstof

Ook chemische verwerkingsmethoden komen in aanmerking. Katalytische hydrogenatie is zo'n methode. Hierin brengt men waterstof en kooldioxide bij elkaar om ze te veranderen in methaan en methanol. Dit gebeurt na toevoeging van een katalysator, hoge temperaturen en druk. Het procédé wordt reeds toegepast voor de bereiding van methaan uit aardgas. Het grootste obstakel is dat er grote hoeveelheden 'dure' waterstof nodig zijn waardoor de methode economisch onrendabel is. Verder moet de levensduur van de koper-zinkkatalysator worden verbeterd.

Interessant is de berging van kooldioxide in oceanen. Dit zou kunnen op een diepte van 500 meter. Onderzoek heeft aange-

toond dat berging van vloeibare CO₂ op 500 meter diepte het gunstigst is. Maar de vrees bestaat dat grote hoeveelheden CO₂ de zuurgraad van het water negatief kunnen beïnvloeden. De Japanners willen eerst alle milieuaspecten in kaart hebben alvorens deze opties te beproeven. (Bron: Technieuws Tokio)

OPBERGEN KOOLSTOFDIOXIDE

In het artikel worden een aantal technieken besproken om koolstofdioxide te fixeren.

De natte absorptiemethode

Hierbij brengt men gassen die koolstofdioxide bevatten in aanraking met waterige oplossingen van aminovloeistoffen. Je kunt je een aminovloeistof voorstellen als $R-NH_2$.

- 1 Geef de vergelijking van de reactie die optreedt indien koolstofdioxide gebracht wordt in een aminovloeistof-oplossing.
- 2 Leg uit waarom temperatuurverhoging het mogelijk maakt het koolstofdioxide terug te winnen.

Natuurlijke fotosynthese

- 3 Geef de vergelijking van de reactie die optreedt bij de fotosynthese in planten (waarbij koolstofdioxide wordt verbruikt).

Katalytische hydrogenatie

- 4 Wat versta je onder hydrogenatie?

De omzetting van koolstofdioxide en waterstof in methaan en methanol is niet één reactie maar een combinatie van twee reacties: de reactie tussen koolstofdioxide en waterstof tot methaan en de reactie tussen koolstofdioxide en waterstof tot methanol.

- 5 Geef de reactievergelijking voor de omzetting van koolstofdioxide en waterstof in methaan en voor de omzetting in methanol. Bij de processen ontstaat ook water.

De berging in oceanen

(Zie tabel 79 in Binas voor de samenstelling van zeewater.)

- 6 Leg uit waarom men bevreesd is dat koolstofdioxide de zuurgraad van het water negatief kan beïnvloeden.
- 7 Zal de zuurgraad *sterk* veranderen? Geef je redenering.

VLIEGENBESTRIJDING MET KALK

Pluimveehouderij 31 mei 1991

Legpluimveehouder Hans Termeer bestrijdt vliegen met ongebluste kalk

door Hans Bijleveld

Als geen andere kent legpluimveehouder Hans Termeer in Kapel-Avezaath de overlast die vliegen kunnen veroorzaken. In en rond zijn drie dieppitstallen met elk ruim 50.000 hennen had hij soms te maken met ware vliegenplagen. Hij denkt het probleem nu te kunnen oplossen door ongebluste kalk over de mest te strooien.

Al ruim anderhalf jaar is Termeer druk in de weer om de vliegen op zijn bedrijf kwijt te raken. Zonder veel succes overigens, want bij tijd en wijle zag het zwart van de vliegen.

Met vergif spuiten en het elektrocuteren van de vliegen kon hij ze niet afdoende bestrijden. Ook het regelmatig verwijderen van verse mest en helemaal schoon vegen van de stal werkte niet afdoende. Nieuwe probeersels, zoals het uit elkaar rollen van de mest om de broei tegen te gaan en het besproeien van de vliegen met kokend water, gaven bij hem niet het gewenste resultaat.

Twee maanden geleden op het idee gekomen

Zo'n twee maanden geleden kwam Termeer op het idee om de vliegen met ongebluste kalk te lijf te gaan. „Slachtkuikenhouders gebruiken soms ongebluste kalk om hun stal te ontsmetten. Waarom zou dit ook niet werken

tegen vliegen?“, zo vroeg hij zich af.

Het strooien van ongebluste kalk lijkt vruchten af te werpen. Termeer doet dit nu een week of zeven en de vliegen zijn vrijwel verdwenen.

Zeven weken geleden heeft Termeer voor het eerst kalk over de mest gestrooid. De eerste vier weken stooide hij drie keer per week en daarna, vanwege de feestdagen, twee keer per week. Omdat hij toen toch weer wat meer last van vliegen kreeg, schakelde hij weer over naar drie keer per week strooien. Hij verwacht dat binnen enkele weken één keer strooien voldoende is om het vliegenprobleem de baas te blijven.

Volgens Termeer is de kalk een effectief wapen tegen de vliegelarven. In de wat vochtige mest gaat de kalk bruisen en de larven die er doorheen kruipen gaan volgens zijn zeggen kapot. En daar is het hem nu juist om te doen.

„Op deze manier lukt het de cyclus te doorbreken en komt er geen nieuwe generatie vliegen.“

Een onderdeel van de vliegenbestrijding is het dagelijks afschuiven van de mest. Hiermee verkleint Termeer de kans dat vliegen eitjes leggen op de mestbanden.

De kalk werkt niet alleen tegen larven. Ook vliegen die er toevallig mee in aanraking komen, leggen het loodje.

Een mooie bijkomstigheid is dat de mest van kalk droger wordt. Uiteraard is het kalkgehalte van de

mest hoger, wat mogelijk de waarde verhoogt.

Een stuk goedkoper dan bestrijdingsmiddelen

Ook financieel lijkt het kalkstrooien een succes. Termeer strooit per keer zes zakken van veertig kilo kalk per stal. Per zak betaalde hij ongeveer f 20. Afhankelijk van de frequentie van strooien kost het hem dus f 240 tot f 360 per week per stal.

In vergelijking met bestrijdingsmiddelen is het een stuk goedkoper, want soms verspoot Termeer per stal wel voor duizend gulden vergif en madedoodmiddelen in de week. Kalkstrooien kost wel wat meer arbeid. Per stal is Termeer er ongeveer een uur per keer mee bezig. Vergif spuiten kost een twintig minuten per stal.

Overigens gebruikte Termeer de eerste paar weken nog wel bestrijdingsmiddelen. Nu vindt hij dat niet meer nodig. De weinige vliegen die nu nog in de stal zitten probeert hij te doden met de elektrische vliegедoder.

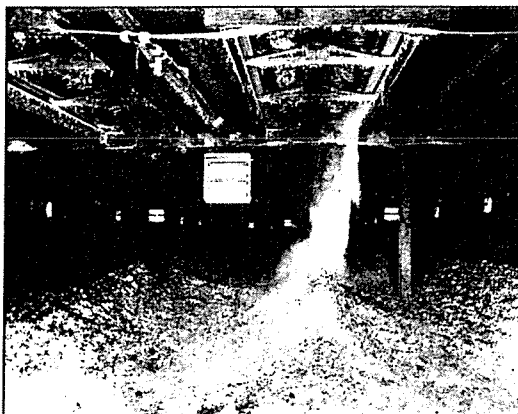
Termeer is zo overtuigd van de werking van de kalk, dat hij twintig ton uit Duitsland liet komen. Dat scheelde hem een paar gulden per zak. Voorlopig kan hij daar even mee vooruit.

Dat Termeer nu met minder bestrijdingsmiddelen toe kan, bevalt hem prima. „Ik strooi liever drie keer per week kalk, dan dat ik één keer per week met vergif aan de slag moet. Nog even afgezien van de prijs.“ □



1. Termeer strooit met een aangepaste gazonkunstmeststrooier een dunne laag kalk over de looppaden

(foto's: Hennie Keizer)



2. Vervolgens veegt hij dat laagje met een veegwagentje onder de batterijen

De vliegемaden overleven de kalkbehandeling niet. Na aanraking met de kalk verschrompelen ze

VLIEGENBESTRIJDING MET KALK

De pluimveehouder Hans Termeer had al van alles geprobeerd om de vliegen te bestrijden, maar geen van de gebruikte methoden was effectief genoeg.

- 1 Noem de vijf methodes die Hans Termeer allemaal geprobeerd heeft vóór het gebruik van ongebluste kalk.

Bij gebruik van ongebluste kalk (CaO) bleek het aantal vliegen sterk terug te lopen. Toch worden slechts weinig vliegen door de ongebluste kalk *gedood*.

- 2 Leg uit hoe het aantal vliegen door middel van het gebruik van ongebluste kalk toch teruggedrongen wordt.
- 3 Geef de reactievergelijking die optreedt als de ongebluste kalk in de vochtige mest terecht komt.
- 4 Bereken met behulp van tabel 57 Binas het enthalpie-effect van deze reactie.
- 5 Verklaar nu het *bruisen van de mest*.

Door het gebruik van de ongebluste kalk wordt de mest droger en zeer geschikt voor zure gronden.

- 6 Leg uit dat door het gebruik van ongebluste kalk de mest droger wordt.
- 7 Leg uit dat door het gebruik van ongebluste kalk de mest zeer geschikt wordt voor zure gronden.

Niet alleen financieel is deze methode aan te bevelen, het is goedkoper, maar indirect is het ook aantrekkelijker voor het milieu.

- 8 Waarom is het aantrekkelijker voor het milieu?



GROOTSTE ZWAVELZUURREGENERATIE IN GENT-RIEME OPERATIONEEL

Rhône-Poulenc Chemie heeft onlangs in Gent-Rieme een fabriek in gebruik genomen voor de regeneratie van zwavelzuur. Deze heeft een capaciteit van 170.000 ton per jaar, en is daarmee de grootste in Europa. De bouw vergde een investering van circa f 70 miljoen.

De installatie is gebouwd met kennis van het Amerikaanse dochterbedrijf van de groep. Rhône-Poulenc heeft via dit dochterbedrijf, Rhône-Poulenc Basic Chemicals (het vroegere Stauffer Chemical dat in 1987 werd overgenomen), al 45 jaar ervaring met dit proces. Deze kennis is nu voor het eerst in Europa toegepast.

In de Verenigde Staten zijn al zeven van dergelijke fabrieken operationeel, voornamelijk bij de grote olieaffinaderijen, waarmee langlopende contracten zijn afgesloten. De totale capaciteit in de USA is 7.500 ton per dag.

Het bedrijf in Rieme is gunstig gevestigd in de nabijheid van Antwerpen en Rotterdam waar veel petrochemische industrie is. De

De nieuwe regeneratie-eenheid voor zwavelzuur in Rieme (België).

Exxon-groep heeft een contract afgesloten voor minstens 20.000 ton per jaar, met een optie op nog eens 15.000 ton. Het is de bedoeling dat de fabriek binnen een jaar volledig bezet zal zijn.

Loodvrij

De vraag naar regeneratiecapaciteit voor zwavelzuur is sterk toegenomen onder invloed van het gebruik van loodvrije benzine. Zwavelzuur wordt in olieaffinaderijen gebruikt als katalysator in het alkyleringsproces van loodvrije benzine met een hoog octaangetal. Tijdens dit proces raakt het zuur echter langzamerhand verontreinigd met organische verbindingen.

Bij de regeneratie wordt dit verontreinigde mengsel bij zeer hoge temperatuur verbrand. Daarbij ontleeft het zuur in water en zwaveltrioxide. De laatste verbinding

wordt vervolgens gebruikt om weer schoon zwavelzuur te maken.

Door de hoge verbrandingstemperatuur worden de organische verontreinigingen bijna volledig omgezet.

Organisch afval

Het proces is bovendien zeer geschikt voor het verbranden van gevaarlijke organische afvalstoffen in het algemeen, omdat hierbij 99,9 procent van deze verbindingen wordt vernietigd.

Het storten van dit soort afval is in de VS verboden. Rhône-Poulenc heeft voor enkele van de zeven fabrieken in de USA al vergunning van de overheid om dit afval te gaan verwerken.

Met het gebruik van dit soort schone technologieën bevestigt Rhône-Poulenc de actieve rol die zij wil spelen bij het recyclen van grondstoffen en het beschermen van het milieu.

Het bedrijf in Rieme is onderdeel van een groter chemisch complex van Rhône-Poulenc. Op deze lokatie worden zwavelzuur, fosforzuur, meststoffen, ammoniumfosfaat en oleum gemaakt.

ZWAVELZUURREGENERATIE

Het alkyleringsproces, waarover in het artikel gesproken wordt, is een bereidingswijze voor vertakte alkanen.

In een benzinemotor verloopt de verbranding van vertakte alkanen veel gelijkmatiger dan van niet-vertakte. Dat zie je ook aan de keuze van de ijkstoffen voor het octaangetal. Per definitie kreeg zuiver heptaan (onvertakt) het getal 0 en zuiver iso-octaan (2,2,4-trimethylpentaan) het getal 100.

1 Teken de structuurformules van heptaan en 2,2,4-trimethylpentaan.

2a Wat betekent een octaangetal 97 van een benzine?

2b Kan een benzinesoort een octaangetal groter dan 100 hebben?

2c Waarom werd vroeger 'lood' aan benzine toegevoegd?

De meeste alkanen in benzine hebben moleculen met 6, 7 of 8 koolstofatomen. Distillatie van aardolie levert fracties op waarin onder andere deze alkanen voorkomen.

Een manier om zulke alkanen te synthetiseren heet *alkyleren*: een alkeen en een alkaan verbinden zich met elkaar. Zwavelzuur is daarbij de katalysator.

3a Geef de reactievergelijking (brutoformules) van de alkyleringsreactie van een buteen met een butaan.

3b Waar komen butenen en butanen vandaan?

Er bestaan verschillende isomeren van butaan en buteen.

4a Teken de structuurformules van alle isomeren van butaan en buteen.

4b Geef bij elke structuurformule uit 4a de systematische naam.

Bij de alkyleringsreactie van een buteen en een butaan ontstaat een octaan. Kies je de juiste isomeren van buteen en butaan dan krijg je een sterk vertakt octaanmolecule.

5 Geef de reactievergelijking (structuurformules) voor de alkyleringsreactie van 2-methylpropeen met 2-methylpropaan (er ontstaat 2,2,4-trimethylpentaan).

6 Leg uit waarom "De vraag naar regeneratie-capaciteit voor zwavelzuur sterk is toegenomen onder invloed van het gebruik van loodvrije benzine."

Het vervuilde zwavelzuur wordt ontdaan van zijn vervuiling door het te verbranden. Hierbij ontleedt het zwavelzuur in waterdamp en zwaveltrioxide terwijl de organische verbindingen volledig verbranden.

7 Welke verbrandingsprodukten zullen zeker ontstaan bij het verbranden van die organische verbindingen? Licht dit toe.

8 Geef de vergelijking voor de ontleding van het zwavelzuur.

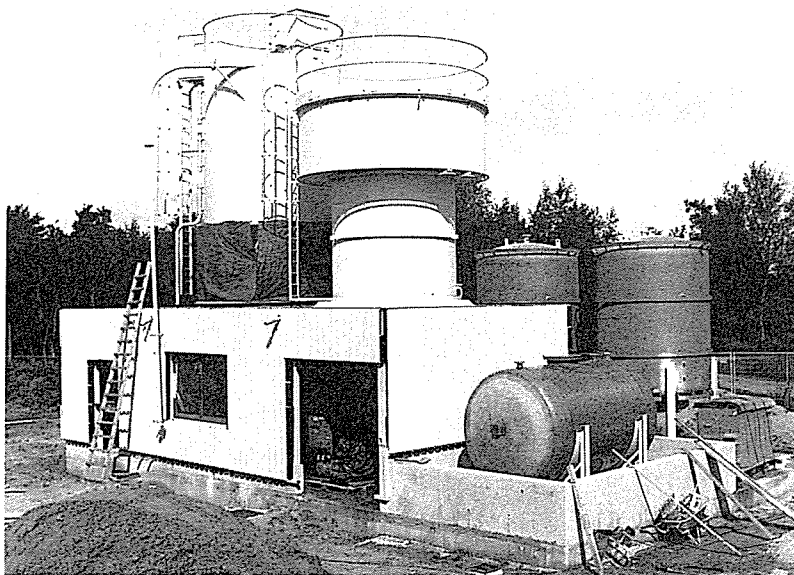
De gevormde zwaveltrioxide kan weer omgezet worden in zwavelzuur.

9 Hoe wordt dat in de praktijk gedaan?

10 Geef de reactievergelijking van deze omzetting.

FOSFATEN AAN RIOOLWATER ONTTREKKEN

*Chemie voor de toekomst (Rhône-Poulenc)
nummer 26 (jaargang 7), september 1991*



Korrelreaktor-installatie voor fosfaatverwijdering uit huishoudelijk afvalwater bij de rioolwaterzuiveringsinrichting Westerbork.

DHV-KORRELREAKTOR ONTTREKT FOSFATEN AAN RIOOLWATER

De korrelreaktor die het Amersfoortse ingenieursbureau DHV ontwikkelt om fosfaten uit afvalwater te halen, lijkt veelbelovend. Er loopt een grootschalige proef op drie rioolwaterzuiveringsinstallaties om ervaring op te doen met verschillende typen afvalwater. Het fosfaat wordt hergebruikt als grondstof voor fosfaatprodukten. Naast de korrelreaktor worden er ook andere technieken bestudeerd om fosfaten te verwijderen.

Het defosfateren van rioolwater is in bepaalde gebieden nodig geworden, omdat fosfaten in het oppervlaktewater een voedingsbron voor algen vormen en tot een algenplaag kunnen leiden. De fosfaten komen voor

een deel uit wasmiddelen en verder uit faecaliën, dierlijke mest en uitgespoelde kunstmest. Via de grote rivieren komt ook nog veel fosfaat uit het buitenland ons land binnen.

Om de fosfaten uit het riool-

zoals zink, mangaan, nikkel en telluur. De metaalzouten, meestal carbonaten, zetten zich ook in dit geval af op de zandkorrels. De metalen kunnen worden teruggewonnen.

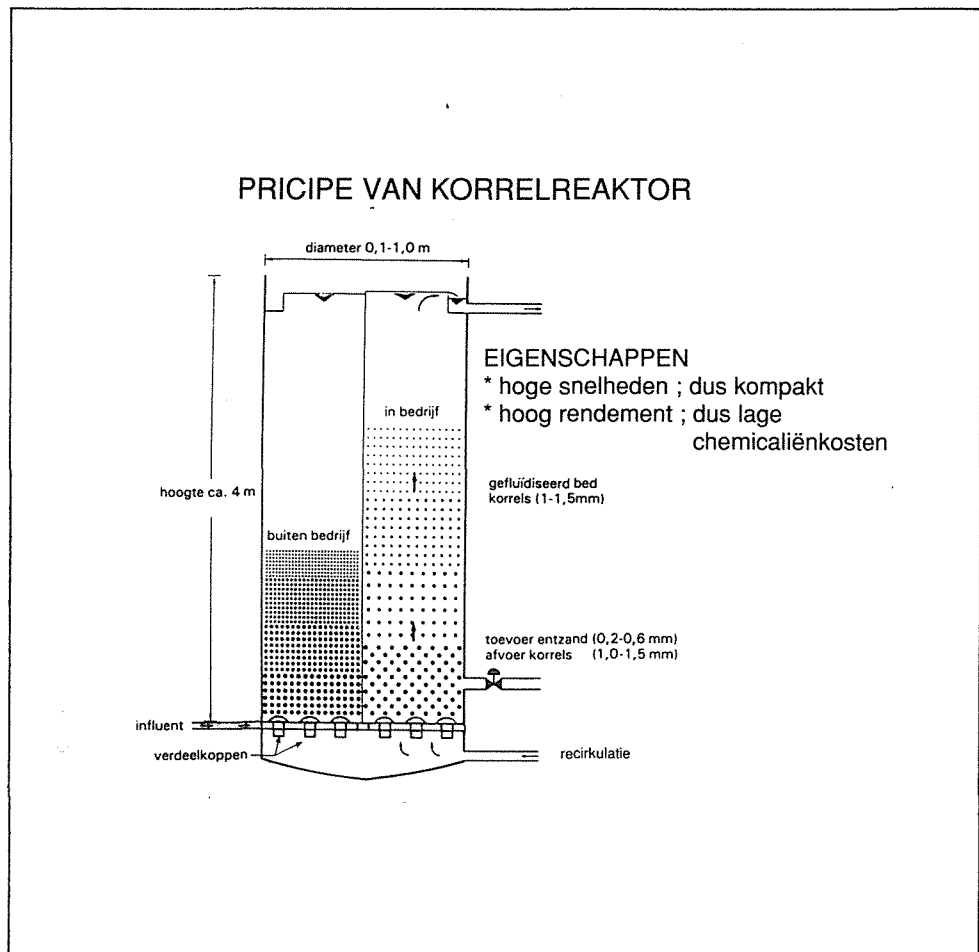
water te verwijderen voordat dit op het oppervlaktewater kan worden geloosd, heeft ingenieursbureau DHV in Amersfoort een nieuwe techniek ontwikkeld, de 'korrelreaktor'. Deze ontleent zijn naam aan de zandkorrels die in een verticale kolom zwevend worden gehouden door de stroom fosfaathoudend afvalwater.

Onderaan de kolom wordt kalkmelk toegevoegd. De calciumfosfaat, dat slecht oplosbaar is.

De zandkorrels fungeren als kernen waarop de calciumfosfaat zich vastzet. Naarmate het proces vordert, groeien de zandkorrels uit tot calcium-fosfaatbolletjes. Deze worden aan de onderzijde van de kolom regelmatig afgetapt, terwijl nieuwe zandkorrels worden toegevoegd.

Essentieel voor het goed functioneren van het proces is dat het rioolwater op de juiste zuurgraad wordt gebracht. In dat geval is het mogelijk het water te zuiveren tot 0,5 milligram fosfaat per liter. Bij de rioolwaterzuiveringsinstallatie in het Drentse Westerbork draait inmiddels een grootschalige proefinstallatie; twee andere zijn in voorbereiding.

De korrelreaktor, 'Crystalactor' genaamd, is ook te gebruiken voor het ontharden van drink- en proceswater en voor



Een gevolg van een teveel aan fosfaten in het oppervlaktewater is een overmatige algengroei.

- 1 Wat is er zo gevaarlijk aan een overmatige algengroei? Geef een mogelijk gevolg.
- 2 Waarom zaten er (poly)fosfaten in wasmiddelen? Leg de functie van (poly)fosfaten (formule: $P_3O_{10}^{5-}$) uit aan de hand van een reactievergelijking.

Om de fosfaten te verwijderen wordt er 'kalkmelk' toegevoegd: een oplossing/suspensie van calciumhydroxide in water.

- 3 Verklaar de naam 'kalkmelk'.
- 4 Waarom staat er 'oplossing/suspensie'? Licht je antwoord toe.
- 5 Geef de vergelijking van de neerslagreactie tussen de fosfaationen en calciumionen.
- 6 Waarom voegt men calciumhydroxide toe en niet bijvoorbeeld calciumchloride? Leg duidelijk uit.
- 7 Hoe zou men heel eenvoudig kunnen controleren of er nog voldoende calciumhydroxide aanwezig is? Licht je keuze toe.

De korrelreactor kan ook gebruikt worden om water te ontharden en voor het verwijderen van zware metalen.

- 8 Welke stof moet je toevoegen zodat zowel water onthard wordt en ook de metaalzouten (= metaalcarbonaten van de zware metalen) zich afzetten? Licht je antwoord duidelijk toe!

CO₂ VOOR TUINDERS NUTTIG BRÖEIKASEFFECT

Chemie voor de toekomst
7(28), 1 en 5, 1991

Onderzoek prof.ir. C.M. van den Bleek (TU Delft): **CO₂ geeft tuinders een nuttig 'broeikaseffect'**

Binnenkort start een praktijkproef voor het katalytisch omzetten van stikstofoxiden uit afgassen van tuinderijen. Dit maakt het mogelijk de kooldioxide uit die afgassen te benutten in de kassen. De planten groeien hierdoor 20 tot 30 procent sneller. Het idee is afkomstig van prof. ir. C.M. van den Bleek, hoogleraar Chemische Reactorkunde aan de TU Delft: "Reaktorkunde is er om praktische problemen op te lossen", is een van zijn stelregels.

Tuinders gebruiken in hun kassen al jaren extra kooldioxide (CO₂) om hun planten sneller te laten groeien. Het CO₂-gehalte in de buitenlucht is 340 ppm (delen per miljoen); als dit wordt opgevoerd tot 1000 ppm neemt de groeisnelheid van een gewas met 20 tot 30 procent toe. Tuinders hebben verschillende mogelijkheden om CO₂ toe te voeren. Het goedkoopste is het om de afvoer van de CV-ketel na verdunning in de kas te laten uitmonden. Dit gaat goed omdat dit afgas weinig stikstofoxiden (NO_x) bevat; in hogere concentraties is NO_x echter funest voor de planten.

Veel tuinders zijn de afgelopen jaren overgeschakeld op een ener

giezuinige Total Energy Installatie (TE), waarbij het gasmotordeel elektriciteit opwekt en de vrijkomende warmte wordt benut om de kas te verwarmen; het CV-deel wordt alleen bijgeschakeld bij zeer koud weer.

Door de hoge verbrandingstemperatuur bevatten de afgassen van zo'n gasmotor veel meer NO_x dan een CV-ketel. De afgassen zijn daardoor ongeschikt voor de kassen. De enige manier om dit te verhelpen, is de NO_x om te zetten in stikstof, het 'denoxen'.

Prof.ir. C.M. van den Bleek: "Hiervoor zijn in de jaren zeventig al processen ontwikkeld waarbij de NO_x katalytisch met ammoniak

wordt omgezet in stikstof.

Dit proces is interessant omdat het niet gevoelig is voor zuurstof; sterker, het gaat juist beter met zuurstof. Het proces leek ook geschikt voor tuinderijen, maar een tuinder is geen procestechnoloog die gewend is met flessen ammoniak te werken.

Toen we dit wat beter gingen bekijken bleek het gebruik van ammoniak niet haalbaar".

Ureum als denoxer

"Daarop hebben we gezocht naar een stof met dezelfde eigenschappen als ammoniak, maar zonder het nadeel van de ingewikkelde handelingen. Die hebben we uiteindelijk gevonden in een verwante chemische verbinding, ureum. Dit is een vaste stof die als 'prills' (hagelslag) in zakken kan worden verpakt. Bovendien is het voor de tuinder een bekend produkt, als kunstmest".

Ureum in combinatie met een geschikte katalysator (Vanadiumpen toxide) zet het NO_x via een tussenstap om in het onschadelijke stikstof en zo kunnen de tuinders de overblijvende CO₂ uit de afgassen gebruiken als 'groei-promotor'.

Het koolstofdioxide-gehalte in de buitenlucht is 340 ppm.
(1 ppm. is 1 volume-deeltje per 1 miljoen volume-deeltjes)

- 1 Bereken hieruit het volume-% koolstofdioxide in lucht.

Meer koolstofdioxide in de aardse dampkring bevordert het 'broeikaseffect'.

- 2 Beschrijf wat er in de dampkring gebeurt.
3 Welk(e) gevolg(en) heeft dit op aarde?

In kassen heeft een hoger koolstofdioxide-gehalte een heel ander effect: het bevordert de groei van de gewassen.

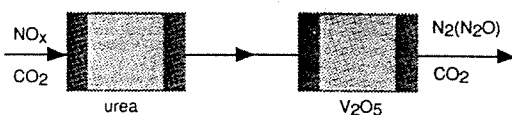
- 4 Leg uit dat een verhoogde concentratie van CO_2 stimulerend werkt bij de groei.

De CO_2 wordt in de kassen geleid in de vorm van verbrandingsgassen. De huidige verbrandingsgassen (= afgassen) moeten eerst NO_x vrij gemaakt worden (= denoxen) alvorens in de kas te worden geleid.

- 5 Waarom konden 'vroeger' de afgassen wel direct - na verdunning - in de kas worden geleid?

Het denoxen verloopt in twee stappen:

REAKTORSHEMA VOOR HET DENOXEN VAN AFGASSEN VAN TUINDERIJEN.



Chemisch Weekblad 87(41), 405, 1991

De eerste stap (in de ureumreactor) geeft onder andere ureumafbraakprodukten. Zo wordt in de ureumreactor uit ureum ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) ammoniak gemaakt en nog een ureumafbraakprodukt (A).

- 6 Leid af wat de molecuulformule is van bovengenoemd ureumafbraakprodukt (A) als verder gegeven is dat de molecuulverhoudingen in de reactievergelijking 1 : 1 : 1 zijn.

Een ander ureumafbraakprodukt dat kan ontstaan heeft de molecuulformule $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$. Het ontstaat uit ureum naast ammoniak en stikstof.

- 7 Geef de reactievergelijking voor deze omzetting.

In de tweede stap (in de reactor met katalysator) wordt vervolgens NO_x met de ammoniak, ontstaan in de eerste stap, omgezet in stikstof en water.

- 8 Geef van deze omzetting de reactievergelijking
a als $\text{NO}_x = \text{NO}$
b als $\text{NO}_x = \text{NO}_2$

In het artikel staat dat het *onschadelijke* stikstof ontstaat.

- 9 Waaruit kun je afleiden dat stikstof onschadelijk is?

Waterafdundbare verf is niet meer te houden

Organische oplosmiddelen in verf zijn schadelijk voor het milieu. Daarom worden steeds meer verven gebruikt op waterbasis. Er kleven nog wel wat nadelen aan, maar die lijken te verhelpen. Grootschalig gebruik hangt vooral af van de acceptatie van de klant.

Verf bestaat grofweg uit pigment, een bindmiddel en een oplosmiddel om het produkt verwerkbaar te maken. Het bindmiddel is van oudsher een stroperi-

ge, hoogmoleculaire substantie. De lijnolie van weleer is vervangen door kunstharslakken, waarvan de binder bestaat uit kunstharsen (meestal alkydhars) en die wordt verdund met terpentine. Na het opbrengen verdampt het oplosmiddel en blijft er een goed hechtende film over, waarin de pigmentkorreltjes fijn zijn verdeeld.

Wie zich in verf verdiept, ziet al snel door de bomen het bos niet meer. „Alleen in Europa zijn al 1500 verschillende bindmiddelen op de markt”, zegt dr F. Willemse, hoofd van het Centrum TNO Coatings in Delft. Bijna elke toepassing stelt immers haar eigen eisen wat betreft hechting, flexibiliteit, corrosiebestendigheid, slijtvastheid, hardheid of glans.

Verf is gebaseerd op een filmvormende stof, die is opgelost of zeer fijn verdeeld in een oplosmiddel. De filmvormende stof bevat naast het bindmiddel ook kleurstoffen. Daarnaast zijn nog vaak andere hulpstoffen aanwezig: droogversnellers, weekmakers, stabilisatoren, hechtverbeters, et cetera.

In het artikel 'Waterafdundbare verf is niet meer te houden' komt een heel scala van verven aan bod, toegespitst op het bindmiddel. In deze opgave ga je de genoemde verven onder de loep nemen.

Verven en lakken worden meestal toegepast om hun beschermende werking. De beschermende eigenschappen ontleen ze aan een gesloten laag die bij droging uit een oorspronkelijk vloeibare verf ontstaat.

In een gedroogde verflaag zijn grote moleculen, macromoleculen, aanwezig. De filmvorming van de verf is het proces dat er voor zorgt dat de macromoleculen in de gedroogde verflaag terecht komen. De filmvorming kan in principe langs twee wegen verlopen:

- *fysische droging*: de verf bestaat al uit macromoleculen (het bindmiddel) die rondzwemmen in een geschikt oplosmiddel. Bij de droging van de verf vindt alleen verdamping van het oplosmiddel plaats;
- *chemische droging*: ook hier moet het oplosmiddel verdampen. Daarnaast treedt bijvoorbeeld een reactie met zuurstof uit de lucht op om bijvoorbeeld netwerken te laten ontstaan. Een andere mogelijkheid is dat de uiteindelijk gewenste macromoleculen tijdens de droging door reacties van kleinere moleculen gevormd worden.

Belangrijk is dat tijdens de droging de opgeloste of fijn-verdeelde stoffen gelijkmatig verdeeld blijven. Vooral voor niet-opgeloste vaste stoffen (suspensies) of niet mengbare vloeistoffen (emulsies) eist dat soms speciale stoffen om ze in het oplosmiddel goed verdeeld (gedispergeerd) te houden.

Fysische droging

In principe zijn er drie soorten bindmiddelen. Sommige bindmiddelen geven een droge film nadat het oplosmiddel of het water is verdampt. Acrylaat- en nitrocellulose-verven behoren daartoe. Daarnaast zijn er bindmiddelen die

Uit bovenstaand stukje blijkt dat nitrocellulose- en acrylaatverven tot de fysisch drogende verven behoren.

Je gaat nu de bindmiddelen van beide verven bekijken.

Nitrocelluloseverven

Verven waarvan het bindmiddel 'nitrocellulose' ofwel cellulosenitraat is. Nitrocellulose kan bereid worden door een verestering van cellulose met salpeterzuur. Hierbij ontstaan cellulosemono-, di- en trinitraat.

- 1 Geef de reactie tussen een hydroxy-groep van cellulose en salpeterzuur.
- 2 Teken de structuurformule van een stukje cellulosedinitraat. Teken hierbij een stukje celluloseketen van minimaal drie eenheden.

Voor elk van de klasse bindmiddelen zijn specifieke oplosmiddelen nodig. Ketonen, esters, aromaten, alifaten en mengsels van dergelijke organische verbindingen zijn favoriet.

Bij cellulosenitraat met een lage veresteringsgraad gebruikt men vaak alcoholen (beter: alkanolen) als oplosmiddel.

- 3 Leg uit waarom alcoholen geschikte oplosmiddelen zijn.

Acrylaatverven

Het bindmiddel van deze verf bevat polyacrylaat. Er zijn vele polyacrylaten. Een van de eenvoudigste polyacrylaten is het polymeer dat ontstaat uit het monomeer methylpropenoaat (de ester van propenozuur en methanol).

- 4a Geef de structuurformule van methylpropenoaat.
 - 4b Teken de structuurformule van het polyacrylaat dat wordt gevormd uit methylpropenoaat. Teken minimaal een keten met een lengte van drie monomeereenheden.
- 5 Ontstaat het methylpropenoaat tijdens het drogen van de film? Waaruit leid je dat af?

Er zijn echter slechts een paar bindmiddelen die in water oplossen. In de jaren zestig kwamen de acrylaat-emulsies op de markt, die met water zijn te verdunnen.

Men was er toen in geslaagd kleine bolletjes bindmiddel en pigment zwevend te houden in een waterige oplossing (emulsie). Na het opbrengen en het verdampen van het water, drukken de bolletjes zich tegen elkaar aan en vormen zo een aanvaardbare deklaag. Vrijwel alle muurverven zijn nu gebaseerd op deze acrylaat-emulsies.

Inmiddels is er flink gesleuteld aan deze emulsies. In de praktijk betekent dat dat er heel wat extra componenten aan zijn toegevoegd om de gewenste

eigenschappen te krijgen. Die extra componenten zijn niet alle even onschuldig en gedragen zich in het milieu soms minstens zo slecht als de oude organische oplosmiddelen. (Ozonvorming met zuurstof, stikstofoxyden en zonlicht.)

Het is misschien goed om te beseffen dat de basis van de meeste aangeprezen waterafdonbare verven nog steeds bestaat uit organische componenten met pigment. Maar doordat ze in water rondzweven, kan de verf ook met water worden verdund. Vaklieden spreken dan ook liever van *watergedragen* verf, ter onderscheid van de echte wateroplosbare soorten.

Acrylaatverven zijn dus waterafdonbare verven.

Hoe wordt zo'n verf nu gemaakt? Ofwel de vraag rijst: hoe kun je nu macromoleculen oplossen in water?

Als je de volgende onderdelen hebt doorgewerkt, zul je merken dat het water niet fungeert als oplosmiddel.

Polyacrylaatverven worden bereid met behulp van een zogenaamde emulsiopolymerisatie.

Hoe gaat zo'n emulsiopolymerisatie in zijn werk?

Een emulsie is een 'mengsel' van twee vloeistoffen die niet in elkaar oplossen.

Druppeltjes van de ene vloeistof zweven in de andere. Vaak scheiden de vloeistoffen weer.

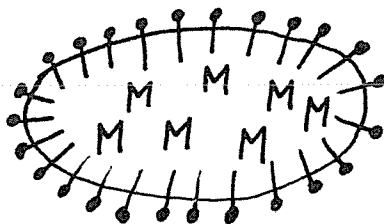
Wil men een blijvende menging hebben dan gebruikt men vaak zeepachtige stoffen die contact houden tussen de vloeistofdruppels en de andere vloeistof. Vaak krijgen de druppels een lading. De afstoting van gelijkgeladen druppels verhindert dan het samenvloeien van die druppels.

6 Geef enkele voorbeelden van emulsies 'uit de keuken'.

7 Geef een voorbeeld van een zeepachtige stof.

Om een verf te krijgen, moet in de druppels van de emulsie een polymerisatie-reactie optreden. De emulsiopolymerisatie is een radicaalpolymerisatie.

In het oplosmiddel water zijn grote en kleine druppels van het monomeer methylepropenoaat (M) aanwezig. Tevens is zeep (voorgesteld door ---O) aanwezig. Zo'n monomeerdruppel kun je je als volgt voorstellen:



- 8 Leg uit waarom de zeepmoleculen zich zullen richten zoals in bovenstaande figuur is weergegeven.

Radicaalpolymerisaties kennen drie stappen:

- initiatie (de start);
- propagatie (de voortgang van de reactie);
- terminatie (het einde).

In de waterlaag vindt de initiatie plaats. Uit een molecuul R-R ontstaan twee radicalen $R\cdot$. Het radicaal dringt de monomeerdruppel binnen. In de druppel vindt de propagatie plaats.

- 9 Geef de propagatie voor de polymerisatie van methylpropenoaat tot polymethylpropenoaat (minimaal drie monomeereenheden) stap voor stap weer in structuurformules.

Als de monomeerconcentratie in een kleine druppel te laag wordt, verhuizen via het water monomeren van de grote druppels naar de kleine druppels. Hierdoor zwellen deze druppels op.

- 10 Leg uit dat de zeepconcentratie de reactiesnelheid van de polymerisatie kan beïnvloeden.

11a Leg de functie van het 'oplosmiddel' water uit.

11b Wat gebeurt er tijdens het drogen met de acrylaatverf?

Chemische droging

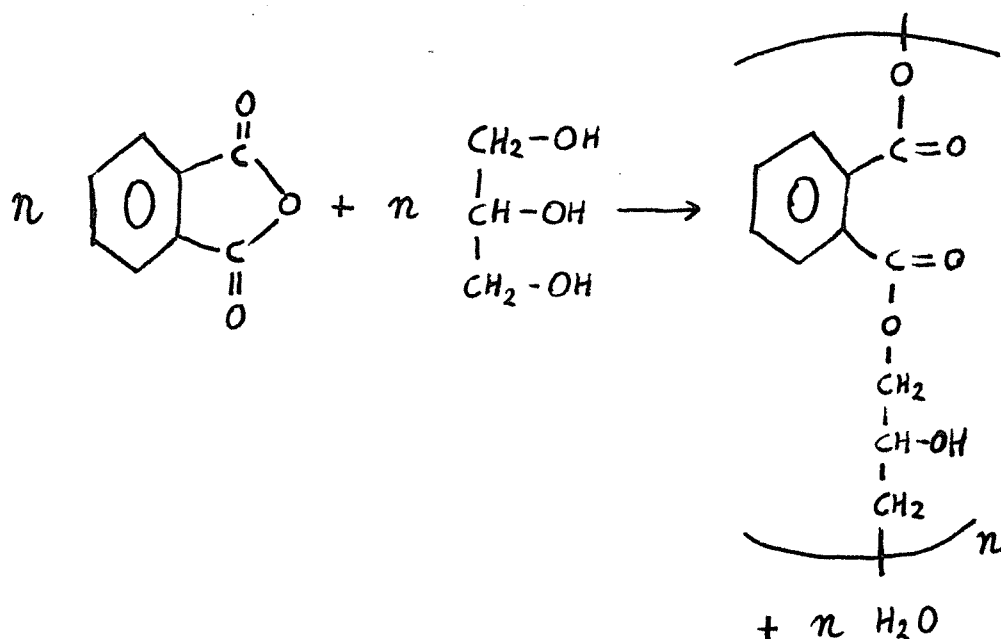
Daarnaast zijn er bindmiddelen die na het opbrengen nog met zuurstof uit de lucht reageren, zoals de veel gebruikte alkydsystemen: de hoogglans-huisschilderverven die goed bestand zijn tegen oplosmiddelen, vet en huishoudelijke condities.

Alkydverven

Bij alkydverven komt naast verdamping van het oplosmiddel de zogenaamde oxidatieve droging voor.

Het bindmiddel van alkydverf is gebaseerd op een zuuranhydride (bijvoorbeeld ftaalzuuranhydride), een triol (bijvoorbeeld glycerol) en een onverzadigd vetzuur (bijvoorbeeld linolzuur of oliezuur).

Het bindmiddel wordt gevormd in twee stappen. In de eerste stap reageert ftaalzuuranhydride met glycerol (zie figuur):

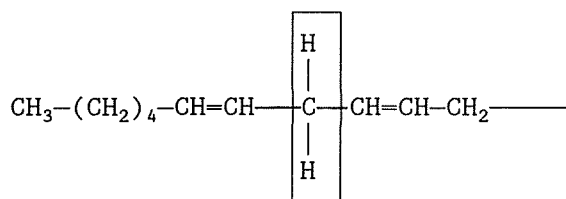


12 Wat voor type reactie is hier opgetreden?

In de tweede stap reageren vetzuurmoleculen (neem linolzuur met formule $\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$) met de hydroxy-groepen van het produkt van de eerste stap.

13 Geef het reactieprodukt van de tweede stap uitgaande van het produkt dat ontstaan is in de eerste stap.

Als nu het oplosmiddel van alkydverven verdampt is, blijft er een laag over die bestaat uit de macromoleculen die je getekend hebt in antwoord op vraag 13. Deze moleculen worden vervolgens verknoopt met behulp van zuurstof. De verknoping vindt plaats tussen de staarten van de vetzuurmoleculen die zich aan de verschillende polymeerketens bevinden. Stel je het reactieve gedeelte als volgt voor:



Bij het gedeelte dat in het kader staat, vindt de netwerkvorming (de verknoping) plaats via een radicaalmechanisme.

Mogelijkheid 1

Het reactieve centrum reageert met een zuurstofmolecuul. Hierbij koppelt het zuurstofmolecuul aan het koolstofatoom waarbij een waterstofatoom (= een radicaal) vrijkomt. Het zuurstofatoom dat niet gebonden zit aan het koolstofatoom heeft ook een ongebonden elektron. Vervolgens reageert het zo ontstane polymeer-zuurstofradicaal met het reactieve centrum van een ander polymeermolecuul waarbij de verknoping een feit wordt.

- 14 Geef de twee deelstappen van mogelijkheid 1 in reacties met structuurformules weer.

Mogelijkheid 2

Het zuurstofmolecuul haalt een waterstofatoom van het koolstofatoom van het reactieve centrum af. Hierbij ontstaat het radicaal $\text{HOO}\cdot$ en een polymeerradicaal. Het polymeerradicaal is redelijk stabiel omdat er mesomerie kan optreden.

- 15 Geef drie mesomere grensstructuren van het polymeerradicaal.
- 16 Geef minimaal drie koppelingsmethoden aan die tussen de vetzuurgedeelten kunnen ontstaan, rekening houdend met mogelijkheid 1 en 2.

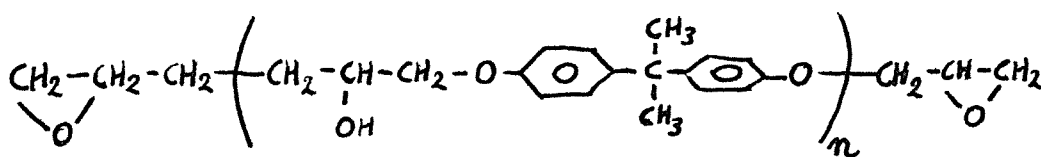
Tweecomponent'systemen'

Ten slotte zijn er de tweecomponenten-systemen, die bij het uitharden een driedimensionaal netwerk vormen en zeer duurzaam zijn. Epoxy- en polyurethaan-lakken zijn daarvan voorbeelden.

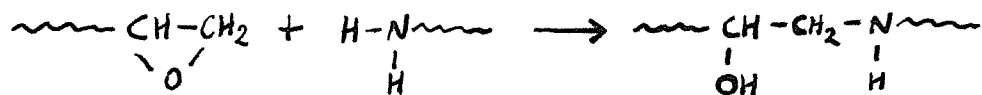
Ook bij deze typen verven treedt chemische droging op. Vlak voor het opbrengen van de verf moeten de twee componenten bij elkaar worden gebracht. De ene component bevat meestal een zogenaamd prepolymeer, de andere component een reactieve stof ('monomeer') samen met initiator en katalysator. Tot de tweecomponentenverven behoren onder andere de epoxy- en de poly-urethaanlakken.

De epoxy-lakken

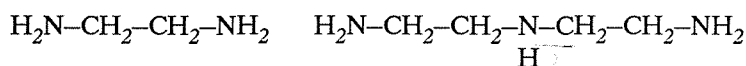
Het prepolymeer ziet er als volgt uit:



Voor de vorming van de macromoleculen is een stof nodig die met de eindstandige epoxygroepen kan reageren en zo prepolymeerketens aan elkaar kan koppelen. Men noemt deze stof de 'harder'. Hiervoor zijn onder andere aminen geschikt die dan op de volgende manier met die epoxygroepen reageren:



In aanmerking komende aminen zijn:



Tweecomponentsystemen produceren in het algemeen thermohardende verven.

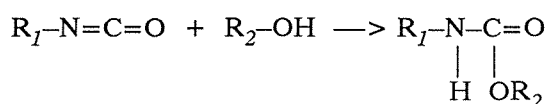
- 17a Wat is een thermoharder?
 17b Waardoor bezit een thermoharder zijn kenmerkende eigenschap?
 17c Laat zien hoe door de reactie van 1,2-ethaandiamine met de prepolymer een thermoharder kan ontstaan.

De poly-urethanen

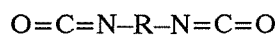
Bij deze lakken ontstaat een drie-dimensionaal netwerk uit *ketenvormige* polyalcoholen (het prepolymer) en isocyanaten (de tweede component = de 'harder'). Als polyalcohol komt bijvoorbeeld in aanmerking het macromolecuul dat ontstaat via de polymerisatie van hexaandizuur en glycerol.

- 18 Welk soort polymerisatiereactie treedt dan op?
 19 Geef een stuk van minimaal twee repeterende eenheden van het macromolecuul dat ontstaat uit hexaandizuur en glycerol.

De basisreactie tussen isocyanaat en alcohol verloopt als volgt:



Neem nu voor isocyanaat de volgende structuurformule:



- 20 Teken een stukje netwerk dat ontstaat als men de twee componenten van poly-urethaanlak bij elkaar voegt.

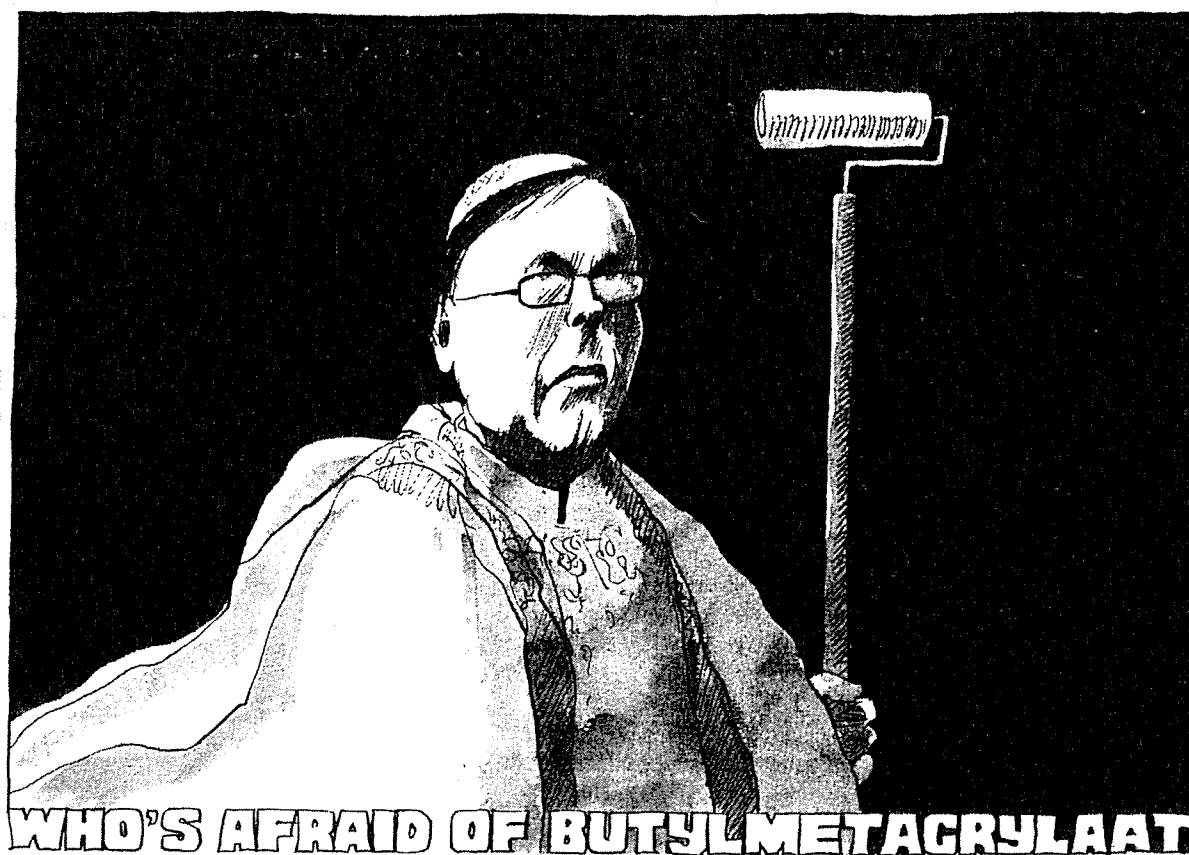
In het voorafgaande heb je een aantal typen verf leren kennen. Overeenkomsten en verschillen genoeg en zeer uiteenlopende meestal chemische processen. Tot slot nog enkele vragen die bedoeld zijn om je te helpen bij het krijgen van een overzicht.

- 21 Geef de drie hoofdbestanddelen van verf.
 22a Wat moet gelijkmatig verdeeld blijven in de verf?
 22b Hoe wordt dat bereikt?

- 23 Wat gebeurt er tijdens het drogen van verf? Maak onderscheid tussen de beide typen droging.
- 24a Hoe wordt het bindmiddel gevormd bij een alkydhars? Welke reactietypen zijn daarbij mogelijk?
- 24b Hoe verloopt de droging bij een alkydhars? Wat gebeurt daarbij met de macromoleculen?
- 25 Waarin verschilt de vorming van een bindmiddel als je alkydharsen met tweecomponentsystemen vergelijkt?
- 26 Vergelijk de hardingsreactie van een epoxylak met die van een poly-urethaanlak.

En tenslotte

- 27 Maak een indeling van de in dit stuk besproken verftypen.



Tekening Frits Müller

KORT KORT KORT KORT KORT KORT

KERNFUSIE

Lees het krante-berichtje door.

- 1 Geef de definitie van isotopen.
- 2 Geef de volledige atoombouw van deuterium en tritium.

Als men kernfusie laat optreden smelten twee kernen samen. Men laat één deuteriumkern en één tritiumkern fuseren.

- 3 Hoeveel protonen bevat de nieuwe kern?
- 4 Hoeveel neutronen bevat de nieuwe kern?

Het aantal protonen in de kern is bepalend voor de naam en het symbool van het deeltje.

- 5 Van welk element is de kern ontstaan bij de fusie van één deuterium kern en één tritiumkern.

Naast de fusie tussen één deuteriumkern en één tritiumkern kunnen er nog twee andere fusiereacties optreden, waarbij steeds maximaal twee kernen aanwezig zijn.

- 6 Geef de notatie van elk der beide atoomkernen die bij die andere twee fusiereacties optreden.

Tritium-injectie maakt kernfusie effectiever

Onderzoekers van de experimentele Europese fusiereactor JET (Joint European Torus), in het Engelse Culham, willen in oktober en november tien tot twintig keer een kleine hoeveelheid tritium (eentiende gram) in de reactor injecteren. De hoop is dat dan voor de eerste keer ter wereld kernfusie (samensmelting) tot stand komt tussen deuterium- en tritiumkernen (twee zware isotopen van waterstof, met respectievelijk een en twee neutronen meer in de atoomkern). JET hoopt hiermee het concurrerende Amerikaanse fusielaboratorium in Princeton voor te blijven. De Amerikaanse onderzoekers willen volgend jaar juli beginnen met deuterium/tritium-kernfusie. De verwachting is dat door injectie van tritium in een heet plasma (tweehonderd miljoen graden Celsius) van fuserende deuteriumkernen zo veel energie vrijkomt dat er voor het eerst meer energie uit de experimentele reactor komt (ongeveer elf megawatt) dan er in de vorm van elektriciteit in wordt gestopt (tien megawatt).

de Volkskrant 7 september 1991

KORT KORT KORT KORT KORT KORT

WATER IN OLIE?

de Volkskrant 15 juli 1991

DE TOVENAAR VAN FOP

door Parker & Hart



Leg uit of het mogelijk is uitgaande van zuiver water olie (een verzameling van koolwaterstoffen) te maken.

KORT KORT KORT KORT KORT KORT

MICROGOLVEN SPLITSSEN GAS

Poly Technisch Weekblad
22(37), 3, 1991

Microgolven splitsen gas

Microgolven zijn geschikt om natuurlijk gas of afvalgas -zwavelwaterstof of H_2S - van olieraffinages te elimineren. Het Argonne National Laboratory (VS) heeft een technologie ontwikkeld waarbij waterstofsulfide met microgolven wordt geplitst in waterstof en zwavel met een efficiëntie van 98 procent. Beide componenten ontstaan als gasen. Het zwavelgas ondergaat een condensatiestap, wordt als vloeistof gewonnen en kan worden verkocht. Waterstof is geschikt als brandstof of wordt gerecycled ten behoeve van het raffinageproces.

- 1 Geef de vergelijking van de splitsing van diwaterstofsulfide (= zwavelwaterstof).
- 2 Wat voor soort reactie is dit?
- 3 Leg uit waarom zwavel wel en waterstof niet vloeibaar wordt in de condensatiestap.

KORT KORT KORT KORT KORT KORT

KOOLMONOOXIDE-VERGIFTIGING

Vier doden door koolmonoxyde

BREDA (ANP) – In Breda zijn gisteren vier mensen om het leven gekomen door koolmonoxydevergiftiging en zuurstofgebrek. Het zijn een 37-jarige man en zijn dochtertjes van elf en acht jaar en een 39-jarige kostganger.

De politie vermoedt dat de 37-jarige man in zijn badkamer tijdens het douchen onwel is geworden. Daardoor is de badgeyser de hele nacht en een deel van de ochtend blijven branden.

Er wordt gesproken over 'koolmonoxydevergiftiging'.

- 1 Wanneer zal er koolmonooxide gevormd worden?
- 2 Waarom is de vorming van koolmonoxyde zo gevaarlijk? Leg duidelijk uit.

In de eerste zin van het artikeltje staat dat de mensen om het leven gekomen zijn door 'koolmonoxydevergiftiging en zuurstofgebrek'.

Dit zijn echter niet beide gevolgen, maar het is meer een oorzaak-gevolg combinatie.

de Gelderlander
14 maart 1991

- 3 Leg duidelijk uit hoe je tot deze oorzaak-gevolg combinatie komt.

Uit het artikeltje is af te leiden dat er de hele tijd nog wel zuurstof aanwezig geweest is.

- 4 Waaruit is dit af te leiden? Licht je antwoord toe!

DOCENTENHANDLEIDING

Inhoud

Zuiveringszout	41
Elektriciteit uit de gaskraan	41
Einde slibproductie	43
Pop van CO-moleculen	44
Aminozuren in varkensvoer	45
Miniproject ruitesproeier antivries	47
Membraanreactoren	48
Opbergen koolstofdioxide	50
Vliegenbestrijding met kalk	50
Zwavelzuurregeneratie	50
Fosfaten aan rioolwater onttrekken	54
CO ₂ : nuttig broeikaseffect	55
Verf	56
Kernfusie	65
Water in olie	66
Microgolven splitsen gas	66
Koolmonoxide-vergiftiging	66

DOCENTENHANDLEIDING

Inhoud

Zuiveringszout	41
Elektriciteit uit de gaskraan	41
Einde slibproductie	43
Pop van CO-moleculen	44
Aminozuren in varkensvoer	45
Miniproject ruitesproeier antivries	47
Membraanreactoren	48
Opbergen koolstofdioxide	50
Vliegenbestrijding met kalk	50
Zwavelzuurregeneratie	50
Fosfaten aan rioolwater onttrekken	54
CO ₂ : nuttig broeikaseffect	55
Verf	56
Kernfusie	65
Water in olie	66
Microgolven splitsen gas	66
Koolmonoxide-vergiftiging	66

Zuiveringszout

Antwoorden

- 1

$$\begin{array}{c}
 \text{H} \quad \text{H} \quad \text{O} \\
 | \quad | \quad || \\
 \text{H} - \text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{OH} \\
 | \quad | \\
 \text{H} \quad \text{OH}
 \end{array}
 \quad ; \quad \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$$
- 2 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$
- 3 Een buffer heb je als je een mengsel van zwak zuur en geconjugeerde zwakke base hebt, terwijl je hier alleen maar een zwakke base (HCO_3^-) hebt.
- 4 In het bloed is CO_2 aanwezig waardoor de buffer $\text{CO}_2(+\text{H}_2\text{O})/\text{HCO}_3^-$ gevormd wordt.
- 5 Tekort aan zuurstof, waardoor te weinig energie via verbranding gevormd kan worden om alle levensverrichtingen te laten plaatsvinden.
- 6 Je krijgt dan een buffer, $\text{CO}_2/\text{HCO}_3^-$, waarvan de pH dicht in de buurt van de pK_2 ligt, dus dicht bij pH 6-7.
De stremming moet plaatsvinden in *zuur* milieu!
- 7a In de (zure) maag wordt acetaat voor een gedeelte omgezet in HAc :
 $\text{Ac}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{HAc}$
- 7b Je krijgt dan een mengsel van azijnzuur/acetaat. Deze buffer heeft een pK_2 5 waardoor de pH 4-5 zal zijn, dus wel een zuur milieu!

Elektriciteit uit de gaskraan

Antwoorden

- 1 $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow 4\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$
Opmerking: toestanden er nu wel bij omdat je dat bij opgave 2 nodig hebt (verschil in enthalpiewaarde voor $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ en $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$!).
- 2

1 mol $\text{CH}_4(\text{g})$ ontleden	$\Delta H = + 0,76 \cdot 10^5 \text{J}$
2 mol $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ontleden	$\Delta H = + 4,84 \cdot 10^5 \text{J}$
1 mol $\text{CO}_2(\text{g})$ vormen	$\Delta H = - 3,935 \cdot 10^5 \text{J}$
	$\Delta H_{\text{tot}} = + 1,66 \cdot 10^5 \text{J}$

 Het is dus een endotherme reactie $\rightarrow$ kost energie.
- 3 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
- 4

Reactie vraag 3: $\Delta H_3 = - 4,84 \cdot 10^5 \text{J}$ per 2 mol H_2

Reactie vraag 2: $\Delta H_2 = + 1,66 \cdot 10^5 \text{J}$ per 4 mol H_2

$\Delta H_2 = + 1,66 \cdot 10^5 / 4 = + 0,416 \cdot 10^5 \text{J}$ per mol $\text{H}_2 \rightarrow$

$\Delta H_3 = - 4,84 \cdot 10^5 / 2 = - 2,42 \cdot 10^5 \text{J}$ per mol H_2

$\Delta H_2 + \Delta H_3 = - 2,00 \cdot 10^5 \text{J}$ per mol $\text{H}_2 \rightarrow$ exotherme reactie.
- 5 Je moet vrij bewegende geladen deeltjes hebben om ook *in de cel* stroomgeleiding te laten plaatsvinden.
- 6a $2\text{CO}_2 + \text{O}_2 + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{CO}_3^{2-}$
- 6b De elektronen voor deze reactie worden onttrokken aan de pool.
- 7a $\text{H}_2 + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$
- 7b De negatieve pool stuwt de elektronen door een circuit; de positieve pool zuigt ze aan.
- 8 Als we de twee halfreacties kloppend maken en optellen, krijgen we
 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$.
De hoeveelheid CO_3^{2-} die aan de negatieve pool wegreageert, wordt aan de positieve pool weer gevormd, dus geen nieuw elektrolyt nodig.
- 9a Deeltje dat voor ladingstransport *in* het elektrolyt dient.

9b Katalysator: wordt wel gebruikt, maar niet verbruikt.

Achtergrondinformatie

Chemisch Weekblad 27/28, 303, 1991



Zie ook Chemie Overal deel 5V hoofdstuk 7, waar een gedeelte van een paragraaf aan brandstofcellen gewijd is (paragraaf 7.5).

Brandstofcellen

In het verhaal over de mogelijkheden van het opbergen van CO₂ in lege gasvelden, wordt gerefereerd aan brandstofcellen. Wat zijn dat?

Elektrolyse is een proces waarbij met behulp van elektriciteit stoffen worden gesplitst. Zo zorgen bijvoorbeeld elektriciteit en water voor waterstof en zuurstof.

In een brandstofcel vindt juist het omgekeerde van elektrolyse plaats; daarin worden waterstof en zuurstof omgezet in elektriciteit en water. Het aantrekkelijke van brandstofcellen is dat ze een potentieel hoog rendement hebben en een zeer

geringe uitstoot van CO₂ te weeg brengen.

Voor het proces van de brandstofcel is een soort katalysator nodig. De drie momenteel bestaande typen brandstofcellen worden ingedeeld naar de hoofdstof van die katalysator.

De eerste is de **fosforzuur-cel** (Engelse afkorting MCFC). Deze heeft als voordeel dat zij kan functioneren bij omgevingstemperatuur. Een minpunt is het relatief lage rendement. Deze cel is momenteel al commercieel te gebruiken.

Nummer twee is de cel die **gesmolten carbonaten** (PAFC)

als katalysator heeft. Zij kunnen hun werk pas doen bij 600 graden Celsius en dat is een nadeel. Daar staat tegenover dat het rendement hoger ligt dan bij de fosforzuur-cel (ongeveer 60 procent).

Een nog hoger rendement biedt de **vaste oxydische brandstofcel** (SOFC), die pas bij 1.000 graden aan het werk wil.

De cellen twee en drie kunnen ook worden gevoed met synthegas, en de vaste oxydische cel zelfs met methaan, dus aardgas. Dat wordt eerst gesplitst in koolstof en waterstof. De koolstof wordt vervolgens omgezet in nog meer waterstof die daarna samen met lucht voor elektriciteit en water zorgt.

Einde slibproductie

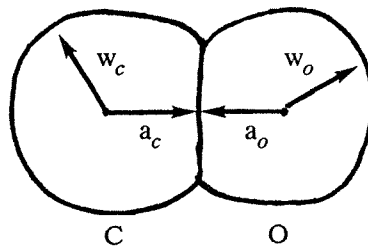
Antwoorden

- 1 Verestering
- 2 Katalysator
- 3 Een eenheid cellulose bevat drie OH-groepen die elk met een azijnzuurmolecuul kunnen reageren: dus drie.
- 4 Reactie met water. Hier ontstaan daardoor azijnzuur en 'alcohol'.
- 5 Zwavelzuur wordt als katalysator gebruikt.
- 6 Of:
$$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^-$$
$$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$$
$$\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} \text{ (zwavelzuur)}$$
Of:
$$\text{CaO} + 2\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$$
$$\text{CaO} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$$
- 7 Er zal calciumsulfaat worden gevormd: een matig oplosbaar zout (tabel 45a + 46).
- 8 Omdat er minder zwavelzuur nodig is, is er ook veel minder kalk voor neutralisatie nodig, zodat het calciumsulfaat in oplossing blijft (matig oplosbaar).

Pop van CO-moleculen

Antwoorden

- 1 Nee, CO-moleculen zijn te klein om met welke microscoop dan ook zichtbaar te maken.
- 2 12 cm
- 3 Op de foto 12 cm; in werkelijkheid $50 \text{ \AA} = 50 \cdot 10^{-10} \text{ m}$;
vergroting $0,12 / 50 \cdot 10^{-10} = 2,4 \cdot 10^7$ ofwel 24 miljoen maal.
- 4



$$\begin{aligned} r_{wc} &= 185 \cdot 10^{-12} \text{ m} \\ r_{ac} &= 77 \cdot 10^{-12} \text{ m} \\ r_{ao} &= 66 \cdot 10^{-12} \text{ m} \\ r_{wo} &= 140 \cdot 10^{-12} \text{ m} \end{aligned}$$

- 5 Maximale lengte $= (185 + 77 + 66 + 140) \cdot 10^{-12} \text{ m} = 468 \cdot 10^{-12} \text{ m} \approx 4,7 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.
- 6a Ongeveer 2,4 cm per twee moleculen $\rightarrow$ 1,2 cm per molecuul;
in werkelijkheid dus $0,012 / 2,4 \cdot 10^7 = 5,0 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.
- 6b Ja, zelfde orde van grootte (het antwoord op vraag 5 is maar 6% kleiner).
- 6c Ze zijn 'liggend' afgebeeld (in de stand zoals in figuur 1).
- 7a 'Rechttop'.
- 7b $2 \cdot 185 \cdot 10^{-12} \approx 3,7 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.
- 8 Vergeleken met $5,0 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ (teruggerekend uit de foto) komt de afmeting $4,7 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ veel beter overeen dan $3,7 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.
Meest waarschijnlijk is dus de 'liggende' stand.

Opmerking

Het CO-molecuul is een (zwakke) dipool (dipoolmoment $0,33 \cdot 10^{-30} \text{ C.m}$) Daarop kan eventueel nog worden ingegaan na de speculatie over de stand van het molecuul. De volgende uitbreiding is dan denkbaar:

Het CO-molecuul bestaat uit twee verschillende atomen met een vrij groot verschil in elektronegativiteit. Zulke moleculen bezitten daardoor een *dipool*.

9a Waardoor ontstaat die dipool?

9b Welk(e) gevolg(en) heeft die dipool voor een groep CO-moleculen?

De sterkte van een dipool wordt weergegeven door het *dipoolmoment*.

10a Zoek de waarde op van het dipoolmoment van CO (Binas tabel 54A).

10b Is dit een grote waarde? Vergelijk het maar eens met het dipoolmoment van water en ammoniak.

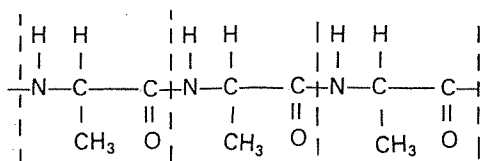
Je kunt een dipool voorstellen met een pijltje dat in het molecuul van de C naar de O wijst.

11 Teken met behulp van pijltjes de meest waarschijnlijke standen van twee naburige CO-moleculen (zie de vragen 6c en 7a).

[illegible]

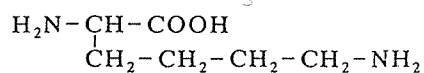
Antwoorden

- 1a Eiwitten zijn opgebouwd uit aminozuren.
1b

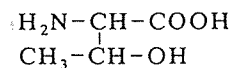


aminozuur aminozuur aminozuur

- 2 De eiwitten zullen eerst tot aminozuren moeten worden afgebroken.
Ook:
De verhouding van de aminozuren ligt in een bepaald soort eiwit vast; de toegevoegde aminozuren kunnen in elke gewenste verhouding worden gegeven.
- 3 Het lichaam van het varken kan dat aminozuur niet zelf maken, het kan alleen door afbraak van voedsel-eiwit worden verkregen.
- 4 Een agrariër probeert om in zo kort mogelijke tijd het varken op een bepaald gewicht te brengen. De groei moet dus juist niet beperkt worden.
- 5a Dan is bij de vorming van eigen eiwit door het varken dat aminozuur het eerst op. Zonder dat aminozuur in het voedsel staat dan de eigen eiwitvorming stil.
- 5b Bijvoorbeeld: 'Aminozuren die het varken niet zelf kan maken en die onvolgende in het voedereiwit voorkomen moeten dan extra worden toegevoegd aan het voer.'
- 6 lysine: threonine:

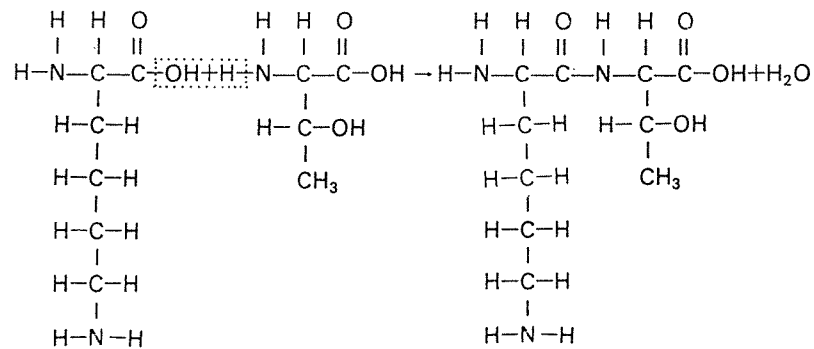


2,6-diamino-
hexaanzuur



2-amino-3-hydroxy-
butaanzuur

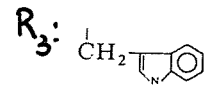
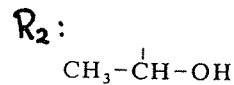
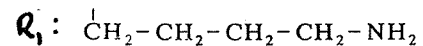
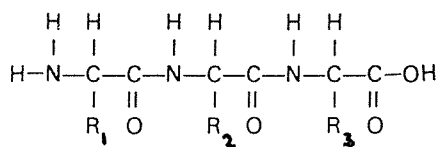
7a



7b Er komt bij de reactie een watermolecuul vrij.

Algemeen: Bij een condensatiereactie komt een *klein* molecule vrij.

8a



8b Je krijgt dan een hydrolyse-reactie: het eiwit reageert dan met water waarbij er aminozuren gevormd worden.

9 Bij de groei moet het varken zijn eigen eiwitten opbouwen uit aminozuren. Sommige aminozuren kan het varken zelf opbouwen. Andere aminozuren, de zogenaamde essentiële aminozuren, kan het niet zelf maken, die haalt het uit de eiwitten in het voer. Als één van de essentiële aminozuren in het voedereiwit relatief weinig voorkomt is dat op een bepaald moment als eerste op. Het gehalte van dat aminozuur *begrenst* dan de groei.

10 Een deel van de aminozuren uit het voedereiwit is voor de opbouw van het eigen eiwit door het varken niet nodig. Dat deel wordt omgezet in ammoniak, koolstofdioxide en water. Minder voedereiwit (en meer aminozuren) vermindert deze omzetting en geeft zo een lagere milieubelasting met 'stikstof' (bedoeld: ammoniak).

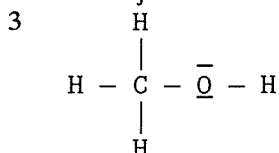
Wetenswaardigheid

Gelten zijn vrouwelijke varkens die dragend zijn maar nog niet de biggen geworpen hebben: 'in verwachting' dus!

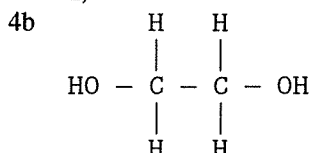
Ruitesproeier antivries

Antwoorden

- 1 Van links naar rechts: giftig, bijtend, licht ontvlambaar, schadelijk of prikkelend, explosief.
2 Buiten bereik van kinderen houden.
In gesloten verpakking bewaren.
Licht ontvlambaar.
Verwijderd houden van ontstekingsbronnen.



4a 1,2-ethaandiol



- 5a Beide soorten moleculen bevatten OH-groepen en kunnen dus waterstofbruggen vormen met elkaar. (Beide stoffen zijn polair).
5b Watermoleculen kunnen ook waterstofbruggen vormen. Water is ook sterk polair. Dus goed mengbaar.
6 350 ml
7a Bij waterdruppel een beetje blauw. Andere zeer weinig blauw.
7b Er zit zeer weinig water in.
8a Schuimvorming
8b Een wasactieve stof (zeepachtige stof).
8c Dat soort moleculen heeft een (kleine) polaire (geladen) kop en een (lange) apolaire staart.
9a Vloeistoffen mengen, geen troebeling.
9b Natuurlijke zeep (stearaat) vormt in oplossing met calciumionen kalkzeep (vast). Aangezien er geen troebeling was, bevat het dus geen natuurlijke zeep.
10 3,6 ml
11 Water en wasactieve stof.
12 $(60/100) \cdot 0,79 + (40/100) \cdot 1,10 = 0,91 \text{ g.ml}^{-1}$.
13a Methanol : 338 K ; glycol 472 K.
13b Methanol verdampt eerder.
14 Methanol is giftig.
15 De koelkast afstellen zo dat de temperatuur in het vriesvak -6°C is. Daarna een aantal verdunningen in het vriesvak plaatsen.

Opmerkingen

Het mini-project is bedoeld voor twee maal huiswerk en één les. Huiswerk vooraf tot proef 1. In de les proeven doen. Huiswerk achteraf: uitwerkingen proeven en vragen 11 tot en met 15.

Het mooiste en zuinigste (!) is de vier pagina's tekst afdrukken op één A4. Een aanvulling voor een hoofdstuk over water.

Benodigdheden

Chemicaliën:

- ruitesproeier antivries Valma
- wit kopersulfaat
- verdunde ruitesproeier-oplossing
- calciumchloride
- spuitfles met gedestilleerd water

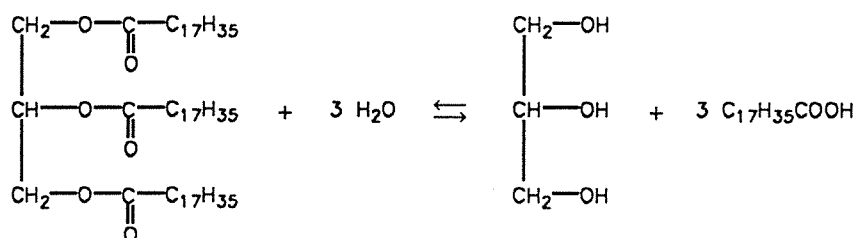
Materiaal:

- bekerglazen 50 ml
- reageerbuizen en rek
- stopje
- spatel
- maatcilinder 10 ml

Membraanreactoren

Antwoorden

- 1 Reactie waarbij een groot molecuul door reactie met water wordt afgebroken in zijn kleinere bestanddelen.
- 2 Verschil: olie vloeibaar bij kamertemperatuur, vet is vast.
Overeenkomst: samengesteld uit glycerol en vetzuur.
- 3



- 4 Glycerol kan vanwege zijn drie OH-groepen zeer goed H-bruggen vormen, het hydrofiele karakter overheerst.
Vetzuur: apolaire staart is zo lang dat het hydrofobe karakter overheerst.
- 5 Katalysator: versnelt de reactie.
- 6 Om een bepaalde reactiesnelheid *zonder* katalysator te krijgen, moet je meestal bij een hoge temperatuur werken. Met katalysator kun je dezelfde snelheid bij een veel lagere temperatuur bereiken.
- 7 Voor de hydrolyse is water nodig dat alleen beschikbaar is aan het oppervlak van het hydrofiele membraan.

Enzym en membraanreactor maken zuiver vetzuur uit vet

Een hydrofiele membraanreactor kan zeer geschikt zijn voor de produktie van zuiver vetzuur uit oliën en vetten. Bovendien laat de produktiesnelheid zich met behulp van modellen goed voorspellen. Een en ander concludeert ir. W. Pronk in zijn proefschrift 'De enzymatische hydrolyse van lipiden in een hydrofiele membraanreactor'. Deze week promoveert hij aan de Landbouwniversiteit Wageningen.

Produktie van vetzuren uit oliën en vetten vindt in de regel plaats via fysisch/chemische processen. Voor bepaalde toepassingen wordt deze weg echter niet bewandeld omdat het vervelende zijreacties oplevert, of omdat het leidt tot een onzuiver eindprodukt. In dat geval kan een enzymatisch proces uitkomst bieden, maar ook daar kleven nadelen aan. Het gebruikte enzym, lipase, is in vergelijking met de toegevoegde waarde van het eindprodukt dermate duur dat hergebruik van het enzym noodzakelijk is, hetgeen kan worden bereikt door immobilisatie van het lipase. Ook dat stuit op problemen. Normaliter worden en-

zymen geïmmobiliseerd aan vaste dragers, maar in het geval van lipases gaat dat niet. De hydrolyse-reactie, waarbij vetten/oliën worden gesplitst in vetzuren en glycerol, vindt namelijk plaats aan het grensvlak van de olie- en waterfase. Het is dus noodzakelijk dat het enzym in de grenslaag tussen beide fasen terechtkomt, maar wanneer lipase aan een drager is geïmmobiliseerd, lukt dat niet. Met immobilisatie van het enzym aan een membraan, juist op het grensvlak van water en olie, gaat het al stukken beter. Pronk heeft voor zijn onderzoek lipase aan de oliekant van een hydrofiel holle-vezelmembraan geïmmobiliseerd. Het membraan houdt de oliefase tegen, maar de waterfase kan door het membraan diffunderen. Daardoor ontstaat er een grensvlak aan de oliekant, precies waar zich het lipase bevindt.

Pronk heeft met name aan de kinetiek van dit systeem metingen gedaan en bleek in staat een kinetiekmodel op te stellen waarmee nauwkeurig uitspraken kunnen worden gedaan over de produktiesnelheid.

Bovendien denkt Pronk dat de kinetiekmodellen inzicht kunnen geven in de toepasbaarheid van een hydrofiele membraanreactor voor industriële toepassingen.

Opbergen CO₂

Antwoorden

- 1 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{R} - \text{NH}_2 \rightleftharpoons \text{R} - \text{NH}_3^+ + \text{HCO}_3^-$
Zwak zuur + zwakke base geeft een evenwichtsreactie.
- 2 Bij temperatuurverhoging verschuift het evenwicht naar links zodat CO₂ als gas ontwijkt uit de oplossing.
- 3 $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$
- 4 Additie van waterstof.
- 5 $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
 $\text{CO}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$
- 6 Als je CO₂ in water oplost, krijg je een zure oplossing:
 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$
Meer H⁺ in zeewater betekent dat de zuurgraad hoger is / te hoog kan worden.
- 7 In zeewater (tabel 79 Binas) is al HCO₃⁻ opgelost, waardoor na oplossen van CO₂ een bufferend systeem zal ontstaan waarbij de pH niet veel meer zal veranderen, de verhouding [HCO₃⁻]/[CO₂] blijft namelijk vrijwel constant
(pH = pK₂ + log ([HCO₃⁻]/[CO₂]))

Vliegenbestrijding

Antwoorden

- 1 Vergif spuiten; elektrocuteren; verwijderen verse mest + schoonvegen stal; uit elkaar rollen van de mest; besproeien met kokend water.
- 2 De larven in de mest worden gedood doordat ze in contact komen met de kalk die in de vochtige mest aan het bruisen is.
- 3 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$.
- 4

Ontleding CaO	+ 6,36.10 ⁵ J
Ontleding H ₂ O(l)	+ 2,86.10 ⁵ J
Vorming Ca(OH) ₂	- 9,87.10 ⁵ J
$\Delta H_{\text{tot}} = - 0,65.10^5 \text{ Jmol}^{-1}$	
- 5 Door de warmteontwikkeling zal een gedeelte van het water gaan verdampen.
- 6 Het aanwezige water wordt gebonden aan de kalk (er verdampt water).
- 7 Er zit nu ook kalk in dat pH-verhogend werkt en dus de grond minder zuur maakt.
- 8 Er wordt nu niet met gif gespoten.

Opmerking

Door 4 en 7 weg te laten en bij 3* iets toe te voegen wordt deze opgave geschikt voor 3 HV - reactievergelijkingen -.

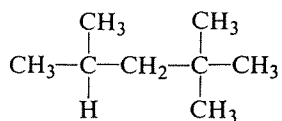
- * 3 Er ontstaat gebluste kalk = Ca(OH)₂. Reactie 3 is een exotherme reactie.
4 Verklaar nu het bruisen van de mest.

Zwavelzuurregeneratie

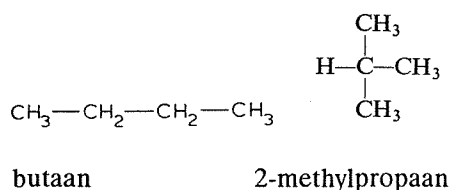
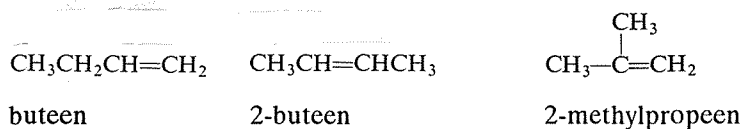
Antwoorden

- 1 Heptaan: CH₃-CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-CH₃

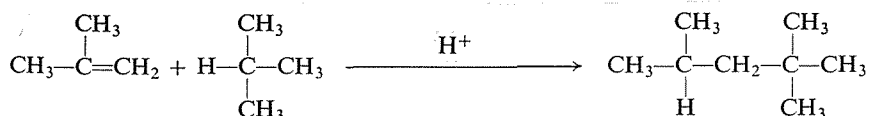
2,2,4-trimethylpentaan:



- 2a Het octaangetal geeft aan hoe gelijkmatig een benzinesoort in de motor verbrandt.
Een benzine met octaangetal 97 verbrandt even gelijkmatig als een testmengsel dat bestaat uit 97% iso-octaan en 3% heptaan.
- 2b Ja, als de benzine nog gelijkmatiger verbrandt dan zuiver iso-octaan, dan krijgt die benzine een octaangetal groter dan 100.
- 2c Om het octaangetal te verhogen (door de verbinding tetraëthyllood, TEL, verloopt de verbranding gelijkmatiger).
- 3a $\text{C}_4\text{H}_8 + \text{C}_4\text{H}_{10} \rightarrow \text{C}_8\text{H}_{18}$
- 3b Uit aardolie. Ze worden bij de distillatie verkregen als een *lichtere* fractie dan benzine. Ook ontstaan ze bij kraakprocessen.
- 4a
- 4b



5



- 6 In gelode benzine zorgt het lood (de verbinding tetraëthyllood, TEL, zie vraag 2c) voor de verhoging van het octaangetal.
Ongelode benzine bezit tóch een hoog octaangetal door de aanwezigheid van méér sterk vertakte alkanen.
De sterk vertakte alkanen worden gevormd bij de alkylering waarbij zwavelzuur de katalysator is.
Omdat er meer alkylaat moet worden geproduceerd is er dus meer zwavelzuur nodig. Er moet dan ook meer zwavelzuur worden geregenereerd.
- 7 CO_2 en H_2O : organische verbindingen zijn tenminste uit C en H opgebouwd.
- 8 $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_3$
- 9 SO_3 oplossen in geconcentreerd zwavelzuur waarbij het SO_3 met het kleine beetje water reageert tot zwavelzuur. Soms ontstaat er zelfs 'rokend zwavelzuur' ($\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_3$) als meer SO_3 wordt opgelost dan er water is om mee te reageren.
- 10 $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$

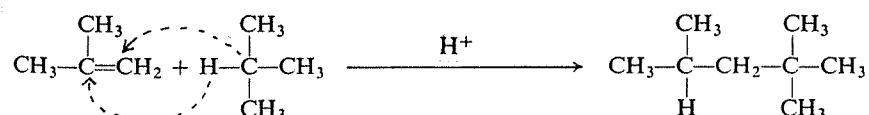
Achtergrondinformatie

De alkyleringsreactie biedt de mogelijkheid om nader in te gaan op het mechanisme van de reactie en op enkele aspecten van de industriële bereiding van sterk vertakte alkanen.

Het mechanisme

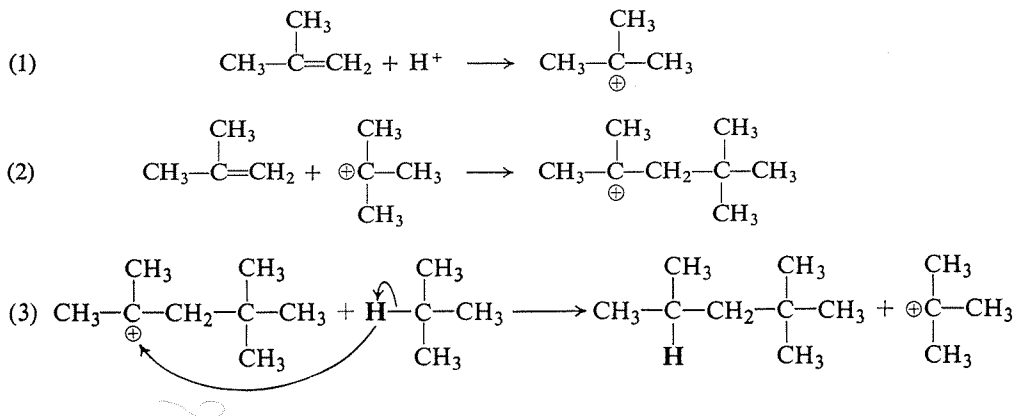
Aan de reactievergelijking in structuurformules (vraag 5) is niet zonder meer in te zien waarom 2,2,4-trimethylpentaan zal ontstaan.

Fieser en Fieser *) tekent eerst:



maar geeft vervolgens een plausibel driestapsmechanisme:

- 1 additie van een proton aan isobuteen leidt tot een carboniumion (carbokation);
- 2 het carboniumion reageert met een tweede isobuteen tot een groter carboniumion;
- 3 het grotere carboniumion reageert met isobutaan waarbij naast het iso-octaan een carboniumion ontstaat (zoals bij 1 gevormd) waarmee de reacties 2 en 3 opnieuw kunnen verlopen.



De industriële bereiding van sterk vertakte alkanen

Bij de uitvoering van de alkylering op grote schaal gebruikt men een reactiemengsel waarin de verhouding alkeen : alkaan tenminste 4 : 1 bedraagt. Dit wordt gedaan om ongewenste nevenreacties te verminderen. Voor een overzicht van het alkyleringsproces zijn op de volgende pagina enkele fragmenten weergegeven uit een editie van het 'Petroleum Handbook' van Shell **)

Literatuur

- *) Fieser, L.F. and M. Fieser,
Organic Chemistry, 3rd ed., p. 105,
Reinhold, New York, 1956.

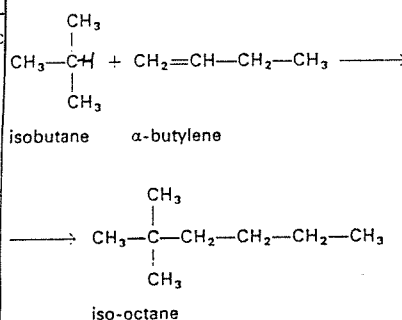
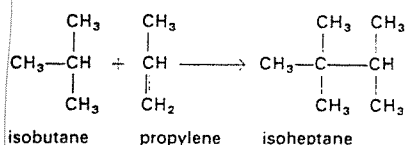
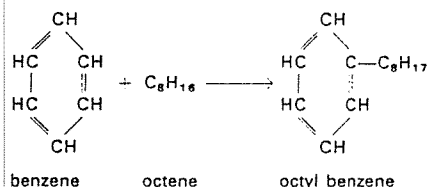
**) The Petroleum Handbook,
5th ed., p. 63, 64, 102, 103,
Shell International Petroleum Company Ltd., London, 1966.

R.T. Morrison and R.N. Boyd, Organic Chemistry, 3rd ed.
Allyn and Bacon, Boston, 1975.

Extra materiaal

pag 63-64

Alkylation – the introduction of a straight- or branched-chain hydrocarbon group, an alkyl group, into an aromatic or branched-chain hydrocarbon.



Alkylation can be effected by heat alone, but extremely high pressures and rather high temperatures are required and, consequently, expensive equipment. Catalytic processes allowing mild reaction conditions, applicable to a wide variety of olefins, have therefore been developed. Sulphuric acid and hydrofluoric acid are employed as catalysts.

pag 102

As the demand for motor gasoline increased, attention was directed to the possibility of manufacturing gasoline components from the gases produced simultaneously with the liquid products in cracking operations and which had hitherto been used only as refinery fuel.

The cracking gases contain unsaturated hydrocarbons of low molecular weight, but of high reactivity, and so can be made to combine to form larger molecules with boiling points within the gasoline range. By selection of feedstock and processes, products of high anti-knock value can be produced. These processes, known as 'polymerization' and 'alkylation' processes, are of great value to increase quantity and quality of gasoline from the available feedstocks and for producing valuable base material for the chemical industry.

pag 103

Alkylation

The term has already been explained on page 63. The alkylation reaction most commonly used in the petroleum industry is that of a saturated branched-chain hydrocarbon, generally isobutane, with an olefin.

Alkylation with sulphuric acid catalyst

The feed is a butane/butylene fraction rich in isobutane, the alkylate (product) contains large amounts of iso-octanes. In order to suppress side reactions, the ratio of isobutane to olefins in the feedstock should be at least 4 to 1. Recycling of isobutane serves to maintain the required ratio. A diagram of the process is shown in Fig. 104. The feed is first chilled to about 5°C (40°F) and mixed with the catalyst, 98% sulphuric acid. After passing through a reactor at about 7°C (45°F) the acid is separated from the oil layer containing the alkylate and unreacted hydrocarbons. The acid is recirculated to the reactor, the hydrocarbon phase is neutralized with caustic soda and then fractionated to remove light gases and unreacted isobutane, which is recycled to the feed. The alkylate may be further fractionated into light and heavy alkylate for use in premium motor and aviation gasoline blending. With the development of jet fuels the latter product is of decreasing importance.

bron: The Petroleum Handbook 5th edition, Shell International Petroleum Company Ltd, London, 1966
of laatste editie 1983 pag 230, 285 en 300 t/m 303

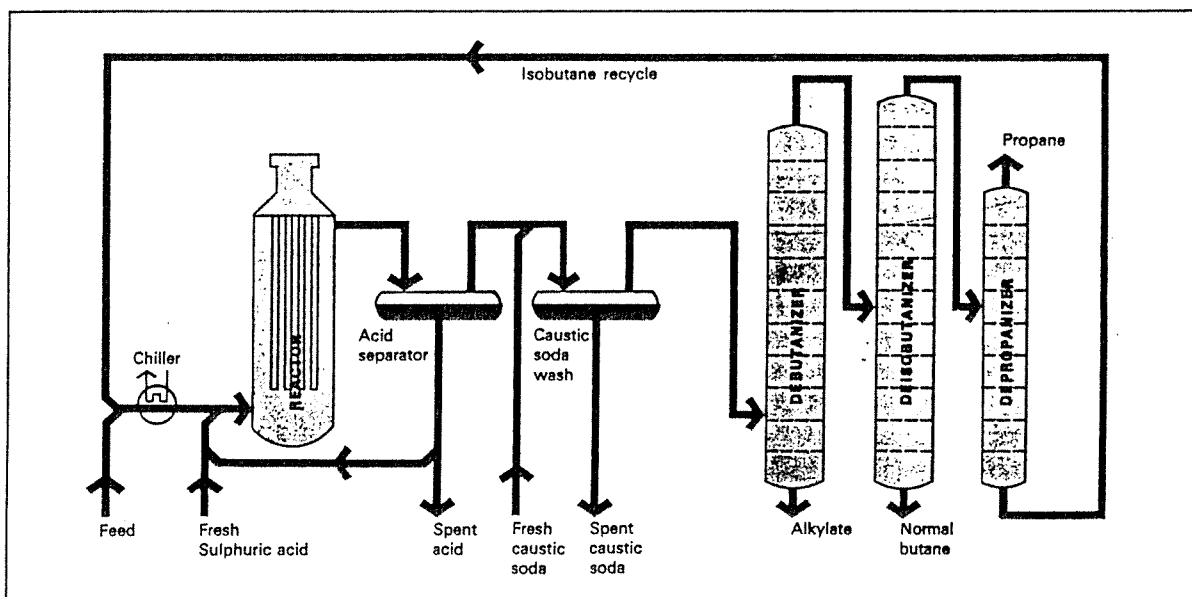


Fig. 104 Sulphuric acid alkylation process

Fosfaten onttrekken aan rioolwater

Antwoorden

- 1 - Tekort aan zuurstof gedurende de nacht (algen nemen dan juist zuurstof op).
- Kans op massale sterfte algen waarbij de aanwezige zuurstof volledig op kan raken, omdat aërobe bacteriën zuurstof gebruiken bij de afbraak van die algen.
- 2 Om de gevolgen van hard water bij het wasproces teniet te doen: de polyfosfaten binden de calciumionen

$$\text{Ca}^{2+} + \text{P}_3\text{O}_{10}^{5-} \rightarrow \text{CaP}_3\text{O}_{10}^{3-}$$
 of
$$5\text{Ca}^{2+} + 2\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-} \rightarrow \text{Ca}_5(\text{P}_3\text{O}_{10})_2$$
- 3 Melk: het lijkt op melk, witachtige suspensie. Kalk: er zit Ca^{2+} in, refereert aan kalk.
- 4 Een gedeelte van de calciumhydroxide lost nog op (het is matig oplosbaar).
- 5
$$3\text{Ca}^{2+} + 2\text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$$
- 6 Om er zeker van te zijn dat alle fosfaat in de vorm van PO_4^{3-} aanwezig is. Het evenwicht $\text{PO}_4^{3-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HPO}_4^{2-} + \text{OH}^-$ wordt door toevoeging OH^- naar links verschoven.
 PO_4^{3-} vormt wel een neerslag met Ca^{2+} ; HPO_4^{2-} niet (waterstofzouten zijn goed oplosbaar).
 Als men CaCl_2 toevoegt zal voornoemd evenwicht zich wel kunnen instellen.
- 7 pH bepalen: als deze nog hoog genoeg is ($\text{pH} > 10$), is er nog voldoende OH^- aanwezig en dus voldoende calciumhydroxide.
- 8 Natriumcarbonaat: CO_3^{2-} vormt samen met Ca^{2+} een neerslag. Zo ook met andere metaalionen. (Op school worden oplossingen met zware metaalionen niet zo maar door de gootsteen gespoeld, maar verzameld in een bak met soda-oplossing.)

- 9 Zoutzuur toevoegen:
 $\text{CdCO}_3 + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Cd}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
- 10 Cd^{2+} : zal elektronen opnemen en dus aan de negatieve elektrode (de elektrode met de laagste potentiaal) in Cd omgezet worden. $\text{Cd}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cd}$.

CO₂: voor tuinders nuttig broeikaseffect

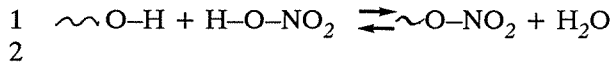
Antwoorden

- 1 $340 \text{ op } 10^6 = \frac{340}{10^6} \times 100\% = 0,034 \text{ vol.\% CO}_2$.
- 2 Warmtestraling kan niet ontsnappen.
- 3 Temperatuurstijging → verhoging zeespiegel → klimaatverandering enzovoorts.
- 4 Bij de groei van een plant is, naar licht en water, ook CO₂ nodig. Bij een verhoogde concentratie zal ook het groeiproces versneld worden.
- 5 De afgassen van de vroegere cv-ketels bevatten nauwelijks NO_x.
- 6 $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{CHNO}$
- 7 $2\text{CH}_4\text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2 + \text{N}_2$
- 8a $6\text{NO} + 4\text{NH}_3 \rightarrow 5\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
- 8b $6\text{NO}_2 + 8\text{NH}_3 \rightarrow 7\text{N}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$
- 9 80% van lucht bestaat uit stikstof!

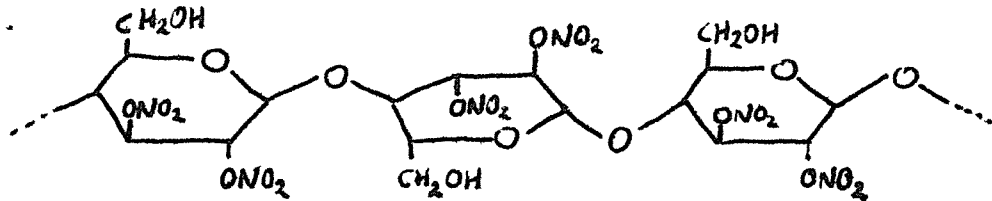


Verf

Antwoorden

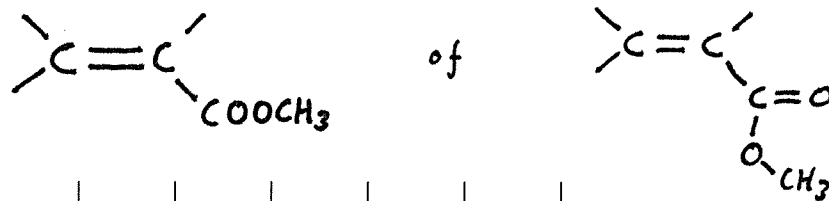


2

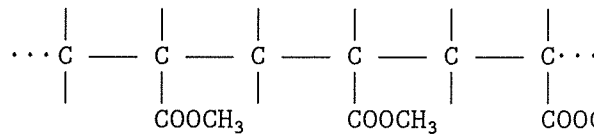


- 3 Bij een lage veresteringsgraad zijn er relatief veel hydroxy-groepen aanwezig. Hierdoor is H-brugvorming met alcohol mogelijk waardoor ze goed oplossen ('soort zoekt soort').

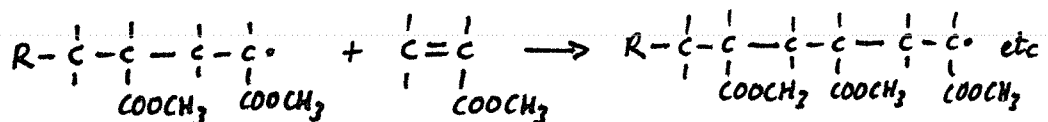
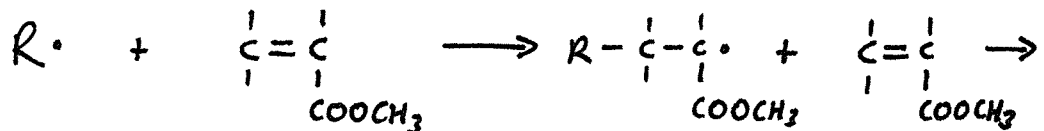
4a



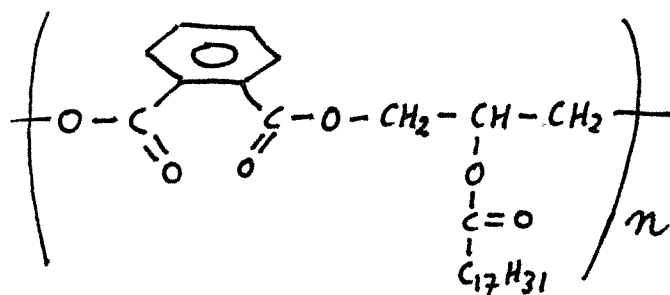
4b



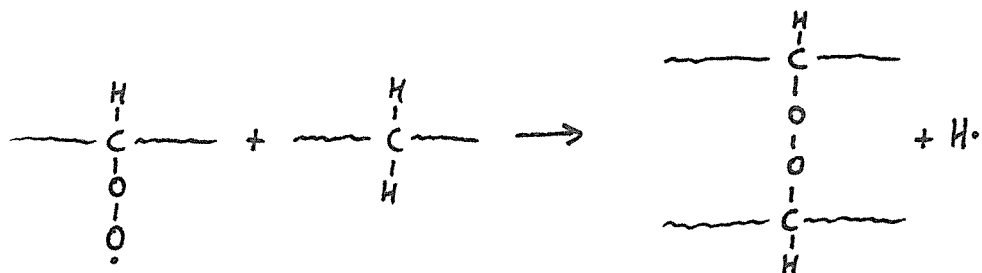
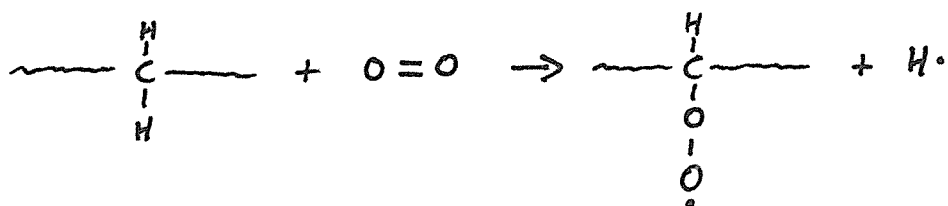
- 5 Nee, al eerder. De verf is een emulsie van het 'polyacrylaat' (polymethylprope-
noaat) in water.
6 Melk (vet in water); boter/margarine (water in vet); mayonaise (olie in azijn).
7 Natriumstearaat
8 De polaire kop van het zeepdeeltje richt zich naar het polaire water terwijl de
koolstofketen (= staart) van het zeepdeeltje zich tussen de organische mono-
meer eenheden bevindt.
9



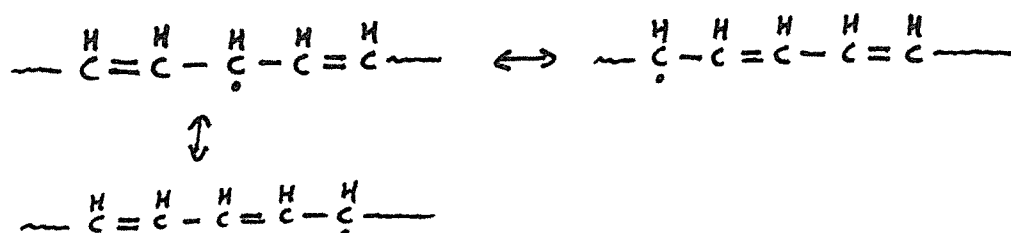
- 10 Naarmate de kleine druppel groter wordt, heb je meer zeepmoleculen nodig. Hoe meer zeepmoleculen er voorhanden zijn, des te sneller dit opzwellen kan plaatsvinden.
De zeepmoleculen vormen ook een barrière in het grensvlak (ze hinderen de overgang van de ene fase naar de andere).
- 11a Als eerste dient water als medium waar de radicalen $R\cdot$ gevormd worden.
Als tweede dient water als transportmiddel voor de verplaatsing van de monomeren van de ene naar de andere druppel.
De acrylaatdruppels zijn niet opgelost maar *verdeeld*.
- 11b De druppels vloeien samen tot een film.
- 12 Polyverestering/polycondensatie (copolycondensatie?)
- 13



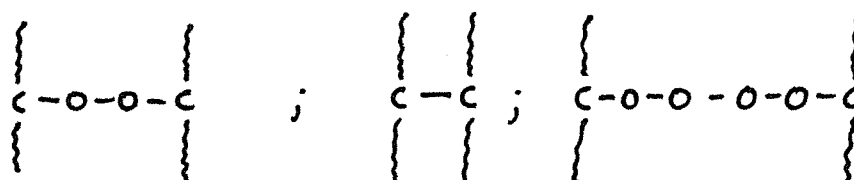
14



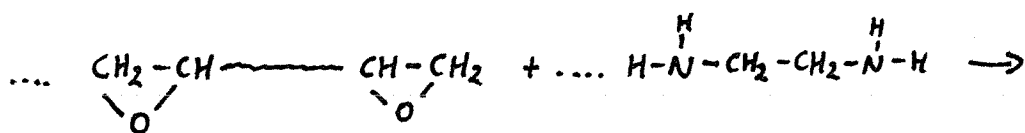
15



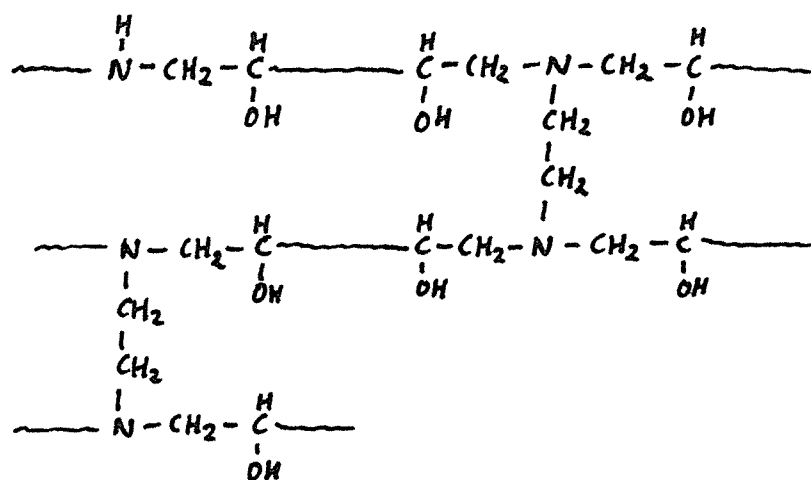
16

17a Een macromoleculaire stof die bij verwarming *niet* week wordt.

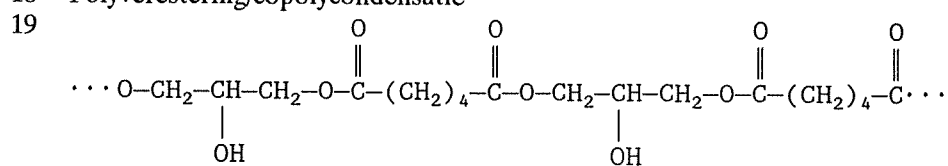
17b Door de aanwezigheid van een (driedimensionaal) netwerk.



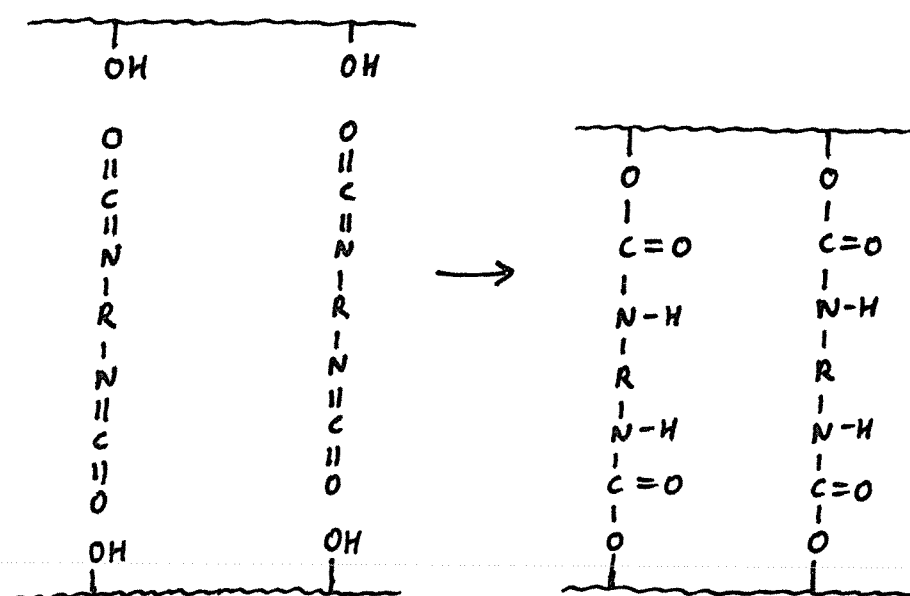
17c



18 Polyverestering/copolycondensatie



20



- 21 Een filmvormende stof, een kleurstof, een oplosmiddel.
- 22a Opgeloste of fijnverdeelde stoffen.
- 22b Bij de fijnverdeelde stoffen: vaste stoffen als suspensie, vloeistoffen als emulsie. Beide blijven gelijkmatig verdeeld door de werking van zeepachtige (grensvlakactieve) stoffen.
- 23 Fysische droging: het oplosmiddel verdampt waarna een pigment-bevattende film achter blijft.
Chemische droging: het oplosmiddel verdampt en er verloopt een chemische reactie, waarbij de filmvormende stof ontstaat.
- 24a *Verestering* (van bijvoorbeeld ftaalzuuranhydride met bijvoorbeeld glycerol).
Daarna weer *verestering* (nu van bijvoorbeeld linolzuur met de overgebleven hydroxy-groepen van de ester uit de eerste stap).
- 24b Door verknoping van de onverzadigde vetzuurstaarten onder invloed van zuurstof uit de lucht.
- 25 Alkydlak: het bindmiddel is al grotendeels gevormd voordat de verf wordt toegepast. Tijdens het drogen heeft de zuurstof uit de lucht invloed op de laatste bindingsreactie.
Tweecomponentsysteem: tijdens het drogen vindt een belangrijk deel van de vorming van het bindmiddel plaats. Deze reactie verloopt tussen stoffen die vlak voor het toepassen van de verf bij elkaar zijn gebracht.
- 26 Bij de epoxylak koppelen/verknopen of reageren met di-amines de eindstandige epoxygroepen van het prepolymeer.
Bij de poly-urethaanlak koppelen/verknopen of reageren met di-isocyanaten de hydroxygroepen die langs de ketens van het prepolymeer voorkomen.
- 27
- Fysische droging:
 - ↗ nitrocelluloselakken
 - ↘ acrylaatlakken
 - Chemische droging:
 - ↗ alkydlakken
 - ↘ tweecomponentenlakken
 - ↗ epoxy-lakken
 - ↘ poly-urethaanlakken

Opmerking

Deze opgave is niet bedoeld als een proefwerkopgave, maar meer als een opgave die je kunt laten maken als het onderwerp polymeren geheel is behandeld. Een soort herhaling dus.

Wij zijn ons bewust dat het een zéér grote opgave is.

Het is dan ook niet de bedoeling om deze opgave altijd als één geheel te geven, je kunt hem vrij eenvoudig in stukken hakken.

Het lijkt ons een prima opgave om het geleerde over polymerisatie te toetsen.

Na het volledige krante-artikel vindt u nog een overzicht over soorten verven en samenstelling ervan, het verloop van de fabricage en informatie over de aanduiding van de schadelijkheid van verven.

Dankwoord

Dank aan de heren Dekker, Broek (beide Sigma Coatings) en Willemse (TNO Coatings) voor het toegestuurde materiaal. Het stelde ons in staat een opgave te maken.

Literatuur

- Knip, K., Een fris kleurtje, NRC 5 september 1989.
- Normblad NEN 941 (benamingen en definities op verf en vernisgebied).
- Sigma Coatings, cursus verftechniek.
- Borkent, J., Verf deel 1 tot en met 4, Chemiesnippers 1989-1990.
- Kleemans, C., Verf (1), Chemisch Magazine 657, 1984.
- Griffith, J.R., The Chemistry of Coatings, Journal of Chemical Education 58, 956-958, 1981.

Krante-materiaal

Het volledige artikel uit de Volkskrant (9 maart 1991)

Waterafdundbare verf is niet meer te houden

Organische oplosmiddelen in verf zijn schadelijk voor het milieu. Daarom worden steeds meer verven gebruikt op waterbasis. Er kleven nog wel wat nadelen aan, maar die lijken te verhelpen. Grootschalig gebruik hangt vooral af van de acceptatie van de klant.

SIKKENS MOET in de leer bij de oude Egyptenaren en de verfkunsten uit het voor-christelijke China zullen model moeten staan voor de verfmakers van Sigma. Want als het aan minister Alders ligt, zullen in korte tijd de verven met organische oplosmiddelen taboe zijn. Schilders en verfproducenten hebben zich vastgelegd op een halvering van de vluchtige organische oplosmiddelen tot ongeveer 15.000 ton in de periode van 1985 tot 2000.

Onze verre voorouders kenden geen organische oplosmiddelen. Het was water wat de klok sloeg en deskundigen spreken dan ook liever niet van verf, maar van inkt. Verfraaiing was toen ook belangrijker dan de verduurzaming van de te schilderen materialen. Om de pigmenten te binden en aan de ondergrond te laten hechten, stonden de decorateurs van ruim drieduizend jaar geleden arabische gom (uit de acacia-boom), eiwit, bijewas en gelatine ter beschikking.

Wie terug wil naar de arabisch gom en het kippe-eiwit, wordt door de schildersbranche uitgelachen. Aan verven met water als verdunningsmiddel wordt echter hard gesleuteld en de producten die nu op de markt zijn, voldoen — afhankelijk van de eisen — redelijk tot goed. De waterafdundbare verven zijn niet meer te houden, is de algemene

gedachte. Verffabrikant Sigma zet in Amsterdam-Noord zelfs een nieuwe fabriek neer, waarin de produktie van waterafdundbare verf een belangrijke plaats inneemt.

In de industrie zijn er flink wat mogelijkheden voor het gebruik van verf zonder — of met een geringe hoeveelheid — organische oplosmiddelen. Voor auto's en metalen die kunnen worden gemoffeld (waarbij de verf na opbrenging wordt verhit) zijn al systemen zonder oplosmiddelen en ook op andere terreinen neemt het gebruik van verf zonder organische oplosmiddelen toe.

Maar ook de huisschilder en de doe-het-zelver zullen er aan moeten gaan geloven. Ook al moet het Bedrijfschap Schildersbedrijf constateren dat driekwart van de aangesloten leden vindt dat kwaliteit en verwerking van die verven nog te wensen overlaten.

Verf bestaat grofweg uit pigment, een bindmiddel en een oplosmiddel om het produkt verwerkbaar te maken. Het bindmiddel is van oudsher een stropervormige, hoogmoleculaire substantie. De lijnolie van weleer is vervangen door kunstharlakken, waarvan de binder bestaat uit kunstharsen (meestal alkydhars) en die wordt verdund met terpentine. Na het opbrengen verdampt het oplosmiddel en blijft er een goed hechtende film over, waarin de pigmentkorreltjes fijn zijn verdeeld.

Wie zich in verf verdiept, ziet al snel door de bomen het bos niet meer. „Alleen in Europa zijn al 1500 verschillende bindmiddelen op de markt”, zegt dr F. Willemse, hoofd van het Centrum TNO Coatings in Delft. Bijna elke toepassing stelt immers haar eigen eisen wat betreft hechting, flexibiliteit, corrosiebestendigheid, slijtvastheid, hardheid of glans.

In principe zijn er drie soorten bind-

middelen. Sommige bindmiddelen geven een droge film nadat het oplosmiddel of het water is verdampt. Acrylaat- en nitrocellulose-verven behoren daartoe. Daarnaast zijn er bindmiddelen die na het opbrengen nog met zuurstof uit de lucht reageren, zoals de veel gebruikte alkydsystemen: de hoogglans-huisschilderverven die goed bestand zijn tegen oplosmiddelen, vet en huishoudelijke condities.

Ten slotte zijn er de tweecomponenten-systemen, die bij het uitharden een driedimensionaal netwerk vormen en zeer duurzaam zijn. Epoxy- en polyurethaan-lakken zijn daarvan voorbeelden.

Voor elk van de klasse bindmiddelen zijn specifieke oplosmiddelen nodig. Ketonen, esters, aromaten, alifaten en mengsels van dergelijke organische verbindingen zijn favoriet. Er zijn echter slechts een paar bindmiddelen die in water oplossen. In de jaren zestig kwamen de acrylaat-emulsies op de markt, die met water zijn te verdunnen.

Men was er toen in geslaagd kleine bolletjes bindmiddel en pigment zwend te houden in een waterige oplossing (emulsie). Na het opbrengen en het verdampen van het water, drukken de bolletjes zich tegen elkaar aan en vormen zo een aanvaardbare deklaag. Vrijwel alle muurverven zijn nu gebaseerd op deze acrylaat-emulsies.

Inmiddels is er flink gesleuteld aan deze emulsies. In de praktijk betekent dat dat er heel wat extra componenten aan zijn toegevoegd om de gewenste eigenschappen te krijgen. Die extra componenten zijn niet alle even onschuldig en gedragen zich in het milieu soms minstens zo slecht als de oude organische oplosmiddelen. (Ozonvorming met zuurstof, stikstofdioxide en zonlicht.)

Het is misschien goed om te beseffen

dat de basis van de meeste aangeprezen waterafdonbare verven nog steeds bestaat uit organische componenten met pigment. Maar doordat ze in water rondzweven, kan de verf ook met water worden verdund. Vaklieden spreken dan ook liever van *watergedragen* verf, ter onderscheid van de echte wateroplosbare soorten.

Verfresten door het riool spoelen en kwasten onder de kraan schoonmaken zijn specifieke oplosmiddelen nodig. Ketonen, esters, aromaten, alifaten en mengsels van dergelijke organische verbindingen zijn favoriet. Er zijn echter slechts een paar bindmiddelen die in water oplossen. In de jaren zestig kwamen de acrylaat-emulsies op de markt, die met water zijn te verdunnen.

Men was er toen in geslaagd kleine bolletjes bindmiddel en pigment zwendend te houden in een waterige oplossing (emulsie). Na het opbrengen en het verdampen van het water, drukken de bolletjes zich tegen elkaar aan en vormen zo een aanvaardbare deklaag. Vrijwel alle muurverven zijn nu gebaseerd op deze acrylaat-emulsies.

Inmiddels is er flink gesleuteld aan deze emulsies. In de praktijk betekent dat dat er heel wat extra componenten aan zijn toegevoegd om de gewenste eigenschappen te krijgen. Die extra componenten zijn niet alle even onschuldig en gedragen zich in het milieu soms minstens zo slecht als de oude organische oplosmiddelen. (Ozonvorming met zuurstof, stikstofoxyden en zonlicht.)

Het is misschien goed om te beseffen dat de basis van de meeste aangeprezen waterafdonbare verven nog steeds bestaat uit organische componenten met pigment. Maar doordat ze in water rondzweven, kan de verf ook met water worden verdund. Vaklieden spreken dan ook liever van *watergedragen* verf, ter onderscheid van de echte wateroplosbare soorten.

Verfresten door het riool spoelen en kwasten onder de kraan schoonmaken zijn dan ook milieudelicten. Willemse: „De zuiveringsinstallaties kunnen die verfresten niet verwijderen. Ze komen dus in het oppervlaktewater en slaan daar bijvoorbeeld neer op de kieuwen

van vissen.” De grote verwerkers en huisschilders weten dat wel. De gemiddelde doe-het-zelfer zal zich waarschijnlijk niet realiseren dat hij de restanten van zijn ‘milieuvriendelijke’ verf en het spoelwater van de kwasten naar de chemo-kar moet brengen.

„Dat is een onbedoeld nadeel van de watergedragen verven”, zegt ir T. Dekker van fabrikant Sigma. In Nederland wordt jaarlijks 250.000 ton verf verwerkt, waarvan ongeveer eenderde in de doe-het-zelf-branchen. „Als je van elke bus verf één procent door de gootsteen spoelt, is dat een aanzienlijke hoeveelheid.”

De traditionele alkydverven met organische oplosmiddelen hebben hun langste tijd gehad. Voor binnenwerk worden al voor het grootste deel watergedragen systemen gebruikt. De duurzaamheid is daar immers van minder belang dan buiten. Nadeel is dat hoogglans niet goed is te maken, doordat de emulsie een laag met wat minder regelmatige deeltjes geeft. Een hoge eglans is tot nu toe maximaal haalbaar.

Zowel Dekker als Willemse meent dat er nu watergedragen verven zijn die vergelijkbaar zijn met, zo niet beter zijn dan, de meest gebruikte alkydverven met oplosmiddelen. Alleen de verwerking is anders. Schilderen onder de zes tot acht graden Celsius levert bijvoorbeeld problemen op met de verdamping van het water. Bij lage temperatuur en hoge luchtvochtigheid droogt de verf moeilijk en ook de kwaliteit van de film laat dan soms te wensen over.

„De verven zijn niet met elkaar te vergelijken. Het gaat om een volledig ander produkt”, hoorde A. van Diermen van het Bedrijfschap Schildersbedrijf op voorlichtingsdagen van zijn collega's. „Waterafdonbare verven gedragen zich anders. Wij waren altijd gek op 'contact met de ondergrond' maar deze verven lijken wel mayonaise. Er is een andere techniek nodig.” Het gebruik van kwasten met langere haren is bijvoorbeeld aan te bevelen.

Klachten over het drogen heeft Van Diermen niet zo. Onder normale omstandigheden droogt de verf zelfs sneller dan de alkydharsen, die immers langer moeten nadrogen. „Misschien moe-

ten we de grens voor het vorstverlet wat verhogen”, denkt hij.

Van Diermen meent dat de opkomst van de waterafdonbare verven vooral afhangt van de acceptatie door de klant. Is die bereid genoeg te nemen met een eglans in plaats van een strakke hoogglans? „Het is wat streperiger en kan wat meer vuil aantrekken. Maar de levensduur van watergedragen verf is inmiddels niet korter dan die van alkydverf. Er zijn zelfs aanwijzingen dat hij langer is”, aldus Van Diermen.

De vertegenwoordiger van de schilders verwacht dat de watergedragen verven een tussenstation zullen zijn op weg naar totale wateroplosbare verven. Willemse en Dekker zijn daarover minder optimistisch. In hun ogen kleven er nog te veel haken en ogen aan zulke verven. Bijvoorbeeld het idee dat je aan een bus tweecomponentenverf eerst een harder moet toevoegen en de verf binnen twee uur moet verwerken.

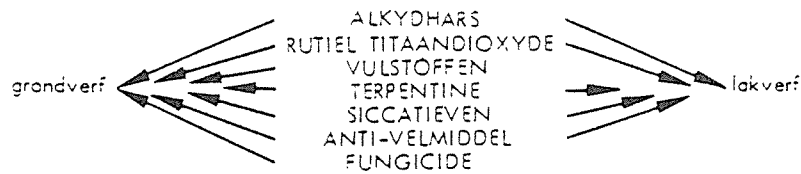
„Wij moesten vroeger *siccatief* aan de lijnolie toevoegen om de verf te laten harden”, herinnert Van Diermen zich zijn gezellertijd. „Dat was nooit een probleem. Discussies die toen werden gevoerd over de overgang op kunstharsverven zie je nu weer terugkomen.”

Ook de argumenten die tegen waterafdonbare verf worden ingebracht vanwege problemen met de opkomende Europese harshoudende houtsoorten en met het gebruik van (vettige) plamuur, ziet Van Diermen niet zo. „Plamuur is altijd de zwakke schakel in het verfsysteem geweest. Ik ben ervan overtuigd dat er nu produkten komen die geschikt zijn voor het gebruik met waterafdonbare verf.”

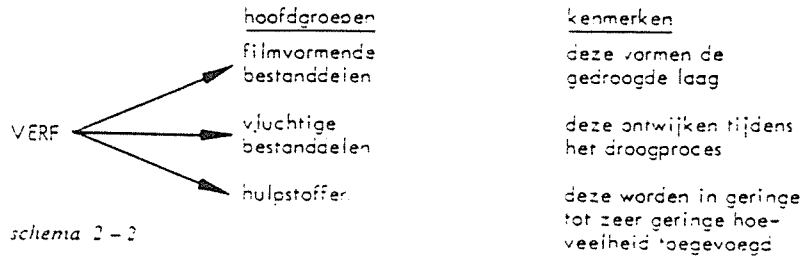
Het schilderen van kozijnen van vuren en naaldhout met waterafdonbare verf lijkt hem ook geen probleem. „De duurzaamheid van die kozijnen is al enorm verbeterd. Er is nog enige onzekerheid over de toepassing van de watergedragen verf daarop. Zelf denk ik dat het geen problemen hoeft te geven, als je het maar zorgvuldig doet. Verf is nog steeds geen Haarlemmerolie die je maar overal op kunt smeren.”

MAARTEN EVENBLIJ

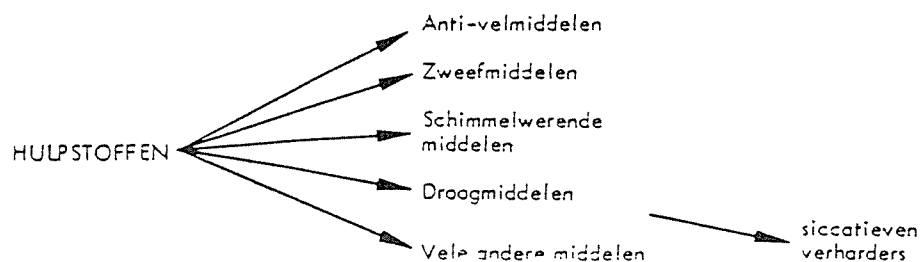
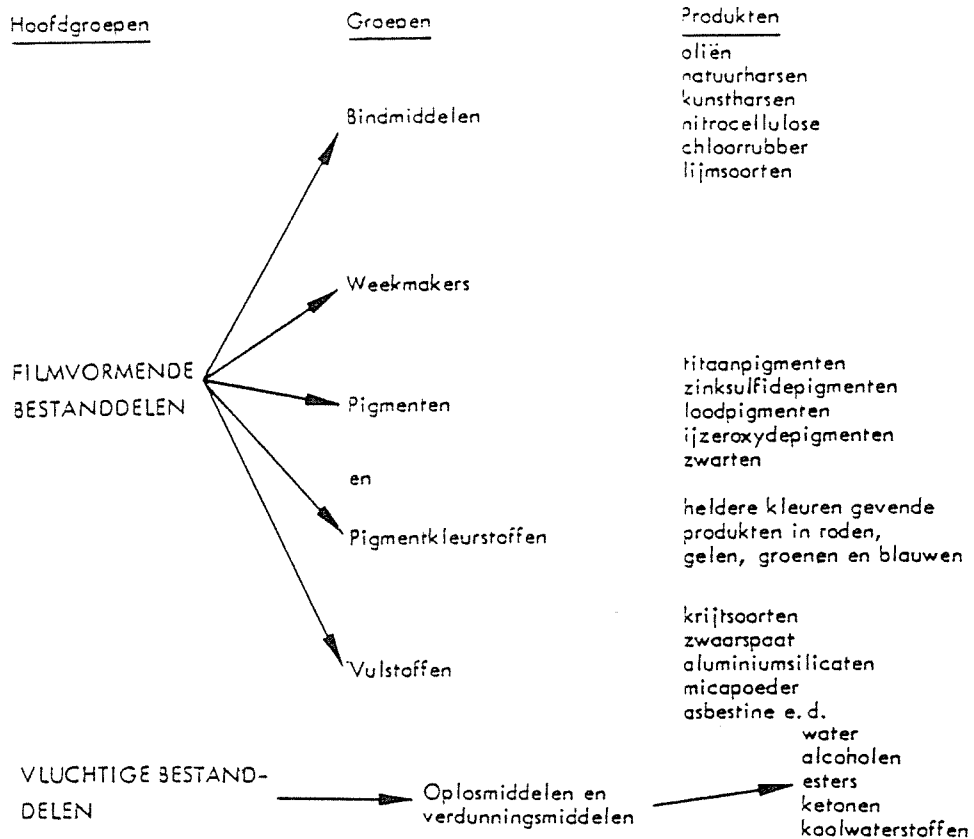
Extra informatie



schema 2 - 1



schema 2 - 2



De aanduiding van de schadelijkheid van verven

Inleiding

Enige jaren geleden werd in gezamenlijk overleg tussen de Vereniging van Vernissen Verffabrikanten in Nederland en het Bedrijfschap Schildersbedrijf een etiketteringssysteem ingevoerd. Het doel hiervan is te voorkomen, dat personen die in hun beroep verf verwerken aan voor de gezondheid schadelijke invloeden van bepaalde stoffen, die in verf kunnen zijn verwerkt, worden blootgesteld.

Op verpakkingen van verven, groter dan 1 kg of meer dan 1 liter, zal de gebruiker een code aantreffen overeenkomstig de afbeelding 35-1.

De letter heeft betrekking op de mogelijke schadelijkheid van vluchtige bestanddelen.

Het cijfer 0 of 1 heeft betrekking op mogelijke schadelijkheid van niet vluchtige bestanddelen.

Voor de gebruiker is het van belang dat hij weet welke voorzorgsmaatregelen moeten worden genomen, daarom verwijzen deze codes naar te nemen voorzorgsmaatregelen.

Voorzorgsmaatregelen

Algemene voorzorgsmaatregelen

Allereerst zullen er voorzorgsmaatregelen besproken worden die gelden voor de verwerking van *alle* produkten, dus ook van toepassing voor de codeletter A en het codecijfer 0.

- I Bij de verwerking van *alle* verfprodukten dienen de elementaire regels van persoonlijke hygiëne in acht te worden genomen:
Men wast de handen voor de maaltijd.
Men verzorgt verwondingen ter voorkoming van infectie.
Men neemt geen met verf besmeurd gereedschap in de mond en men rolt geen sigaret met door verf en plamuur verontreinigde handen.
- II Bij de verwerking van *alle* verfprodukten geldt voorts, dat in gesloten, onvoldoende geventileerde ruimten, zoals tanks, kasten, etalage-vitrines e.d., gezorgd moet worden voor doeltreffende ventilatie, b.v. langs kunstmatige weg.

Is dit niet mogelijk, dan dient van een zogenaamde verseluchtkap gebruik te worden gemaakt.

- III Bij het afbranden of afschuren van oude verflagen dient de nodige voorzichtigheid betracht te worden in verband met de mogelijkheid dat deze voor de gezondheid schadelijke pigmenten bevatten; het inademen van stof of nevels dient te worden voorkomen.
- IV Men zij erop bedacht dat vele verfprodukten, oplos-, verdunnings-, afbijten- en ontvettingsmiddelen brandgevaarlijk zijn.

Extra voorzorgsmaatregelen bij de verwerking behorende bij de codeletters B, C of D en het codecijfer 1

HET CIJFER 1

Vergiftig bij inwendig gebruik en bij inademen van schuurstof en spuitnevels.

Kan met de kwast (of met het plamuurmes) zonder hygiënische maatregelen verwerkt worden.

Zorg bij schuren en spuiten voor behoorlijke ventilatie.

Draag zo nodig masker.

DE LETTER B

Inademen van veel damp kan schadelijk zijn.

Zorg voor goede ventilatie.

Draag zo nodig masker.

DE LETTER C

Inademen van damp is schadelijk.

Bij verwerken met de kwast voor zeer goede ventilatie zorgen.

Bij verspuiten voor goede afzuiging van de damp zorgen of een masker gebruiken.

DE LETTER D

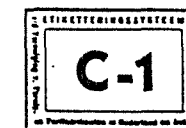
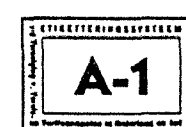
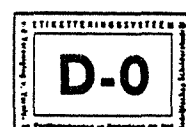
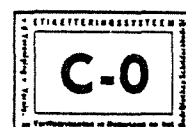
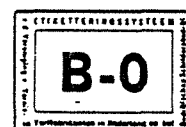
Inademen van damp is gevaarlijk.

Bij verwerken met de kwast een masker dragen, ook bij goede ventilatie.

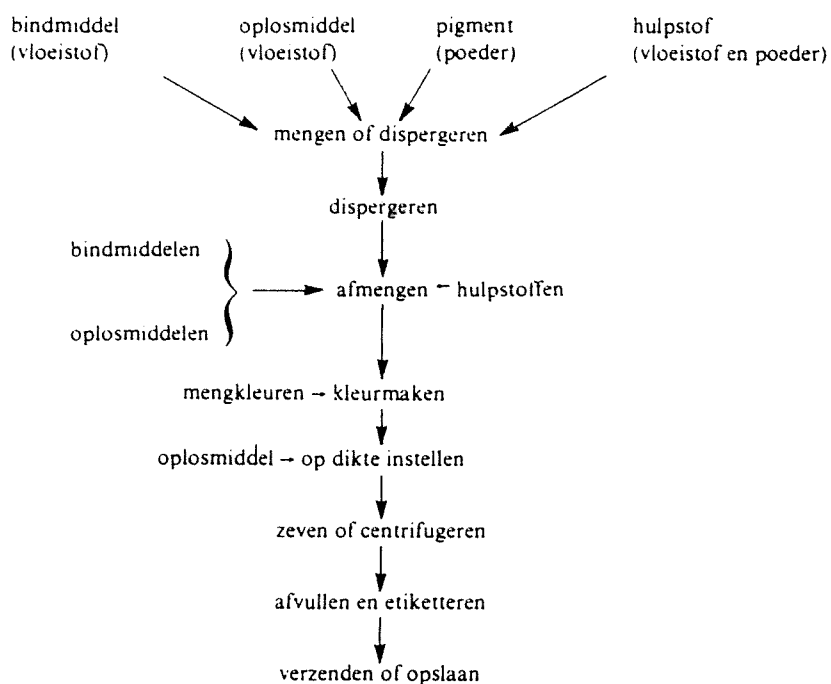
Bij verspuiten steeds verse-luchtmasker gebruiken.

Denk eraan, dat personen in uw omgeving zonder masker gevaar lopen.

Houd strikt de hand aan de door de fabrikant op de bus vermelde voorzorgsmaatregelen.



Het verloop van de fabricage van gepigmenteerde produkten



Kernfusie

Antwoorden

- 1 Deeltjes met zelfde atoom maar verschillend massagetal.
Deeltjes met zelfde aantal protonen maar verschillend aantal neutronen.
- 2 Deuterium: 1 p, 1 n, 1 e
Tritium : 1 p, 2 n, 1 e
- 3 2 p
- 4 3 n
- 5 He
- 6 ${}^4_2\text{He}$, ${}^6_2\text{He}$

Opmerking

De opgave is bestemd voor klas 3/4. Daarom is bewust weggelaten dat bij de kernfusiereactie tussen deuterium en tritium een neutron vrijkomt. Mocht u dat wel willen toevoegen dan kunt u de volgende vraag gebruiken.

Als men één deuteriumkern en één tritiumkern laat fuseren komt er een neutron vrij. De notatie voor een neutron is ${}^1_0\text{n}$.

- 7 Licht de notatie van een neutron toe.
- 8 Geef de vergelijking van de fusiereactie tussen één deuterium- en een tritiumkern waarbij één neutron vrijkomt.

Water in olie?

Antwoorden

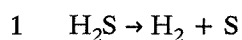
Water is opgebouwd uit elementen waterstof en zuurstof.

Olie is opgebouwd uit elementen waterstof en koolstof.

Kan dus niet in elkaar overgaan: het element zuurstof kan niet omgetoverd worden in het element koolstof.

Microgolven splitsen gas

Antwoorden



2 Ontledingsreactie

3 Kookpunt zwavel 718K;
kookpunt waterstof 20K.

Het kookpunt van zwavel is veel hoger. Zal dus eerder condenseren.

Koolmonoxide-vergiftiging

Antwoorden

- 1 Bij onvolledige verbranding van brandstoffen die koolstof als element bevatten.
- 2 CO is een zeer giftig gas: het neemt de plaats van zuurstof in op het hemoglobine en gaat daar niet makkelijk meer weg. Je krijgt dus steeds minder zuurstof binnen.
- 3 Door een tekort aan zuurstof (= oorzaak) krijg je een onvolledige verbranding waarbij koolstofmonoxide ontstaat (= gevolg).
- 4 De badgeijser is de hele nacht en een deel van de ochtend blijven branden. Een verbranding treedt alleen op als er ook zuurstof aanwezig is.

Koolmonoxyde is sluipmoordenaar

Door dr. M. de Grood

Alle waarschuwingen ten spijt zien we in de krant nog steeds berichten over mensen die gestorven zijn aan de gevolgen van een vergiftiging met koolmonoxyde. Hoe groot zijn die gevaren eigenlijk?

Het koolmonoxyde (CO) is een gas dat ontstaat bij onvolledige verbranding van een aantal brandstoffen, zoals steenkool, lichtgas, benzine. Omdat koolmonoxyde giftig is, kunnen door slechte kachels, slechte geisers of door uitlaatgassen van motoren hoeveelheden van dit koolmonoxyde in huis komen en daar een gevaarlijke concentratie opbouwen.

Bloed bevat rode bloedcellen. Bij iedere ademhaling nemen die rode bloedcellen in de wand van de longblaasjes zuurstof op; die wordt via de bloedcirculatie getransporteerd naar de weefsels, die de zuurstof nodig hebben voor verbranding. Er zijn weefsels die redelijk lange tijd zonder zuurstof kunnen zonder onherstelbaar beschadigd te raken. Er zijn er echter ook die zuurstof maar heel korte tijd kunnen missen. Zo kan nierweefsel ongeveer acht minuten zonder zuurstof, onze hartspier ongeveer drie minuten, maar ons hersenweefsel slechts anderhalve minuut.

Sluipend

De stof in de rode bloedcellen, het hemoglobine, is de stof waaraan zich de zuurstof bindt. Deze zelfde stof zorgt ook voor de afvoer van de verbrandingsproducten van het weefsel, namelijk het koolstof-dioxyde (CO₂). Nu blijkt, dat het koolstofmonoxyde een bijzondere voorkeur heeft om zich bij inademing aan dit hemoglobine te binden.

Het neemt als het ware de voor zuurstof beschikbare plaats in, waardoor de rode bloedcel geen zuurstof meer kan opnemen. Het lijkt er zelfs op dat koolmonoxyde

voorrang krijgt boven de zuurstof. Daardoor is een concentratie van 0,1 procent in de lucht al gevaarlijk. Koolmonoxyde is bovendien een reukloos gas, zodat de hoeveelheid in de lucht van een afgesloten ruimte ongemerkt kan toenemen.

De verschijnselen van een koolmonoxydevergiftiging treden sluipend op; hoofdpijn, die langzaam toeneemt, duizeligheid en misselijkheid zijn meestal de eerste verschijnselen. Vaak treden ook benauwdheid en braken op. Neem de vergiftiging toe, dan kunnen de slachtoffers hun spieren minder bewegen en langzaam maar zeker raken ze bewusteloos.

Een van de bedrieglijke dingen bij een koolmonoxydevergiftiging, is dat de gelaatskleur rood blijft. Bij een vergiftiging door bijvoorbeeld kooldioxyde (verblijft in een ruimte waarin te veel mensen zijn en alle zuurstof is opgebruikt) wordt de gelaatskleur blauw.

Frisse lucht

U zult begrijpen dat het bij koolmonoxydevergiftiging zaak is het slachtoffer zo snel mogelijk uit de vergiftigde omgeving te halen en - als dat niet mogelijk is - zo spoedig mogelijk voor een royale ventilatie met frisse lucht te zorgen. Zuurstofvoorziening van het slachtoffer moet maximaal zijn, liefst met kunstmatige beademing en als het mogelijk is met een overdruk aan zuurstof. Daarom is een snel transport naar een ziekenhuis een eerste vereiste.

Helaas is het niet altijd mogelijk het slachtoffer dan nog te redden. Als bij voorbeeld de hersenen te lang zonder zuurstof zijn geweest, kan het zijn dat de patiënt in een coma is waaruit hij niet meer ontwaakt.

Al deze ellende is te voorkomen als een afgesloten ruimte waarin een kachel of benzinemotor staat, goed geventileerd is.