

Chemie

IN DIT NUMMER:

- * KOLENVERGASSING I
- * KOLENVERGASSING II
- * CHLOOR ERUIT
- * NOOIT MEER KALK.....
- * ONTHARINGSCHÈME
- * DEFOSFATERING
- * NEDERLAND OPKRIKKEN
- * GEHEIM SUPERKAT
- * KORREKTIEVLOEISTOFFEN
- * GROOTSTE MOLEKUUL
- * KERAMIEK
- * BIER SCHUIM DYNAMICA
- * OPLOSSING BATTERIJPROBLEEM

NUMMER 3

MEI 1990

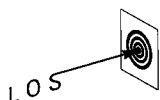
ARKTIC

HOOFDREDAKTEUR: Miek Scheffers-Sap

REDAKTEUREN: Jos Bierman
Leo Zelissen

CORRESPONDENTEN: Ton van Berkel
Geeske van Hoeve-Brouwer
Niek van Noort
Berni Vervoordeldonk

UITGAVE in samenwerking met:



leermiddelenontwikkeling
scheikunde:
Margriet van Helvoort
Ab Ypma

ADMINISTRATIE: KPC
Postbus 482
5201 AL 's Hertogenbosch

DRUK: Ons Middelbaar Onderwijs
Tilburg

CORRESPONDENTIE: Miek Scheffers-Sap
de Moeshof 9
5258 ER Berlicum

U kunt zich abonneren voor 1990-1991 bij het KPC, de Informatiedienst, Postbus 482, 5201 AL 's-Hertogenbosch.
Abonnees krijgen een factuur bij het eerste nummer van de jaargang 1990-1991.
Een jaarabonnement (3 nrs. in oktober, januari en mei) kost f 10,--.

Chemie Aktueel is een tijdschrift voor het scheikunde-onderwijs dat gebruik maakt van krante-artikelen, tijdschriftartikelen, folders en dergelijke. Bij dat materiaal zijn opdrachten gemaakt, soms ook practica.
De opdrachten zijn bestemd voor onderbouw of bovenbouw HAVO/VWO.

Chemie Aktueel gaat naar 350 adressen.
De redactie is tevreden met dit resultaat en heeft afgesproken ook in het schooljaar 1990-1991 weer drie nummers uit te brengen met meer opdrachten. Ook op de vraag vanuit het veld om tevens kortere opgaven op te nemen zullen wij dan ingaan.

Hoe komt een nummer tot stand? Correspondenten en redacteuren sturen opdrachten, met uitwerkingen, aan de hand van artikelen op. De redactie bekijkt, kiest en bewerkt (indien nodig) het ingekomen werk.
Per nummer probeert de redactie zo gevarieerd mogelijk alle leerstofcategorieën en leerjaren aan bod te laten komen.

Mocht U ook wat willen insturen, neem dan eerst contact op met Miek Scheffers-Sap. U krijgt dan een lijst met uitgangs- en aandachtspunten waarmee de redactie werkt.

Dit nummer biedt U een artikel zonder vragen: Bier. Het artikel behoeft geen verdere aanvulling. Misschien brengen de artikelen U op heel andere ideeën, dan wij U aanleveren. Binnen de kring van correspondenten en redactieleden gebeurt dat ook. Zo is het krante-artikel over kolenvergassing op twee verschillende manieren uitgewerkt, eenmaal voor de bovenbouw en eenmaal voor de onderbouw.

Miek Scheffers-Sap

INHOUD	PAG.
KOLENVERGASSING I	1
klas: 3 HV	
stof: industriële chemie	
kernbegrippen: reactievergelijkingen	
KOLENVERGASSING II	2
klas: 5 HV	
stof: evenwichten, energie	
kernbegrippen: evenwichtsverschuiving	
CHLOOR ERUIT	5
klas: 4/5/6 V	
stof: polymeren	
kernbegrippen: stof/element, massapercentage, milieu	
NOOIT MEER KALK.....	7
klas: 4 HV	
stof: zouten, neerslagreacties	
kernbegrippen: kristalgroei, zuur-base/redoxreactie	
ONTHARINGSCHREME	8
klas: 5 H, 6 V	
stof: biochemie	
kernbegrippen: polypeptide, waterstofbruggen, zwavelbruggen, redoxreactie	
DEFOSFATERING	10
klas: 5 H, 5/6 V	
stof: oplosbaarheid	
kernbegrippen: zuur-base, neerslaan, milieu	
NERDERLAND OPKRIKKEN	12
klas: 4 HV	
stof: rekenen in de chemie	
kernbegrippen: zuur-base, zouten, milieu	
GEHEIM SUPERKAT	14
klas: 4/5 HV	
stof: organische chemie	
kernbegrippen: aardolie, katalysator	
KORREKTIEVLOEISTOF	16
klas: 4 HV	
stof: chemische binding	
kernbegrippen: naamgeving, structuurformule, krachten, oplosbaarheid, kookpunt	
GROOTSTE MOLEKUUL	19
klas: 3/4 HV	
stof: rekenen in de chemie	
kernbegrippen: molekuulmassa, massapercentage	
KERAMIEK	20
klas: 3 HV	
stof: formuletaal, anorganische chemie	
kernbegrippen: zoutformules, reactievergelijkingen	
BIERSCHUIMDYNAMICA	21
klas: 4/5 HV, 6 V, scheikundeclub	
stof: proeven uitvoeren	
BATTERIJEN	22
klas: 5/6 V	
stof: electrochemie	
kernbegrippen: redox/zuur-base reacties, oplosbaarheid, elektrolyse	
DOCENTENHANDLEIDING	25
ANTWOORDEN	26

KOLENVERGASSING I

Hieronder vind je een deel (het begin!) van een artikel over kolenvergassing.

Tevens zie je een afbeelding: een schematische voorstelling van een ondergronds kolenvergassingsproject.

Europa werkt aan project voor ondergrondse kolenvergassing

het tot nu toe in West-Europa uitgevoerde, veelal fundamenteel gerichte onderzoek. Tijdens een driedaags internationaal symposium werd daarover begin deze week op de Technische Universiteit in Delft (TUD) uitgebreid verslag gedaan.

Onder West-Europa ligt naar schatting 410 miljard ton steenkool, waarvan 73 miljard winbaar lijkt. De steenkool ligt over het algemeen dieper dan 600 meter, terwijl de dikte van de kolenlagen minder dan twee meter is.

Alleen al onder Nederland ligt 2 miljard ton steenkool op een diepte van 1200 tot 1500 meter, voornamelijk onder Zuid- en Centraal-Limburg (De Peel) en onder de Achterhoek (Oost-Gelderland). Wat energie-inhoud betreft zijn de kolenvoorraden onder ons land aanzienlijk groter dan de nu bekende aardgasvoorraden.

In Europa is winning van steenkool met conventionele mijnbouwtechnieken niet verantwoord, ook al zou de olieprijs aanzienlijk stijgen. De recente aankondiging van de sluiting van enkele Belgische mijnen, de sluiting van mijnen enkele jaren geleden in Engeland en de enorme subsidies die Duitsland verstrekt om nog enkele mijnen over te eind te houden, zijn illustratief voor de

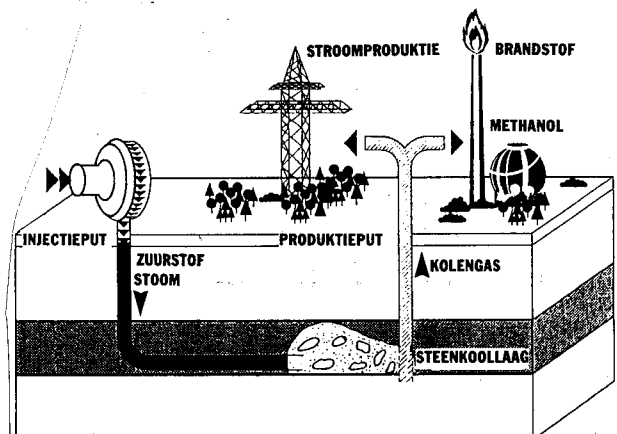
wijze waarop onder West-Europa de steenkoolreserves winbaar zijn.

Een mogelijk alternatief is winning door middel van ondergrondse vergassing van de steenkoollagen. Dit kan door via een boorgat lucht en stoom in de kolenlaag te blazen.

Op de lange termijn kan het ondergronds vergassen van steenkool een belangrijke bijdrage leveren aan de energievoorziening in de Europese Gemeenschap. Europa zou er zelfs vanaf begin volgende eeuw volledig mee in eigen energiebehoefte kunnen voorzien.

Om zo ver te komen is geld nodig. Voor verdere ontwikkeling van de technologie is de komende zeven jaar 90 miljoen gulden nodig, waarmee binnen de Europese Gemeenschap in twee grootschalige veldexperimenten zullen worden uitgevoerd.

Deze conclusies zijn te trekken uit



Schematische voorstelling van een ondergronds kolenvergassingsproject.

Volkskrant 14 nov. 1989

Maak het artikel af.

Doe dit aan de hand van de volgende richtlijnen:

- * Bedenk een kop voor het krantenartikel.
- * Geef in woorden een beschrijving van de ondergrondse kolenvergassing. Denk hierbij aan de beginstoffen en de stoffen die er zullen ontstaan.
- * Leg het verband tussen het ontstaan van brandstof en stroomproductie.
- * Er is een methanolfabriek in de buurt (methanol is CH_4O). Vermeld dit aan het eind van je artikel en leg het verband met het voorgaande.

Europa werkt aan project voor ondergrondse kolenvergassing

Onder Europa liggen nog grote kolenvoorraden. Klassieke ontginning via mijnbouw is echter veel te duur. Een steeds aantrekkelijker wordend alternatief is ondergrondse kolenvergassing.

Op de lange termijn kan het ondergronds vergassen van steenkool een belangrijke bijdrage leveren aan de energievoorziening in de Europese Gemeenschap. Europa zou er zelfs vanaf begin volgende eeuw volledig mee in eigen energiebehoefte kunnen voorzien.

Om zo ver te komen is geld nodig. Voor verdere ontwikkeling van de technologie is de komende zeven jaar 90 miljoen gulden nodig, waarmee binnen de Europese Gemeenschap in twee grootschalige veldexperimenten zullen worden uitgevoerd.

Deze conclusies zijn te trekken uit

het tot nu toe in West-Europa uitgevoerde, veelal fundamenteel gerichte onderzoek. Tijdens een driedaags internationaal symposium werd daarover begin deze week op de Technische Universiteit in Delft (TUD) uitgebreid verslag gedaan.

Onder West-Europa ligt naar schatting 410 miljard ton steenkool, waarvan 73 miljard winbaar lijkt. De steenkool ligt over het algemeen dieper dan 600 meter, terwijl de dikte van de kolenlagen minder dan twee meter is.

Alleen al onder Nederland ligt 2 miljard ton steenkool op een diepte van 1200 tot 1500 meter, voornamelijk onder Zuid- en Centraal-Limburg (De Peel) en onder de Achterhoek (Oost-Gelderland). Wat energie-inhoud betreft zijn de kolenvoorraden onder ons land aanzienlijk groter dan de nu bekende aardgasvoorraden.

In Europa is winning van steenkool met conventionele mijnbouwtechnieken niet verantwoord, ook al zou de olieprijs aanzienlijk stijgen. De recente aankondiging van de sluiting van enkele Belgische mijnen, de sluiting van mijnen enkele jaren geleden in Engeland en de enorme subsidies die Duitsland verstrekt om nog enkele mijnen overeind te houden, zijn illustratief voor de

wijze waarop onder West-Europa de steenkoolreserves winbaar zijn.

Een mogelijk alternatief is winning door middel van ondergrondse vergassing van de steenkoollagen. Dit kan door via een boorgat lucht en stoom in de kolenlaag te blazen. De steenkool gaat gedeeltelijk branden en wordt tijdens een chemische reacties omgezet in een brandbaar kolengas dat bestaat uit waterstof, koolmonoxide, kooldioxide en methaan (aardgas).

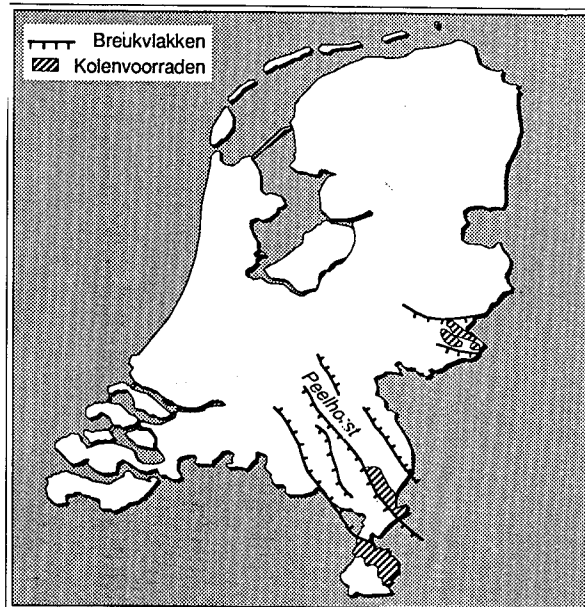
De samenstelling van het kolengas hangt van de temperatuur en de druk ondergronds en van het gas (stoom en lucht of zuurstof) dat in de kolenlaag wordt geïnjecteerd. Het kolengas kan via een tweede boorgat onder druk bovengronds worden gebracht.

Het klinkt tamelijk simpel, maar de procesvoering is uitermate gecompliceerd met een van de belangrijkste aspecten de vraag hoe controleer ik op meer dan zeshonderd meter diepte de ondergrondse verbranding of vergassing? En met hoeveel boorgaten kan een ondergrondse kolenlaag het beste te lijf worden gegaan?

Vragen die de afgelopen voor een deel in het laboratorium met schaal- en computermodellen zijn opgelost, maar die in praktijk nog nauwelijks zijn uitgeprobeerd. Aan de Belgisch-Franse grens in het Belgische Thulin doen Duitse en Belgische onderzoekers al meer dan tien jaar pogingen ondergrondse vergassing tot stand te brengen.

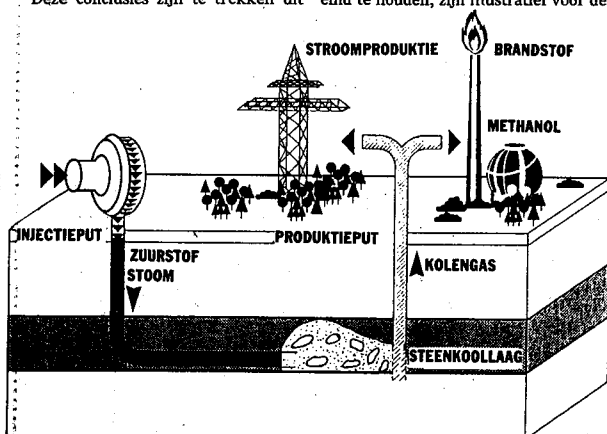
Het belangrijkste resultaat van al die experimenten is dat men er in geslaagd is in een kleine vergassingsruimte gedurende zes maanden een kolengas te produceren met een hoge methaan-concentratie. Daarmee is het Thulin-project het meest succesvolle vergassingsexperiment op grote diepte ter wereld. Ook in Frankrijk zijn op kleine schaal veldproeven uitgevoerd, zij met wisselend succes.

Ondergrondse kolenvergassing kan in principe concurreren — aannemend dat de technologie voor handen is — met aardgaswinning. Het kolengas kan na reiniging van gevormd waterstofsulfide-gas worden gebruikt om op lokatie methanol te maken. Het meest rendabel is echter het kolengas om te zetten in stroom. In de meeste Europese landen ligt de prijs in de buurt van die van elektriciteit uit een conventionele ko-



De gebieden waar in Nederland steenkoollagen ondergronds zouden kunnen worden vergast.

len centrale, zo blijkt uit een studie die in opdracht van de Europese Gemeenschap is gemaakt.



Schematische voorstelling van een ondergronds kolenvergassingsproject.

Volkskrant 14 nov. 1989

Steenkool wordt beschouwd als een sedimentair gesteente, waarvan wordt aangenomen dat het zijn oorsprong vindt in plantaardig materiaal. Het is geen zuivere koolstof; het bevat een groot aantal andere elementen, maar hoe ouder de steenkool is, des te groter is het percentage koolstof.

1. Welk element bevat steenkool blijkens het artikel zeker ook?

Ter vereenvoudiging vatten we steenkool bij de reactievergelijkingen op als zuiver koolstof.

De kern van de kolenvergassing is de reactie van stoom met koolstof waarbij koolstofmonoxide en waterstof ontstaan.

2. Geef de reactievergelijking voor deze reactie.
3. Ga door berekening na dat het een endotherm proces is. Doe dit met behulp van tabel 57 van het Binasboek.
4. De reactie van vraag 2 is een evenwicht; geef de evenwichtsvoorwaarde.
5. Welke invloed hebben druk en temperatuur op de samenstelling van het evenwichtsmengsel? Licht toe.
6. Kolenvergassing is een continuproces: voortdurend gaat stoom de steenkoollaag in en permanent komt een gasmengsel via het tweede boorgat naar boven.
Leg uit of hier sprake kan zijn van een gasmengsel met evenwichts-samenstelling.
7. In het artikel staat: "De steenkool gaat gedeeltelijk branden".
 - a. Geef de reactievergelijking.
 - b. Leg uit waarom men dit proces laat plaatsvinden.

Het methaan waarvan in het artikel sprake is kan van verschillende oorsprong zijn. Zo kan het afkomstig zijn van thermolyse van steenkool tijdens de ondergrondse processen.

- 8.a. Leg uit waardoor er thermolyse kan optreden.
- b. Geef een verklaring voor het ontstaan van methaan door middel van thermolyse.
9. Methaan kan ook door reactie van koolstofmonoxide met waterstof ontstaan.
Geef de reactievergelijking.

Het koolstofmonoxide/waterstof mengsel heeft in de chemische wereld de benaming 'synthesegas'. Het synthesegas kan voor de produktie van allerlei verbindingen gebruikt worden. In het artikel is sprake van de synthese van methanol.

10. Geef de reactievergelijking.

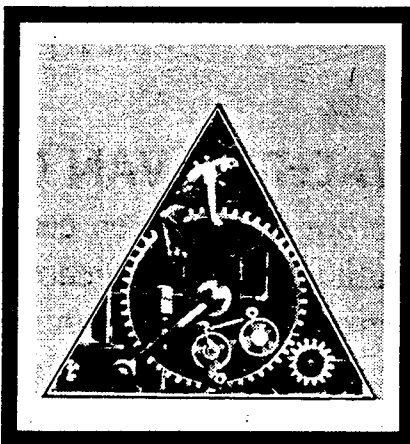
Hoe krijg ik dat chloor eruit?

Trouw oktober 1989

- 1) Schoonmaakmiddelen zijn gore vervuilers. Van wasmiddelen weten we het eindelijk – al moeten we niet denken dat met fosfaatloos wassen alle problemen ineens zijn opgelost. Met weinig wasmiddel was je het groenst. Gootsteenontstoppers en wc-reinigers zijn ook schobbejakken. En vergeet chloor niet. De bijtende werking blijft voorbij de zwanehals heus wel bestaan. En bleef het daar maar bij.
- 2) Chloor speelt de hoofdrol in de dioxine-elende van de afgelopen weken. Zonder chloor geen dioxine. Maar dan gaat het om chloor in al zijn vermommingen. Chloor zit in chloor, dat is wel duidelijk. Maar ook in andere schoonmaakmiddelen, zoals 'per' en 'tri'. Er is zelfs op gewezen dat keukenzout (een verbinding van natrium en chloor) uit etensresten een bijdrage kan leveren aan dioxinevorming in afvalovens. Nog een reden om minder zout te eten. De meeste beschuldigende vingers wijzen naar PVC (polyvinylchloride), een plastic dat in bijzonder veel verpakkingen wordt gebruikt. Zit ook chloor in. Via de supermarkt of het warenhuis en de consument komt het in het huisvuil. Resten insecticiden idem.
- 3) Bij pogingen om chloorhoudend afval te verbranden worden de moleculen afval uit elkaar geslagen door de hoge temperatuur. Maar chloorhoudende moleculen branden slecht, zeker bij de temperatuur van een huisvuilverbranding (800 graden). Ze vallen uiteen in vrij grote brokken, die zich na afloop van de verbranding hergroeperen tot dioxinemoleculen.
- 4) Eigenlijk zouden chloorhoudende stoffen als chemisch afval moeten worden behandeld. In een oven voor chemisch afval wordt de temperatuur met extra brandstof naar de 1 300 graden gejaagd. Alle moleculen worden dan verpulverd en de opbrengst aan dioxine is veel minder, zij het niet nul. Jammer genoeg is het geen goed idee om al het huisvuil op die manier te verwerken. Het is duur en de 'chemische' ovens hebben het al te druk met het chemische afval. Daarvan heeft Nederland duizenden tonnen per jaar te verwerken. Zolang er chloor in het afval zit, zal er dioxine uit de pijp komen. Daarom zijn er voor chemisch afval nog altijd extra kunstgrepen nodig om de uitworp omlaag te krijgen, zoals filters. Hoe krijg je dat chloor eruit vóór de verbranding? Dat zou het dioxineprobleem doen verdampen. Bovendien zou de hoge temperatuur niet meer nodig zijn.
- 5) „Wat je nú probeert is stoffen te verbranden die soms juist bedoeld zijn als vlamvertragers of brandwerende middelen. Als je het chloor daaruit kwijt zou zijn, houd je koolwaterstoffen over, en die kun je juist als brandstof gebruiken”, schetst ir. C. M. van den Bleek de situatie. Hij is verbonden aan de vakgroep Chemische procestechnologie van de technische universiteit Delft, waar hij ondermeer een groep 'ontchloorders' leidt. Die probeert een proces, waar-

van in Leiden al bewezen is dat het werkt, industrieel toepasbaar te maken.

- 6) „Bij ons wordt de was gedaan door waterstof”, verklaart prof. R. Louw monter. Hij is leider van de projectgroep Chemie en milieu van de rijksuniversiteit Leiden. Het proces dat Louw van stal heeft gehaald



SLEUTELN

Herbert Blankesteyn

heet *hydrogenolyse*. Het afval wordt verhit met waterstof in plaats van lucht, tot een temperatuur van ongeveer 900 graden. „De waterstofatomen pulken het chloor eraf”, vat Louw de gang van zaken samen.

- 7) Wat overblijft is enerzijds een chloorvrije, olieachtige substantie die prima bruikbaar is als (redelijk) schone brandstof, en anderzijds de eenvoudigste verbinding van waterstof en chloor: zoutzuur. Dat klinkt agressief, en dat is het ook, maar zoutzuur is een handelbare stof. Als die zuiver genoeg gewonnen wordt, heeft de industrie er zelfs nog iets aan. „En desnoods neutraliseer je het en gooi je het in zee”, zegt Van den Bleek. „Geneutraliseerd zoutzuur is gewoon zout.”

- 8) Alles grijpt in elkaar, althans in theorie. In principe kan de benodigde waterstof uit het afval zelf worden gewonnen. Het zoutzuur is bruikbaar, het afval zelf is na afloop geen chemisch afval meer, maar kan zelfs worden gebruikt als brandstof om de benodigde temperatuur in de reactor te handhaven.

- 9) Het belangrijkste fundamentele werk is de afgelopen jaren in Leiden gedaan. De technische universiteit Delft schaalt het proces nu op, om te zien hoe het in het groot moet worden aangepakt. De afgelopen week is een gloednieuwe proefreactor in gebruik genomen. Die doet nog vrij bescheiden proeven. Het gebruik van afvalrestant als brandstof is daarin bij voorbeeld niet begrepen.

- 10) „Dat is niet nodig, dat is allemaal bekend”, vindt Van den Bleek. „We moeten ons met deze reactor concentreren op wat we nog willen weten. Bij voorbeeld de vorming van roet, dat is nog een probleem. We moeten weten wáár het roet ontstaat, dan weten we ook welke maatregelen we kunnen nemen.”

- 11) Van den Bleek denkt dat er over een jaar een demonstratiereactor kan worden gebouwd. Daarmee zal het bedrijf De Schel het estafettestokje overnemen. Wanneer het proces commercieel kan draaien durf Van den Bleek niet te zeggen. Het werk dat nodig is om het zo ver te krijgen wordt voor ruim de helft (een miljoen) betaald door het ministerie van milieubeheer. Het fundamentele onderzoek in Leiden gaat intussen gewoon door. De groep van Louw probeert het idee toe te passen op verbindingen die familieleden van chloor bevatten, zoals fluor en broom. De ozonvretende CFK's horen daar ook bij. Wat betreft chloor is het proces in ieder geval alleseter: je kunt erin stoppen wat je wilt het werkt altijd.

- 12) Van den Bleek acht het zelfs geschikt om het gewraakte PVC-afval onschadelijk te maken. „Het staat niet op ons programm maar waarom zou het niet kunnen? Je moet het dan wel in kleine brokken aanvoeren, zodat het op een handige manier in het reactievat kan komen. Maar in eerste instantie kijken we naar vloeistoffen. Huisvuil komt volgens Van den Bleek alle in aanmerking als het vooraf wordt gesorteerd. Overigens vindt hij het proces waaraan hij sleutelt de slechtste in een rijtje mogelijkheden: „We proberen afval op een nette manier te vernietigen, maar hergebruiken is beter, en geen afval is nog beter.”

HOE KRIJG IK DAT CHLOOR ERUIT?

Lees alinea een en twee van het artikel 'Hoe krijg ik dat chloor eruit?'

1. Wat wordt bedoeld met 'Met weinig wasmiddel was je het groenst?'

Uit de zin 'Nog een reden om minder zout te eten' kun je opmaken dat er minstens twee redenen zijn om minder zout te eten.

2. Noem twee redenen om minder zout te eten.
3. Leg uit wat bedoeld wordt met 'Chloor zit in chloor' (hoewel dat volgens Herbert Blanckesteijn wel duidelijk is).
4. Teken een stukje van de structuurformule van PVC.
5. Bereken welke van de twee stoffen PVC en keukenzout het hoogste massapercentage chloor per mol bevat.

Het artikel is verschenen naar aanleiding van het industrieel toepasbaar maken van een proces door een groep 'ontchloorders' onder leiding van professor Louw uit Delft. Het proces wordt in de derde kolom van het artikel met de naam 'hydrogenolyse' aangeduid.

Lees alinea zes en zeven.

6. Leg de naam 'hydrogenolyse' uit.
7. Leg uit dat er bij de beschreven hydrogenolyse geen zoutzuur kan ontstaan (hoewel dat in het artikel wel beweerd wordt).

Volgens Van den Bleek is geneutraliseerd zoutzuur gewoon zout.

8. Laat met een reactievergelijking zien wat Van den Bleek met neutraliseren bedoelt.

NOOIT MEER KALK IN DE WATERLEIDING?

door Esther Keeler

Water brengt tot nu toe onoverkomelijke problemen met zich mee. Vooral hard water laat kalk achter in de waterleidingen. Drukverlies en verstoppingen zijn het gevolg. Zacht water veroorzaakt corrosie in leidingen waardoor deze doorroesten en lekken niet uitblijft. Brengt de vinding Maitron dé oplossing?

Volgens de Oostenrijkse firma Maitron staat onomstotelijk vast dat het door haar ontwikkelde waterbehandelingsapparaat kalkaanslag en roest zonder chemische middelen en zonder dat de kwaliteit van het water wordt aangetast, verwijdert. De methodes die in de loop der jaren zijn ontwikkeld om water te ontharden of die voorkomen dat kalk aanslaat kosten vaak handen vol geld, zijn vervuilen en meestal niet effectief, aldus de Nederlandse importeur K. de Leeuw, van het gelijknamige ingenieursburo. Maitron rekent volgens de fabrikant in één klap af met alle tot nu toe bekende nadelen van waterbehandeling.

Water bevat van nature opgeloste mineralen, waaronder sommige die zeer belangrijk zijn voor de gezondheid. De mineralen calcium en magnesium hebben buiten hun goede eigenschappen een nare bijwerking. Zij vormen bij 29 graden Celsius of hoger kalkkristallen. Deze kristallen hechten zich snel aan in waterleidingen en huishoudelijke apparatuur zoals koffiezetapparaten, wasmachines en douchekoppen. In veruit het grootste deel van Nederland bevat het drinkwater kalkkristallen.

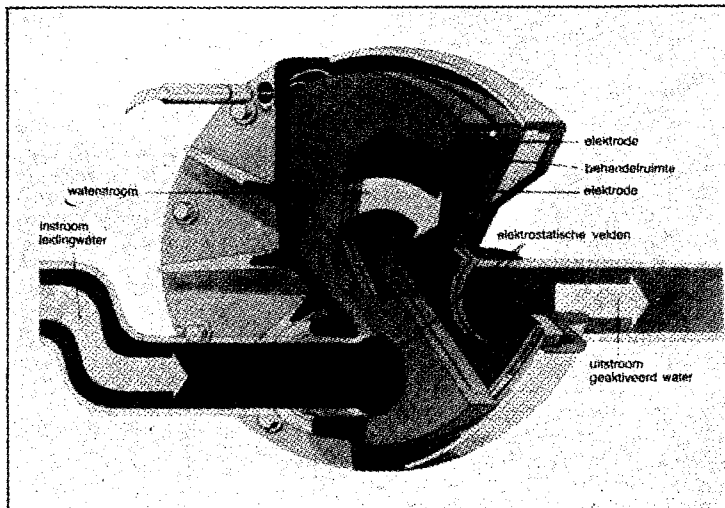
De Maitron bestaat uit een trommel die tussen de waterleiding wordt geplaatst. In het elektrische deel van Maitron wordt de normale netspanning van 220 volt tot een zeer hoge gelijkspanning omge-

voerd: in de kleine apparaten tot vierduizend volt in de grote apparaten tot zesduizend volt. Deze gelijkspanning voedt twee, door een speciale hars van het water geïsoleerde elektrode-platen. Daardoor ontstaat een zeer sterk elektrostatisch veld. Het leidingwater wordt zo beïnvloed dat zich reeds in het koude water kalkkristallen vormen die een zeer fijne, niet hechtende structuur hebben. Deze kalkkristallen worden door het stromende water meegespoeld en zetten zich niet aan.

Door de behandeling komt er koolzuurgas vrij die de reeds aanwezige kalk- en roestafzettingen langzaam oplost. Ook komt er een geringe hoeveelheid waterstofperoxide vrij, dat met het metaal van de leiding een dunne geoxideerde bescherm laag vormt in leidingen en apparaten. Kalk en roest kunnen zich dan niet meer afzetten.

Maitron werd in 1987 tijdens de in Brussel gehouden Eureka onderscheiden met de Gouden Medaille. In het juryrapport werd de vinding omschreven als revolutionair en milieuvriendelijk. De kleine en grote apparaten hebben beide een energieverbruik van vijf watt. Dit brengt ongeveer zeven gulden per jaar aan kosten met zich mee. Kalkvrije verwarmingselementen kunnen een energiebesparing opleveren tot ongeveer vijftig procent.

De werking van Maitron werd dit jaar wetenschappelijk aangetoond op de universiteit van Graz, waar drie boilers werden geïnstalleerd: twee voorzien van Maitron (een in werking, de ander uitgeschakeld), één zonder. Van de drie gebruikte boilers vertoonde alleen het verwarmingselement van de boiler, waarin Maitron was ingeschakeld,



De Maitron: water komt tussen twee platen in een elektrostatisch veld, waardoor kalkkristallen andere eigenschappen krijgen.

geén kalkaanslag. De verwarmingselementen van de beide andere boilers gaven duidelijk kalksteenvorming te zien.

Bij een ander onderzoek werd op een willekeurige plaats een stuk uit een veertig jaar oude loden leiding verwijderd en Maitron geplaatst. Na drie maanden werd het verwijderde stuk vergeleken met een nieuw stuk dat uit dezelfde leiding werd gehaald. De binnenkant van de oude loden waterleiding zag er, op enkele stukjes na, weer volkomen glad en als nieuw uit.

In Oostenrijk zijn in de afgelopen drieënhalve jaar elfduizend apparaten verkocht. Per maand gaan er nu ongeveer drie- à vierhonderd over de toonbank. In Nederland zijn er slechts vijfhonderd Maitrons gemonteerd, waarvan ongeveer driehonderd bij particulieren. Het apparaat kost 1950 gulden voor particulieren en 6500 gulden voor bedrijven, de montage komt op twee- tot driehonderd gulden. Door het ontbreken van bewegende delen die aan slijtage onderhevig zijn en doordat geen bacterievorming kan plaatsvinden, zitten er geen onderhoudskosten aan vast. Het elektrische gedeelte gaat twaalf tot vijftien jaar mee.

In Nederland is Maitron nog niet wetenschappelijk getest. De werking van het apparaat wordt volgens de Nederlandse importeur door de waterleidingswereld in Nederland volledig genegeerd. Diverse verzoeken aan het Keuringsinsti-

tuut voor waterleidingsartikelen (KIWA), Krachtwerktuigen en de afdeling analytische chemie van de TNO om onderzoek zijn afgewezen. En dat terwijl de importeur overtuigd is van de werking.

De Leeuw: „Een jaar geleden verzochten wij het KIWA te onderzoeken of het apparaat misschien stoffen aan het water toevoegt of onttrekt. Dat verzoek werd afgewezen. Het KIWA vertelde ons dat ze de eerste drie jaar geen tijd had voor een dergelijk onderzoek.”

Ook diverse verzoeken aan Krachtwerktuigen, de vereniging van bedrijven en instellingen voor energie en milieu, leverden niets op. Het apparaat werd niet getest. Deze week liet E. During, adviseur op het gebied van corrosie en waterbehandeling van Krachtwerktuigen, weten wel met De Leeuw in zee te willen gaan. During heeft volgens eigen zeggen nooit iets vernomen van de verzoeken van De Leeuw in het afgelopen jaar.

During: „Wij zijn nooit te beroerd om onderzoek uit te voeren, als De Leeuw de kosten maar betaald. Wij staan er niet afwijzend tegenover. Wij vertellen de bij ons aangesloten bedrijven en instellingen nu echter wel dat ze niet te veel van het bewuste apparaat moeten verwachten. Bij testen in het verleden is namelijk gebleken dat veel waterbehandelingsapparaten niet optimaal functioneerden.” Krachtwerktuigen en De Leeuw praten volgende week over een mogelijk onderzoek.

NOOIT MEER KALK IN DE WATERLEIDING

1. Geef de reactievergelijking voor de vorming van kalkaanslag in hard water.

In de derde alinea van het artikel wordt gesproken over "de mineralen calcium en magnesium".

2. Leg uit of dit juist is.

Twee regels verder staat vermeld: "Deze kristallen hechten snel aan in waterleidingen en huishoudelijke apparaten zoals kofffiezetapparaten".

3. Waarom hechten de kalkkristallen juist snel aan in kofffiezetapparaten e.a..

4.a. Geef aan wat de Maitron klaarspeelt

- 4.b. Leg uit of het leidingwater na de behandeling helder is.

In alinea vijf staat dat koolzuurgas kalk- en roestafzettingen weer oplost.

5. Geef voor beiden processen de reactievergelijking.

In de zesde alinea wordt gemeld dat kalkvrije verwarmingselementen energiebesparend werken.

6. Leg uit waarom dit zo is.

Ontharingscrèmes niet voor iedereen geknipt

Arthur van Zuylen

Vanwege hun schadelijke bijwerkingen zijn ontharingscrèmes in de VS geregistreerd als hoge risicoproducten. In Nederland moeten ze aan strenge eisen van het 'Stoffenbesluit Cosmetics' voldoen. Bij normaal gebruik zijn grote ongelukken daardoor onmogelijk, maar vervelende huidklachten zijn niet uit te bannen.

Dit schrijft drs. Jan Anne Annema (Stichting Natuur en Milieu) in de zojuist verschenen aflevering van de KNCV-reeks 'Chemische Feitelijkheden'.

Veel schoonheidsspecialisten en doe-het-zelvers gebruiken cosmetische ontharingsmiddelen om oksel-, been- en (onder invloed van de diep uitgesneden badmode) schaamharen te verwijderen. Het groeiende aantal vrouwen en mannen dat ontharings-

crèmes gebruikt, weet blijkbaar niet dat deze te boek staan als hoge risicoproducten.

Ontharingscrèmes bestaan uit water (ca. 60%), vet (ca. 25%), verdikkingsmiddel en emulgator (beiden ca. 5%). Voor de ontharende werking zijn een hoge pH en een 'actief bestanddeel' verantwoordelijk. Sterk alkalische stoffen als CaOH, KOH en SrOH zorgen voor een pH van 12,6-12,7. Als actief bestanddeel voegen producenten (aard)alkalisulfiden of zouten van thioglycolzuur toe.



Ontharingscrèmes kunnen soms tot huidirritatie leiden.

De werking van de crèmes is gebaseerd op eenvoudige chemische reacties. Hoofdbestanddeel van haar is keratine, een eiwit waarvan de peptidketens via een reeks zwavel- en waterstofbruggen met elkaar verbonden zijn. Door de hoge pH worden de waterstofbruggen verbroken. Thioglycolzuur, dat in basisch milieu een reductor is, verbreekt de zwavelbruggen. Na 10 tot 15 minuten is het keratine zo aangetast dat de haartjes bij de geringste beweging afbreken.

Ontharingscrèmes breken helaas niet alleen haar af; ook de huid heeft er onder te lijden. De hoornlaag bestaat net zoals haar voornamelijk uit keratine en wordt dus eveneens aangetast. Andere bijwerkingen zijn huidirritaties door de thioglycol-verbindingen en overgevoeligheid van de huid door de hoge pH.

Annema: 'Ontharen met een hars of met behulp van mechanische middelen is in veel gevallen minder problematisch, maar het veiligst is natuurlijk om haar gewoon te laten staan'.

1. Waarom wordt een emulgator aan de crèmes toegevoegd?
2. Waarom wordt er een verdikkingsmiddel aan de crèmes toegevoegd?
3. Welke fouten staan er in het zinnetje: " Sterk alkalische stoffen als CaOH,..... 12,6-12,7."
4. Geef de formule van een alkalisulfide en van een aardalkalisulfide.

Het hoofdbestanddeel van haar is het eiwit keratine. Keratine is opgebouwd uit de aminozuren als cysteine, tyrosine, glutaminezuur en lysine.

5. Teken een stukje van de polypeptideketen, waarbij elk der bovenstaande aminozuren een keer voorkomt.
6. Welk van de genoemde aminozuren draagt zorg voor de zwavelbruggen in keratine.

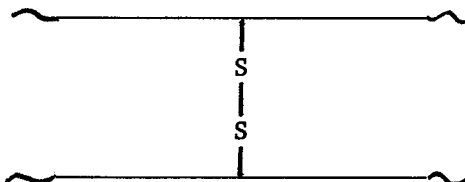
Ontharingscrèmes hebben een hoge pH. Het artikel geeft twee redenen voor deze hoge pH.

7. Geef deze twee redenen.

8. Leg uit waarom bij hoge pH de waterstofbruggen tussen de peptideketens verbroken worden.

Thioglycolzuur heeft als formule $\text{HS-CH}_2\text{-COOH}$. Als thioglycolzuur als reductor optreedt ontstaat $\text{HOOC-CH}_2\text{-S-S-CH}_2\text{-COOH}$.

Zwavelbruggen in een eiwit kan men als volgt voorstellen (waarbij de rechte strepen aminozuurketens zijn):



9. Geef met behulp van halfreacties een vergelijking voor het verbreken van de zwavelbruggen.

Plas bij Reeuwijk wordt gedefosfateerd met ijzerchloride

Van onze verslaggever

AMSTERDAM — Het baggerbedrijf Volker Stevin gaat de komende weken de plas Groot Vogelenzang bij Reeuwijk van fosfaat ontdoen. Dit gebeurt met een speciaal ontworpen vaartuig waarmee ijzerchloride in de bodem wordt geïnjecteerd. Het ijzer bindt het fosfaat. Het is voor het eerst dat deze methode op zo'n grote schaal in Nederland wordt toegepast.

De plas Groot Vogelenzang bevat te veel fosfaten, afkomstig van aangrenzende woningen die nog ongezuiverd lozen in de plas. Er is daardoor in de loop der jaren een overmatige algengroei ontstaan. Het water is daardoor troebel geworden wat het ecosysteem heeft aangetast. Er groeien nagenoeg geen waterplanten meer. Dat heeft geleid tot een onevenwichtige visstand. Ook voor de recreatie is troebel water niet aantrekkelijk.

In opdracht van het hoogheemraadschap van Rijnland en de Dienst Binnenwateren van Rijkswaterstaat is een plan ontwikkeld om de fosfaatconcentratie in het water en in de bodem terug te dringen. Voor dit proefproject is tweehonderdduizend gulden uitgetrokken. Er zal ijzerchloride, opgelost in water, onder druk de bodem in worden gespoten.

Een deel van het bodemslib wervelt op waardoor een goede menging ontstaat en het fosfaat optimaal zal reageren met het ijzerchloride. Het gevormde ijzerfosfaat slaat neer op de bodem. Er zal meer ijzerchloride in de bodem worden gespoten dan nodig is. Het voordeel van de methode is dat er niet via duur baggeren bodemslib behoeft te worden afgevoerd.

Het fosfaatgehalte van veel meren is te hoog.

1. Waarom is een te hoog fosfaatgehalte schadelijk?

De waterzuiverings-installaties defosfateren het rioolwater, zodat minder fosfaat wordt aangevoerd. Toch daalt het fosfaatgehalte in veel meren niet of nauwelijks. Uit onderzoek blijkt dat veel fosfaat dat in het verleden werd aangevoerd, is gebonden in het bodemslib. Nu minder fosfaat wordt aangevoerd gaat dat fosfaat geleidelijk in oplossing.

Op deze manier zal het erg lang duren voordat het fosfaatgehalte van de meren inderdaad daalt. Een rigoureuze, maar dure aanpak wordt genoemd in de laatste zin van het artikel.

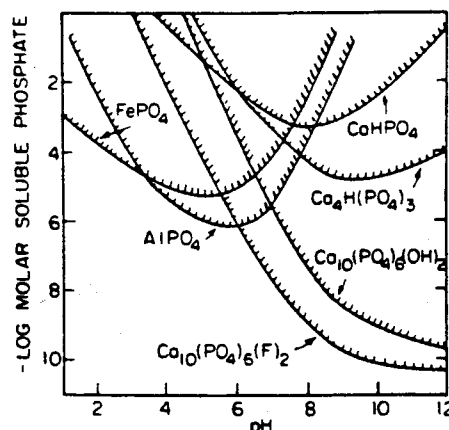
2. Welke aanpak is dat?

3. Behalve de hoge prijs kleven er meer nadelen aan deze aanpak. Noem nog een nadeel.

Om het fosfaat in meren te binden komen vooral in aanmerking zouten van

Ca^{2+} , Fe^{3+} en Al^{3+} . De oplosbaarheid van deze drie zouten is onderzocht. Het blijkt dat daarbij de pH een belangrijke rol speelt. Deze grafiek is overgenomen uit een publikatie van zo'n onderzoek.

grafiek 1



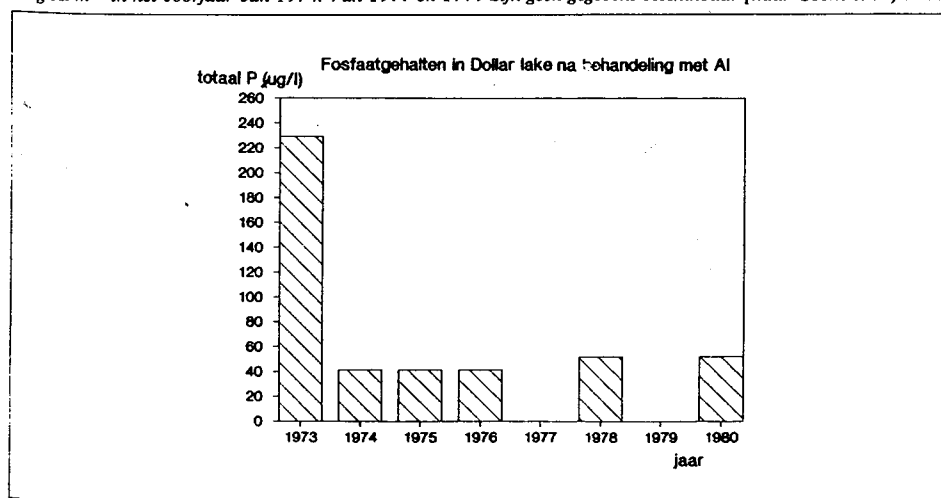
4. Bij welke pH is de oplosbaarheid van aluminiumfosfaat minimaal volgens de grafiek?
5. Bereken bij deze pH de $[\text{PO}_4^{3-}]$ in een verzadigde oplossing. Gebruik daarbij de grafiek.
6. Je ziet dat het minimum in de curve van AlPO_4 verder naar rechts ligt dan in de curve van FePO_4 . Probeer daarvoor in BINAS een argument te vinden.

In praktijk is gewerkt zowel met toevoegen van aluminiumzouten als met toevoegen van ijzer (III) zouten.

7. Beide methoden hebben een belangrijke nadeel: de pH van het water van de meren mag niet te laag worden (zure regen!). Wat gaat er mis als de pH te ver daalt?

Het Dollar Lake in Amerika is in 1973 behandeld met een aluminiumzout. In de daaropvolgende jaren is het fosfaatgehalte steeds gecontroleerd:

- Zomer gemiddelde totaal fosfaat gehalten in Dollar Lake (USA) gedurende zes jaar na behandeling met 21 g Al m^{-3} in het voorjaar van 1974. Van 1977 en 1979 zijn geen gegevens beschikbaar [naar Cooke et al., 1986].



grafiek 2.

8. Boven de grafiek staat aangegeven hoeveel aluminiumionen aan het meer zijn toegevoegd. Bereken hoeveel procent van het toegevoegde 'aluminium' is gebruikt om het fosfaat te binden. Gebruik daarvoor de fosfaat-afname tussen 1973 en 1974.

Nederland opkrikken via chemische reactie

door Hans Schmit

UTRECHT – Een jaar of twee terug werd de geochemicus Olaf Schuiling voor dag en dauw wakker, waarna hij tevergeefs trachtte de slaap weer te vatten. In de paar uur die hem van het opstaan scheidden, groeide een idee dat ook hem in eerste instantie met verbazing en ongeloof vervulde.

De ingeving van de nu 57-jarige hoogleraar aan het Instituut voor aardwetenschappen van de Utrechtse universiteit is gebaseerd op een eenvoudig chemisch proces, dat echter een bijdrage lijkt te kunnen leveren aan de verdediging tegen een milieuprobleem van mondiale omvang: de stijging van de zeespiegel.

Eerst de chemische reactie: calciumcarbonaat (CaCO_3) reageert gemakkelijk met zwavelzuur (H_2SO_4) tot een waterhoudend calciumsulfaat, dat iedereen kent als gips en dat vele toepassingen kent. In de bouw bijvoorbeeld, maar ook in de gezondheidszorg, ter ondersteuning van gebroken ledematen.

Het aldus gevormde gips is in volume ruim twee keer zo groot als het calciumcarbonaat, dat we ook kennen als kalksteen. De volume-toename bij deze chemische reactie is niets nieuws en algemeen bekend – het nieuwe schuilt hem in de gedachte om van dit effect gebruik te

maken bij geochemisch ingenieurswerk.

Kalksteen bevindt zich in ruime mate in de Nederlandse bodem. In het zuiden van Limburg ('het mergelland') liggen de kalksteenlagen zelfs aan de oppervlakte of vlak daaronder.

Maar ook in het westelijk deel van Nederland, dat het sterkst met bodemdaling en zeespiegelstijging wordt geconfronteerd, liggen de kalksteenlagen op makkelijk toegankelijke dieptes: tussen 500 en 1 200 meter.

Opzwellen

Prof. dr. Schuiling: „Het is technisch heel simpel met bestaande boortechnieken deze lagen te bereiken. Wanneer je via deze boringen zwavelzuur injecteert, gaat het kalksteen opzwellen. Omdat het niet zijwaarts en niet naar beneden kan uitwijken, drukt het uitzettende kalksteen de bovenliggende lagen omhoog.”

Bij de reactie komen grote hoeveelheden koolzuurgas vrij. Dat kan echter geen kwaad, terwijl het gas bovendien het opkrikkend effect versterkt.

Er gebeurt volgens prof. Olaf Schuiling het omgekeerde van wat bij de gaswinning in het noorden plaatsvindt, waar de exploitatie van het Slochteren-veld tot daling van de bodem leidt.

Levert het opkrikken van de bodem dan geen aardbreuken op; met als gevolg verzakkende huizen, scheurende wegen en wat dies meer zij?

Nee, meent Schuiling: in de natuur is ook sprake van lokale rijzingen van gesteenten, dat gaat zeer geleidelijk, zonder dat dit soort problemen ontstaan. Bovendien kan met de bestaande boortechnieken zeer nauwkeurig worden gewerkt, terwijl het proces ook uiterst zorgvuldig kan worden gedoseerd.

Politieke problemen

De problemen liggen dan ook niet op het technische vlak, meent Schuiling, maar zijn eerder van politieke aard: „Het is wat ongebruikelijk om voor te stellen Nederland te laten opzwellen. Je sleutelt aan het milieu, je brengt chemicaliën in de grond en dat roept bezwaren op.” „Maar die stoffen worden geneutraliseerd en vastgelegd in gipsgesteente – een gewone geologische formatie, zij het dat die nog nooit door mensen is gemaakt.” Schuiling denkt twee vliegen in één

klap te kunnen slaan, wanneer gebruik wordt gemaakt van industriële afvalzuren, onder meer van de kleurstof- en kunstmestindustrie.

„Deze worden deels nog in de Noordzee geloosd, maar daar worden vanwege de grote milieubezwaren terecht steeds sterkere beperkingen aan gesteld. Er moeten dure oplossingen op het land worden gezocht, waaraan milieubezwaren kleven.”

„Wanneer deze zuren, vermengd met technisch zwavelzuur, worden geïnjecteerd, slaan de verontreinigingen echter neer en worden in onoplosbare vorm, als vaste mineralen, in de gipsformatie vastgelegd.”

Experimenten

Experimenten in het laboratorium van het instituut zijn tot nu toe geslaagd te noemen, zodat de vraag rijst waar de methode in de praktijk op haar bruikbaarheid kan worden getoetst.

Schuiling: „Ons instituut kan dat niet, dat kan alleen via Rijkswaterstaat of een grote oliemaatschappij. Je kunt denken aan het oosten van Ameland: dat moet, als je mij mijn gang laat gaan, binnen een jaar een meter omhoog kunnen.”

Wanneer praktijkproeven gunstig uitvallen, denkt Schuiling dat in Nederland een goed scenario tegen de zeespiegelstijging kan worden opgezet.

Omdat in ongeveer eenderde van de bedreigde gebieden niet voldoende kalksteen aanwezig is om de gewenste rijzing te bereiken, zou de nieuwe methode moeten worden gecombineerd met beproefde technieken als dijkversterking.

Zo'n alternatief scenario voor de kustverdediging kan minstens net zo snel en in ieder geval goedkoper worden uitgevoerd dan ophoging van de Deltadijken.

Zijn er in een dichtbevolkt en volgebouwd land als Nederland nog vele onbekende risico's aan de 'methode-Schuiling' verbonden – voor de Maladiven bijvoorbeeld, een grote groep kleine en veelal onbewoonde koraaleilanden die binnen een eeuw onder de zeespiegel dreigt te verdwijnen, kan injectie van zwavelzuur wellicht het laatste redmiddel zijn.

En Japan zou een wegzakken koraaleiland in de Zuidchinese zee kunnen opkrikken om daarmee de visgronden rond dit onbewoonde stipje kunnen behouden.

Trouw 30 nov. 1989

NEDERLAND OPKRIKKEN VIA CHEMISCHE REACTIE

1. Geef de vergelijking van de reactie waarbij calciumsulfaat wordt gevormd uit calciumcarbonaat en zwavelzuur-oplossing.

In het artikel staat gips beschreven als 'waterhoudend calciumsulfaat'.

- 2.a. Geef met behulp van BINAS tabel 102 de formule van gips.
b. Laat met een berekening zien dat de molmassa van gips 172,2 g is.

In BINAS tabel 10 zijn dichtheden van stoffen gegeven. Calciumcarbonaat is hier opgenomen als calciëet.

3. Ga met behulp van deze tabel na of de bewering klopt dat het volume van het gevormde gips tweemaal zo groot is als het volume van het calciumcarbonaat.

Volgens Schuiling zijn er geen technische problemen.

4. Wat zijn volgens hem de enige problemen? Geef hierop je commentaar.
5. Wat zijn de milieubezwaren voor lozingen in de Noordzee?

Stel je voor dat we de Nederlandse kustlijn verhogen met een dijk die 6 meter breed en 6 meter hoog is. Neem aan dat de kustlijn van Nederland 400 km lang is.

6. Bereken hoeveel kg zwavelzuur nodig is om een de kustlijn van Nederland zo op te krikken.

Het geheim van de superkat

Lang heeft het SMDS-project binnen Shell een diep verborgen leven geleid. 'Er werd gevraagd of je er zelfs met je vrouw niet over wilde praten', herinnert een van de projektdeelnemers zich deze tijd van zwijgen. En pas in 1985 werden interne technische publikaties over het proces gedeklassificeerd van 'most confidential' naar het minder zware 'confidential'. Zelfs nu nog, terwijl het groene licht voor de bouw van een \$660 miljoen kostende fabriek in het Maleisische Bintulu officieel en in het volle schijnsel van de openbaarheid is gegeven, blijven essentiële delen van dit proces, waarbij aardgas wordt omgezet in de midden-distillaten diesel en kerosine met nog wat nafta, verborgen voor de spiedende blikken van de concurrentie. Vragen naar de samenstelling van de voor het proces ontwikkelde synthese-katalysator bijvoorbeeld is even inhoudsvol als het uitschrijven van een kampioenschap tijgerjacht op Terschelling.

Als ergens bewezen wordt dat regeren vooruitzien is, dan is het in de olie-industrie. Een voorbeeld is de dit najaar in Maleisië in aanbouw genomen SMDS-fabriek (Shell Middle Distillate Synthesis Process). Eind 1992 zal daar uit aardgas dieselolie, kerosine en nafta worden gemaakt. Bakermat is het Shell-laboratorium in Amsterdam, waar het project geboren werd in het vroege voorjaar van 1973.

Diesel, blank als bronwater

Diesel staat onder milieudruk, vooral vanwege de roetuitstoot. Bovendien ruikt het produkt sterk. Maar neem dan een kolf met diesel die via het SMDS-proces is gemaakt uit aardgas; blank als bronwater en volstrekt reukloos. De reden? In het syntheseproces ontstaan zuivere paraffinen die geen zwavel en stikstof bevatten, en evenmin aromaten. Die laatste groep zorgt voor roet en rook bij de verbranding.

Shell-VENSTER nov./dec. 1989

1. De superkat is blijkbaar de katalysator die gebruikt gaat worden voor het proces. Leg uit waarom een bedrijf daarover zo geheimzinnig doet.
2. Dit artikel gaat over dieselolie uit aardgas. Op welke manier wordt gewone dieselolie verkregen in de olie-industrie?
3. Geef drie redenen waarom de 'diesel blank als bronwater' het milieu minder zal vervuilen dan gewone dieselolie.

Het SMDS-proces

De omzetting van aardgas in midden-distillaten volgens het Shell Middle Distillate Synthesis Process (SMDS) gebeurt in drie fasen. De eerste stap is het maken van synthesesgas (volgens de chemische formule $\text{CH}_4 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{CO} + 2\text{H}_2$ door middel van partiële oxidatie bij een temperatuur van ongeveer 1.200 graden. Bij een SMDS-complex hoort dan ook een grote zuurstoffabriek.

Fase twee is het omzetten van synthesesgas volgens de Fischer-Tropsch reactie (met de chemische formule $n\text{CO} + 2n\text{H}_2 \rightarrow (\text{CH}_2)_n + \text{H}_2\text{O}$). In lange, verticaal opgestelde stalen pijpen (vele duizenden per reactor) bevindt zich de 'superkat', de door Shell ontworpen katalysator waarop lange, lineaire koolstofketens groeien. De range van moleculen die je kunt maken ligt tussen de C_1 en maximaal C_{150} . De katalysator zorgt ervoor dat de groeikans van de ketens zo groot mogelijk is.

4. In de eerste regel staat dat men 'midden-destillaten' maakt. Leg uit hoe men aan deze naam is gekomen.
5. Bij het complex hoort een 'grote zuurstoffabriek'.
 - a. Uit welke grondstof zal men grote hoeveelheden zuurstof bereiden?
 - b. Op welke manier kan men zuurstof hieruit isoleren?
6. Voor fase een en twee zijn twee reactievergelijkingen gegeven.
 - a. De vergelijking van de reactie in fase twee is niet kloppend. Schrijf hem over en maak hem kloppend.
 - b. Ga na wat de uitgangsstoffen en wat de produkten zijn van fase een en twee.

SUPERKAT

De synthese van koolwaterstoffen door middel van de Fischer-Tropsch reactie is een exotherm proces waarbij de vrijkomende hitte wordt afgevoerd met hulp van kokend water in een zogeheten vastbed-buizen-reactor. Het kokend water wordt daarna gebruikt voor opwekking van stoom waarmee elektriciteit wordt gemaakt. Een SMDS-fabriek is geheel selfsupporting met de energievoorziening. 'We weten van onze synthesesekatalysator inmiddels dat hij heel stabiel is', aldus senior engineer Manufacturing Sytze Posthuma. 'Dat betekent dat hij heel weinig hoeft te worden ge-

wisseld. We begonnen met een kat die drie maanden leefde, toen gingen we naar een half jaar en nu is het langer dan een jaar, veel langer zelfs al. Na gebruik zal de kat naar Europa worden teruggestuurd om gerecycled te worden. We hebben met het totale ontwerp van de fabriek de Europese en Amerikaanse milieu-eisen aangehouden'.

Bij de Fischer-Tropsch reactie (in het Shell-proces wordt zij Heavy Paraffin Synthesis genoemd) ontstaat zeer veel water. Op elke ton produkt levert een SMDS-fabriek 1,35 ton water. Bintulu is ontworpen voor 470.000 ton produkt per jaar. Het proceswater wordt gereinigd (*stripping*) van alcoholen waarna micro-organismen in een waterzuivering de kwaliteit op een niveau brengen dat op zee geloosd kan worden. In woestijngebieden kan dit water gebruikt worden voor bevoeiing.

7. In de tekst staat dat de fabriek voor energie 'selfsupporting' is. Maak een kringloopschema waarin de verschillende soorten energie staan die tijdens dit proces in elkaar worden omgezet.

Een katalysator wordt niet verbruikt bij een reactie. Toch is men trots dat de superkat langer dan een jaar meegaat.

8. Waardoor kan een katalysator een beperkte levensduur hebben?
9. 'Op elke ton produkt ontstaat 1,35 ton water'. Dit kun je controleren met de gegeven reactievergelijking. Laat zien dat dit ongeveer juist is.
10. Beredeneer hoe alcoholen kunnen ontstaan bij dit proces.

Typistes stoppen met snuiven



Op honderdduizenden Nederlandse bureaus staan evenzovele plastic flesjes met vergif. Correctievloeistof heet dat spul en het wordt gebruikt als er een typefout is gemaakt. Dan smeert de typist (m/v) met een kwastje wat vergif over de tekst en de fout verdwijnt onder een laagje witte lak. Mooi, maar ongezond. De correctievloeistof bevat namelijk een levensgevaarlijk oplosmiddel: 1.1.1.-trichloorethaan. Het is wettelijk verplicht om de gebruikers daarvoor te waarschuwen en daarom staat op de verpakking een oranje vierkant met een kruis erin en het woord 'schadelijk'. Bovendien wordt in kleine lettertjes vermeld dat inademing gevaarlijk is. Het oplosmiddel verdampt echter zo snel dat gebruikers altijd wel wat inademen. De inhoud van het flesje verdroogt door die verdamping en de vloeistof wordt steeds stroperiger.

Geen nood, zegt de fabrikant, er is ook verdunner te koop. Dat is nog veel erger gif, want de flesjes verdunner bevatten nog veel meer oplosmiddel!

Wie mooie brieven wil tikken, maar ook gezond wil blijven én het milieu liefheeft, koopt voortaan een ander correctiemiddel. Sinds kort is er een flesje op de markt met minder schadelijke inhoud: Cancel. Daar zit bovendien een stalen schutkogeltje in, dat ervoor zorgt dat de hele inhoud opgebruikt kan worden zonder toevoeging van verdunner. Als iedereen op deze milieuvriendelijker correctievloeistof overstapt, dan bespaart dat per jaar 10.000 liter trichloor. Denk daaraan als u een typefout wilt wegwerken. Koop voortaan tri-loze correctielak (en ruik *nooit* aan flesjes met zo'n oranje waarschuwingsteken!).

*Vroege vogels, zondag,
Radio 2, 8.02-10.00 uur*

De meeste leerlingen gebruiken wel eens een korrektievloeistof (zoals Tipp-ex) om hun "fouten" weg te werken.

Een korrektievloeistof (een witte suspensie) lijkt wel wat op verf. Het bestaat evenals verf uit een (witte) kleurstof (= pigment), een kleurloos bindmiddel en een kleurloze verdunner. Het pigment dient om een gemaakte fout op een stuk papier te bedekken. Op de verkregen deklaag is nu weer te schrijven of te typen.

Niet iedere stof is geschikt om als pigment te gebruiken.

Zo is wit koper(II)sulfaat (CuSO_4) niet geschikt om als pigment te gebruiken.

1. Leg uit waarom wit koper(II)sulfaat niet geschikt is als pigment.

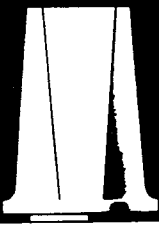
De inhoud van een nieuw flesje korrektievloeistof bestaat voor ongeveer 35 massa % uit pigment. Een veel gebruikt pigment is titaandioxide, ook bekend als titaanwit in verf.

2. Geef de formule van titaandioxide.
3. Leg uit dat de naam titaandioxide volgens de chemische naamgeving fout is. Geef de juiste naam.

Het grootste deel van de korrektievloeistof bestaat uit zogenaamde verdunner. De verdunner zorgt voor een fijne verdeling van het pigment en het bindmiddel.

4. Leg uit dat je beter van verdunner kunt spreken dan van oplosmiddel.

De merken Tipp-ex en Aspa gebruiken 1,1,1-trichloorethaan als verdunner, zoals je hieronder kunt zien in de afbeelding van de verpakkingen.

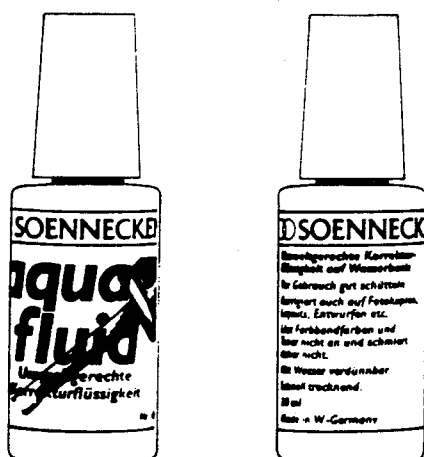
 SCHADELIJK		sneldrogend
Onbreekbaar kunststof flesje, loopt bij omvallen niet leeg. Bevat 1.1.1-trichloorethaan. Schadelijk bij inademing en opname door de mond. Aanraking met de ogen vermijden. Buiten bereik van kinderen bewaren. Niet brandbaar.	ASPA KORREKTIE VLOEISTOF	Aspa korrektievloeistof corrigeert fouten op originelen. Aspa korrektievloeistof geeft een glad oppervlak en bladdert niet. Indien nodig verdunner in kleine hoeveelheden toevoegen. Sommige soorten kunststof kunnen door de vloeistof aangetast worden.
Bestelnr. 78 13 38	voor originelen	20 ML



Inhoud:	1 Flesje Tipp-Ex fluid 20 ml e 1 Flesje Tipp-Ex verdunner 20 ml e
 Schadelijk	Korrektie-vloeistof. Schadelijk bij inademing en opname door de mond. Buiten bereik van kinderen bewaren. Aanraking met de ogen vermijden. Bevat: 1.1.1-Trichloorethaan.
A West German Product	

5. Geef de structuurformule van 1,1,1-trichloorethaan.

Het merk Aqua Fluid gebruikt als verdunner water en wordt daarom door de fabrikant als milieuvriendelijker aangeprezen.



SOENNECKEN aqua fluid Umweltgerechte Korrekturflüssigkeit Nr. 4182	SOENNECKEN Umweltgerechte Korrekturflüssigkeit auf Wasserbasis. Vor Gebrauch gut schütteln. Korrigiert auch auf Fotokopien, Layouts, Entwürfen etc. Löst Farbbandfarben und Toner nicht an und schmiert daher nicht. Mit Wasser verdünnbar. Schnell trocknend. 20 ml. Made in W-Germany 5040 Bergisch Gladbach
--	--

Het merk Cancel gebruikt weer een andere verdunner, namelijk: benzine. Benzine is een mengsel van alkanen (C_5H_{12} t/m $C_{10}H_{22}$). Voor deze opgave gaan we er vanuit dat benzine alleen heptaan (C_7H_{16}) bevat.

Inhoud: 20 ml
Schudden tot het kogeltje hoorbaar is.
Burensma II.V.
Badhoevedorp



50% Titaandioxide
10% Acrylhars
40% Benzine (Petroleum spirit)

Nadat de korrektievloeistof op het papier is gebracht verdampt de verdunner bij kamertemperatuur aan de lucht.

6. Geef voor de drie verdunningsmiddelen, 1,1,1-trichloorethaan, water en benzine aan
- * welke krachten tussen de molekulen een rol spelen;
 - * hoe deze krachten worden verklaard;
 - * welke het beste/slechtste verdampt;
- Antwoord toelichten.

Een flesje Aqua Fluid is voor de helft leeg en wat ingedroogd. Het handigst is natuurlijk om water toe te voegen.

7. Leg uit of men de verdunner van Tipp-ex/Aspa of de verdunner van Cancel ook kan gebruiken voor Aqua Fluid.

Bij normaal gebruik van korrektievloeistoffen bestaat er volgens onderzoek geen gevaar voor de gezondheid. De hoeveelheid verdunner die door korrektiewerk in de werkruimte of bijvoorbeeld in een klas komt is over het algemeen veel kleiner dan de zogenaamde Maximaal Aanvaardbare Concentratie (afgekort: MAC).

De MAC waarde voor 1,1,1-trichloorethaan is $1,08 \text{ g/m}^3$.

Zoals je ziet bevat één flesje verdunner 20 ml 1,1,1-trichloorethaan.

De dichtheid van 1,1,1-trichloorethaan is $1,34 \text{ g/cm}^3$.

8. Bereken uit hoeveel flesjes 1,1,1-trichloorethaan de inhoud volledig mag verdampen voordat in het scheikundelokaal (inhoud = 320 m^3) de MAC-waarde wordt overschreden.

GROOTSTE MOLEKUUL

In onderstaand krante-artikel wordt bericht over het grootste molecuul ooit gemaakt. In de tekst staat de molecuulformule vermeld.

1. Bereken de molecuulmassa van het grootste molecuul ooit gemaakt.
2. Bereken het massapercentage koolstof in het grootste molecuul ooit gemaakt.

NRC 21 nov. 1989

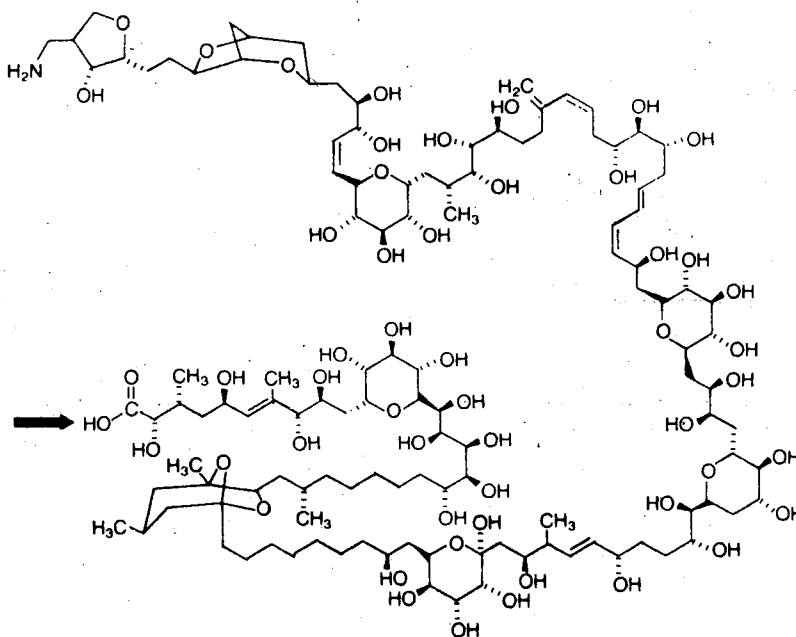
Harvard synthetiseert palytoxine, grootste molecuul ooit gemaakt

Na acht jaar werk met een heel leger-tje van promovendi en postdocs is de chemicus Yoshito Kishi er in geslaagd om het molecuul palytoxine te synthetiseren. Het is het grootste organische molecuul ooit door mensen gemaakt. De verbinding, met de formule $C_{129}H_{223}O_{54}$, is een onmiddellijk dodelijk gif, geïsoleerd uit een koraal in Hawaï, dat slechts voorkomt in één enkele getijdenpoel.

Dat palytoxine het absolute record betekent op het gebied van organische synthese, mag alleen al blijken uit het astronomische aantal mogelijke

isomeren: meer dan 10^{21} . Om de enige goede daaruit te maken, volgden Kishi en zijn medewerkers een strategie, waarbij ze eerst acht afzonderlijke delen van het molecuul synthetiseerden en die vervolgens aan elkaar koppel-

den. De drijfveren van het team waren volgens Kishi tweeledig. Ten eerste willen ze delen van de verbinding systematisch kunnen veranderen om te bestuderen hoe het interacties aangaat met biologische systemen (met andere woorden hoe het gif werkt). De tweede is zuiver *art pour l'art*. Kishi: "Het is altijd belangrijk om te laten zien wat je kunt doen met de huidige organische synthese. Dit wordt een nieuwe standaard voor hoe ver je kunt gaan." (*Science*, 6 okt.)



Palytoxine carboxylzuur (carboxylgroep is aangegeven met pijl).

KERAMIEK

Koper is een metaal.

1. Geef de namen en de symbolen van nog 5 metalen.

De stof koper kan ontstaan als koperoxide verwarmd wordt met de stof koolstof. Behalve koper ontstaat dan ook koolstofdioxide.

2. Geef een reaktieschema in woorden en symbolen.

Metalen worden bijvoorbeeld gebruikt bij de bouw van diesel- en benzinemotoren; in het Energieonderzoekscentrum in Petten wordt onderzocht of keramische materialen ook voor dat doel gebruikt kunnen worden.

Lees onderstaand artikel 'Keramiek' over deze ontwikkeling.

Volkskrant 15 febr. 1989

Keramiek

Bij het Energieonderzoekscentrum in Petten wordt met financiële steun van het ministerie van Onderwijs en Wetenschappen een Nationaal Keramisch Atelier ingericht. In dat atelier kunnen bedrijven, onderzoeksinstituten en onderzoeksgroepen van TH's terecht voor nader onderzoek op het gebied van technisch keramiek. Het atelier moet dit jaar in gebruik komen.

Keramische materialen zijn bestand tegen hoge temperaturen en bestendig tegen aantasting door agressieve stoffen. Hierdoor hebben ze betere eigenschappen dan de nu gebruikte metalen. Keramische materialen kunnen een revolutie teweeg brengen in de bouw van diesel- en benzinemotoren. Het gaat om verbindingen van bijvoorbeeld aluminiumoxyde, siliciumoxyde en siliciumnitride.

De oprichting van het atelier maakt onderdeel van de deze week bekend gemaakte plannen van de overheid tot en met 1988 jaarlijks extra 13 - 15 miljoen gulden uit te trekken voor onderzoek naar en toepassing van nieuwe materialen. Daaronder vallen naast de keramische materialen, ook nieuwe kunststoffen, geavanceerdere metalen en composieten die worden gebaseerd op supersterke vezelmaterialen.

Bij de produktie van de betreffende keramische materialen laat men drie stoffen reageren, waaronder siliciumnitride. Siliciumnitride is een samengestelde stof met de elementen silicium en stikstof.

3. Geef siliciumnitride in symbolen weer.
4. Geef een mogelijke formule van het keramisch materiaal dat ontstaat.
5. Noem twee redenen waarom keramisch materiaal in dit verband de voorkeur verdient boven metaal.

Felix Eijgenraam

Bierschuimdynamica

Ach, je raakt er aan gewend om 's ochtends op je werk je eerste biertje open te trekken", zegt dr. Lex Ronteltap (32). Zo'n tweeduidend pijpjes joeg hij er gedurende zijn promotie-onderzoek doorheen, zonder dat hij door zijn hoogleraar op de vingers werd getikt. De geestrijke inhoud verdween dan ook niet in zijn keel, maar door de gootsteen. Onlangs (1 december) promoveerde Ronteltap in Wageningen op de *fysica van bierschuim*. Hij is inmiddels in dienst bij de bierbrouwer die zijn onderzoek steunde. De fundamentele belangstelling van deze brouwerij voor het gedrag van bierschuim is allerminst uniek: overal ter wereld wordt onderzoek gedaan naar het gedrag van de schuimkraag. Immers, deze bepaalt het uiterlijk van het pilsje en dat uiterlijk wordt erg belangrijk gevonden door de consument.

Ronteltap: "Het onderzoek naar de schuimvorming van bier spitst zich traditioneel toe op de chemische eigenschappen. Maar dat is maar de helft van het verhaal. Zeker zo be-

ten alvorens de kraag tot een dun vliesje ineenzakt. Over het algemeen neemt de drinker in die tijdsspanne zijn eerste slok, waarbij het kraagje weer gedeeltelijk regenereert. De dikte van de schuimlaag neemt ruwweg af volgens een e-macht en de kraag heeft dan ook net als radioactieve elementen een karakteristieke *halfwaardetijd*. Bij een goed vetvrij glas bedraagt deze soms 100 seconden.

In bierschuim komen twee soorten belletjes voor. Koolzuurbellen met een diameter van ongeveer 0,1 milliliter komen vrij uit het met CO₂ oververzadigde bier zelf. Luchtbelletjes worden er tijdens het schenken of tappen ingeslagen. Ronteltap: "De luchtbelletjes zijn groter dan koolzuurbellen en hebben een versturende werking op het schuim. Ze zijn ongewenst. Bij een tappilse ontstaan er relatief weinig van, tenzij er te veel turbulentie ontstaat doordat de kroegbaas het glas te laag onder de tap houdt. Omdat de koolzuurbellen van onderen aangroeien en koolzuurgas iets zwaarder is dan lucht, nestelen de luchtbelletjes zich voornamelijk bovenop de kraag. Je krijgt ze makkelijk weg door het glas even te laten staan en vervolgens de top af te spatelen. Bij het *inschenken* van een glas daarentegen is de vorming van luchtbelletjes moeilijk te vermijden. Een schenkglas ziet er daarom altijd minder goed uit dan een tappilse, al valt er toch ook nog best iets moois van te maken."

5 bar

Het opgeloste CO₂-gas in het bier is het product van de biërgisting. Bij de meeste bieren laat men de gisting doorgaan tot er in de ketel een dampspanning van zo'n 5 bar heerst (de drukkeheid *bar* is praktisch gelijk aan de inmiddels afgeschafte atmosfeer; 5 bar is dus ongeveer 5 maal de atmosferische druk). Zodra het bier in het glas onder de normale atmosferische druk van 1 bar staat, komt er net zo lang CO₂-gas uit de oplossing vrij tot zich een evenwicht instelt.

De schuimvorming is, zoals elke biërdrinker uit ervaring weet, sterk temperatuurafhankelijk. Hoe hoger de temperatuur, hoe lager de oplosbaarheid van het CO₂-gas en dus hoe meer schuim. Bij een lauw getapt biertje is de schuimkolom in het glas al vlug hoger dan de bierkolom zelf. Omgekeerd ontstaat bij te koud geserveerd bier te weinig schuim. De optimale temperatuur van een standaard pilsener biertje bedraagt 6 tot 8 graden Celsius, hetgeen doorgaans op flesjes staat aangegeven.

Is de dynamica van de bellevorming bepalend voor het ontstaan van een schuimkraag, niet minder belangrijk voor de stabiliteit is de *afbraak* ervan. Bij de desintegratie van bierschuim spelen drie fysische processen een rol: drainage, coalescentie en disproportionalering. *Drainage* is het wegsijpelen van de



Foto Chris de Jongh

biervloeistof uit de tussenwandjes tussen de belletjes. Aanvankelijk bestaat het volume van de schuimkraag voor ongeveer 70 procent uit gas en voor 30 procent uit vloeistof, maar na drie tot vier minuten vernadert die verhouding tot 90-10. Als gevolg van drainage stijgt het grensoveroppervlak tussen bier en schuimkraag in een glas met een of enkele centimeters.

De dikte van de vloeistofwandjes tussen de belletjes is aanvankelijk grofweg 10 micrometer (0,01 millimeter), maar loopt geleidelijk een factor honderd terug tot ongeveer 100 nanometer. In het begin zit er zoveel vloeistof in de kraag, dat de belletjes nagenoeg *sferisch* (rond) zijn, later vervormen ze tot *polyeders* en voegen ze zich tot een min of meer regelmatig driedimensionaal, honingraatpatroon.

Drainage is het gevolg van twee krachten: zwaartekracht en capillaire werking. Het drainageproces is sterk afhankelijk van de temperatuur, wat samenhangt met de *viscositeit* die bij 5 °C tweemaal zo hoog is als bij 25 °C. Hoe kouder het bier, hoe trager de vloeistofstroming en de drainage. Vormt een koud pilsje dus minder schuim dan een warm, de kraag blijft wel langer heel.

Melk

Het tweede proces, dat leidt tot het afbreken van de schuimkraag, is het stuk knappen van de belletjes waardoor grotere ontstaan. In wetenschappelijk jargon heet dit *coalescentie*. Uit zijn experimenten heeft Ronteltap geleerd, dat coalescentie relatief weinig bijdraagt tot het inzakkende van de schuimkraag. Het aantal belletjes neemt weliswaar af, maar hun gezamenlijk volume blijft nagenoeg constant. Alleen wanneer belletjes boven in de kraag stukspringen, neemt de kraagdikte significant af.

Anders ligt het, wanneer men een slecht schoongemaakt glas gebruikt of met vette lippen in het schuim hapt. Vetdeeltjes veroorzaken dan

massaal coalescentie en de kraag slaat in een mum dood, reden waarom biërglazen in het café alleen maar met water mogen worden gespoeld. De vetdeeltjes verspreiden zich als 'olievlekjes' over de belletjes en sleuren zo hard over het oppervlak, dat deze springen.

Ronteltap: "Men zegt wel eens, dat je nooit bier mag schenken in een glas waarin ooit melk heeft gezeten. En dat is inderdaad nauwelijks overdreven, want melk zit barstensvol ontzettend kleine vetdeeltjes. Het is erger dan u denkt."

Gegeven een vetvrij glas is coales-

Experiment 3 'HALFWAARDETijd'

Benodigdheden: ca. 200 ml bier; 1 vetvrije maatcilinder of rechtstandig glas; 1 lineaal met millimeterverdeling; 1 stopwatch of horloge met secondenwijzer; 1 blaadje grafieken- of ruitjespapier

Uitvoering: schenk glas bier in. Meet de dikte van de schuimkraag op tijdstip 0 en vervolgens elke 15 seconden. Zet de logaritme van de dikte uit als functie van de tijd. Bepaal de helling van het rechte gedeelte van de curve. Bepaal hieruit de halfwaardetijd van het schuim.

Waarneming: de schuimkraag wordt logaritmeisch dunner. De halfwaardetijd bedraagt circa 100 seconden.

Verklaring: de drainage en de gasdiffusie via de toplaag verlopen steeds langzamer, omdat a) het resterende biervocht tussen de belletjes vastgehouden wordt door capillaire krachten en b) het diffusie-oppervlak via de toplaag steeds kleiner wordt daar zich steeds meer ineengeschrompelde belletjes ophopen.

Merk op dat de kraag dunner wordt zowel doordat de bovenkant van het schuim daalt (disproportionalering) als doordat het grensoveroppervlak tussen biervloeistof en schuimkraag stijgt (drainage).

Experiment 4 TEMPERATUUR



Benodigdheden: ca. 200 ml koud bier (6-8 °C); ca. 200 ml lauw bier (kamertemperatuur, ca. 20 °C); 2 vetvrije glazen.

Uitvoering: schenk onder zo identiek mogelijke condities (let op schenkhoeck, schenksnelheid, etc.) beide glazen in. Observeer de schuimvorming en vervolgens de dynamica van de kraag.

Waarneming: in het 'koude' glas borrelen veel minder belletjes op; de in de schuimlaag aankomende belletjes zijn kleiner. In het 'warme' glas ontstaat een veel dichtere schuimkraag dan in het 'koude'. Maar de koude kraag is stabiel en breekt veel minder snel af.

Verklaring: er ontstaan in het koude glas minder belletjes, omdat de oplosbaarheid van CO₂ bij lage temperatuur toeneemt en er dus minder gas uit de oplossing wil. De opstijgende belletjes zijn kleiner, omdat ze op weg naar boven langzamer aangroeien. De warme kraag is dikker, omdat er meer CO₂ in het schuim wordt gezet. De koude kraag is stabiel, voornamelijk omdat de biervloeistof bij lage temperatuur stroperiger is en de drainage daardoor langzamer verloopt.

centie echter van geringe betekenis. Veel belangrijker is *disproportionalering*, een duur woord voor het weglekken van gas van de kleine belletjes naar de grote. Dit proces is een gevolg van de oppervlaktespanning van de belletjes: die maakt dat kleine belletjes een hogere dampspanning hebben dan grote. Wanneer door drainage de tussenwandjes zo dun zijn geworden dat ze voor gas doorlaatbaar worden, vindt er spontaan diffusie plaats van de kleinere belletjes naar de grotere. Het resultaat is een *vergroving* van het schuim, een effect dat men gemakkelijk zelf bij een tappilse kan waarnemen. De drukverschillen, in de ordegrrootte van 10³ Newton/m² (0,01 bar) zijn maar klein, maar ze zijn de drijvende kracht achter deze opmerkelijke wijziging in de grootteverdeling.

Gasdiffusie is ook verantwoordelijk voor het inzakkende van het schuim. Dat is het gevolg van het weglekken van CO₂ uit de bovenste laag belletjes. De gasdiffusie vanuit de bovenste laag gaat vliegensvlug (binnen enkele seconden), omdat de CO₂-dampspanning in de belletjes vele malen hoger is dan die in de omringende lucht (vrijwel uitsluitend zuurstof en stikstof).

Omgekeerd lekt enig stikstof en zuurstof naar binnen, maar veel minder. Op elke 50 delen koolzuur die naar buiten lekken, lekt er een deel stikstof naar binnen. Hierdoor krimpt de bovenste laag belletjes in tot ongeveer 2% van zijn oorspronkelijk volume.

Het proces herhaalt zich net zo lang, tot het gehele topoppervlak is bedekt met zeer kleine belletjes. Laag na laag ondergaat het diffusieproces en de snelheid waarmee de totale kraag verdwijnt is evenredig met het aantal lagen. Dit verklaart overigens de grotere stabiliteit van kragen bestaande uit kleine belletjes in tegenstelling tot die uit grotere.

Schuimgetal

Bierbrouwers controleren van elke partij bier onder meer de kwaliteit van het schuim. Er bestaan verschillende methoden voor het meten van de drainage en de snelheid van de gasdiffusie, maar ze zijn vaak niet onderling vergelijkbaar. Ronteltap: "Er is geen standaardisatie en je kunt niet zeggen dat de ene methode beter is dan de andere. Ik concludeer in mijn proefschrift dat je beter verschillende meetmethoden naast elkaar kunt gebruiken. Het gedrag van de schuimkraag is onmogelijk in één getal uit te drukken."

Experiment 1 GASDIFFUSIE



Benodigdheden: ca. 0,5 l bier; 2 vetvrije glazen; 1 glasplaat.

Uitvoering: schenk op gelijkmatig mogelijk twee glazen bier in zodat de schuimkraag juist boven aan het glas komt. Dek een van beide glazen af. Observeer de schuimkragen van beide glazen gedurende enkele minuten.

Waarneming: de schuimkraag van het niet-afgedekte glas zakt snel in, die van het afgedekte glas veel minder.

Verklaring: er kan veel minder goed CO₂ weglekken uit de toplaag, waardoor deze intact blijft. De proef toont het relatief grote aandeel aan van disproportionalering bij het inzakkende van het schuim. Merk op dat zich in het afgedekte glas geen belletjes aan de glaswand hechten.

langrijk zijn de fysische processen die zich in het schuim afspelen, in hun afhankelijkheid van samenstelling, temperatuur, wijze van tappen of schenken en andere factoren."

Eiwitschuim

Bierschuim bestaat, net als alle andere soorten schuim, uit dicht opgepackte gasbellen, van elkaar gescheiden door dunne filmpjes vloeistof. Schuimvorming komt in de natuur veelvuldig voor, maar eigenlijk is het een heel opmerkelijk verschijnsel. Immers, de vloeistof is zo maar in staat om flinterdunne schotjes te vormen en daaruit een min of meer duurzaam bouwwerk te maken dat schijnbaar spot met de zwaartekracht.

Het geheim zit hem in de aanwezigheid van *oppervlakte-actieve stoffen*. In zeepsop zijn dat vetachtige molekulen, in zee- en bierschuim voornamelijk eiwitten. Ze verzamelen zich aan het vloeistofoppervlak, verlagen de oppervlaktespanning en maken zo de vorming van nieuw oppervlak mogelijk.

Kan badzeep nooit te veel schuimen, bij bier ligt dat anders. De dikte van de schuimkraag is aan nauw gedefinieerde grenzen onderhevig, al varieert de norm per land en per biersoort. In Nederland eist de traditie een kraagdikte van 'twee vingers', in zuidelijk Groot-Brittannië daarentegen een flinterdun (maar wel duurzaam) laagje.

Van alle eigenschappen van de schuimkraag is de duurzaamheid het belangrijkste. Bij een goed getapt glas bier duurt het drie à vier minu-

Experiment 2 COALESCENTIE



Benodigdheden: ca. 200 ml bier; 1 vetvrij glas; ca. 20 ml melk.

Uitvoering: houd het glas schuin en schenk een beetje melk op de wand; draai het glas zodanig dat over de hele glaswand een dun filmpje melk ontstaat. Schenk nu het bier in het glas. Observeer het effect.

Waarneming: de bierkraag vergroot snel en gelijkmatig; de belletjes worden groter omdat tussenwandjes knappen. **Verklaring:** de vetdeeltjes in de melk doen de biervochtvliesjes knappen (coalescentie).

TNO werkt aan oplossen batterijenprobleem

De oplaadbare nikkel-cadmium-batterij heeft ook niet het eeuwige leven. Steeds meer energistaafjes belanden via de vuilnisbak op de afvalhoop. TNO heeft een procédé in ontwikkeling om de batterijen op te lossen en de metalen er uit terug te winnen. Nu nog de inzameling.

DE OPLOSSING van het ene milieuprobleem leidt vaak weer tot een ander probleem. De gang van zaken met batterijen illustreert deze stelling steeds weer opnieuw. Met veel gejuich is een jaar of vijf geleden de oplaadbare batterij binnengehaald als alternatief voor de weggoibatterij. Nu de eerste oplaadbare batterijen echt leeg raken, komen daar van de milieu-problemen boven drijven.

Batterij-onderzoeker C. van Deelen van TNO-Apeldoorn zegt dat bij het verwerken van afgedankte batterijen is besloten eerst aandacht te geven aan nikkel-cadmium batterijen. Directeur N. Struijk van het batterij-inzamelbedrijf Battrex te Delft: „De nikkel-cadmium batterij is op dit moment als afval de meest schadelijke die we hebben.”

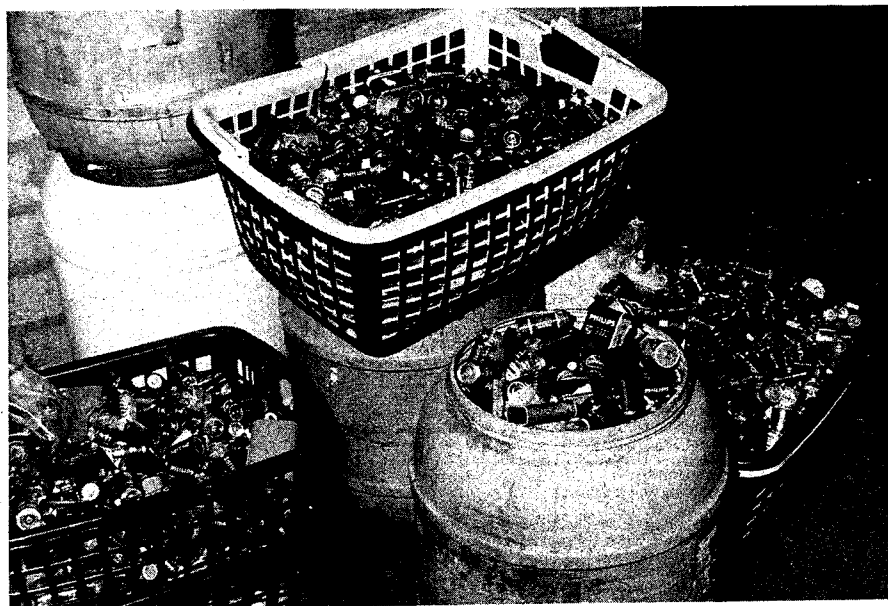
Eerst het positieve aspect van de nikkel-cadmium batterij. De verkoop van batterijen is de afgelopen jaren constant gebleven op ongeveer 120 miljoen stuks per jaar. Dit ondanks het feit dat het gebruik van apparaten met batterijen enorm is gestegen.

Vroeger waren er in huis alleen batterijen voor zaklantaarns en transistor-radio's. Nu zitten batterijen in horloges, kruimeldieven, snoerloze doe-het-zelf apparaten, de afstandbediening voor de tv, speelgoed, fotocamera's, klokken, elektrische tandenborstels en walkmans. In een beetje gemiddeld huis zijn wel tien apparaten te vinden die batterijen nodig hebben.

Het feit dat het aantal verkochte batterijen de laatste jaren niet is verhoogd, is ongetwijfeld de verdienste van de oplaadbare batterij. Deze kan vijfhonderd tot duizend keer worden gebruikt, voordat hij onbruikbaar wordt. Een weggoibatterij (penlight) kost een tot twee gulden; een even grote oplaadbare batterij kost vijf gulden. Bij een gebruik van vijfhonderd keer is dat dus één cent per keer.

Milieumotieven zijn derhalve niet bepalend voor het succes. Oplaadbare batterijen zijn in gebruik veel goedkoper dan de weggoibatterij. Niet geheel onverwacht heeft de nikkel-cadmium batterij een aardig marktaandeel veroverd. Ongeveer tien procent van de verkochte batterijen is van het type nikkel-cadmium.

Enkele jaren na de introductie van de nikkel-cadmium cel worden nu de zware zachtbatterijen. De oplaadbare batterijen gaan vier tot zeven jaar mee en nu



Ladingen afgedankte batterijen uit onder meer Nederland worden nog steeds gedumpt in oude zoutmijnen in de DDR.

verdwijnen ze in groten getale in de vuilnisbak. Als afval is het de giftigste batterij van alle soorten, ook al doordat het gehalte kwik in de andere batterijen fors is gedaald. Oplaadbare batterijen bevatten ongeveer 15 procent cadmium, een schadelijk zwaar metaal.

Tegelijk met de introductie van de nicadjes, zoals oplaadbare batterijen wel worden genoemd, is het inzamelen van lege batterijen van de grond gekomen. Alle soorten batterijen vormen een milieuprobleem. Leeg zijn ze te beschouwen als chemisch afval, vanwege hun gehalte aan nikkel, cadmium, zilver, kwik of zink. Een groot deel komt na gebruik gewoon bij het huishoudelijk afval terecht en belandt dan op de vuilstortplaats of in de verbrandingsoven. Dit is een ongewenste situatie want de zware metalen komen dan in de lucht of in het grondwater terecht.

Om de verspreiding van giftige batterijen in het milieu tegen te gaan, kwamen er bij fotografen verzamelputten te staan, papiercontainers kregen een batterijvak en in winkels vervoerde de batterij-emmer een plekje. Desondanks komt het inzamelen moeizaam van de grond. Nu komt volgens Struijk van Battrex slechts vijftien procent van de batterijen bij de inzamelers. Maar de hoeveelheid groeit. Gemeenten, provincies en bedrijven proberen meer batterijen uit het huisvuil te houden.

Inzamelen in het batterijvak is dus beter dan in het vuilnisvat, maar de inzamelers weten nog niet goed hoe ze op hun beurt die lege energistaafjes kwijt moeten. Vandaar dat menigeen verbaasd zal zijn te horen dat de batte-

rijen die zorgvuldig buiten de prullenbak zijn gehouden, per vrachtwagen naar een vuilstortplaats voor chemisch afval in de DDR worden afgevoerd.

Deze praktijk bestaat al jaren, maar kwam onlangs weer in het nieuws toen Tweede-Kamerlid Lankhorst er vragen over stelde aan minister Nijpels van Milieubeheer. De bewindsman zei geen kans te zien de uitvoer naar de DDR tegen te houden zolang er in Nederland geen goede manier is om die batterijen te verwerken. Als die er wel is, zal hij de uitvoer niet meer toestaan.

TNO-Apeldoorn werkt inmiddels hard aan zo'n verwerkingsmethode. Daar wordt het probleem van de nicadjes zo serieus genomen dat die batterijen voorrang krijgen boven de andere soorten. Op laboratoriumschaal is een procédé ontwikkeld om oplaadbare batterijen onschadelijk te maken door de metalen terug te winnen. TNO doet dit in opdracht van de werkgroep batterijen, waarin onder meer het ministerie voor Milieubeheer, milieu- en consumentenorganisaties, afvalverwerker Leto en de Nefibat (Nederlandse Fabrikanten van Batterijen) zitten hebben.

Van Deelen van TNO verwacht in het najaar een laboratoriumopstelling gereed te hebben voor de verwerking van oplaadbare batterijen. Als alles een beetje mee zit, kan in 1991 een fabriek voor de verwerking ervan worden geopend. Afvalverwerker Leto is in de race om de fabriek te exploiteren. De moeilijkheid bij het verwerken van de lege afvalmonsters is dat er veel verschillende metalen in zijn verwerkt. En

die metalen moeten er één voor één uit worden gehaald.

Allereerst worden de batterijen op soort gescheiden. Dat kan op grootte van de verschillende typen, maar ook op geavanceerde wijze zoals met röntgenstralen. De gesorteerde oplaadbare batterijen bevatten nog drie metalen, namelijk nikkel, cadmium en ijzer van de behuizing. Een maalmachine vergruist de staafjes en het poeder wordt vervolgens in een zuur opgelost.

De opgeloste metalen worden met allerlei processen stuk voor stuk uit de oplossing gehaald. Het cadmium wordt gebonden in een organisch bindmiddel. Daaruit wordt het zuivere cadmium gewonnen. Nikkel wordt met stroom uit het zuur gehaald en het ijzer wordt chemisch gebonden tot een onoplosbaar ijzerzout. Helemaal waardeloos zijn deze metalen niet. Van Deelen: „Een ton afgedankte nikkel-cadmium-batterijen levert altijd nog 4500 tot 5000 gulden op.”

Nu is het alleen nog zaak al die batterijen bij elkaar te krijgen. Voor de nikkel-cadmium-batterijen is daar al heel wat over vergaderd. De doelstelling is om medio 1991 80 procent van die batterijen in te zamelen. Zonder statiegeld, tot lichte droefenis van Van Deelen. „Zonder statiegeld lukt het niet de hoge doelstelling te realiseren.”

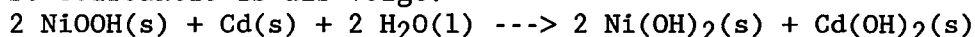
Struijk van Battrex vindt de doelstelling ook ambitieus maar wil nog niet aan statiegeld. „Eerst moet de mentaliteit bij de mensen zo veranderen dat ze milieubewust worden. Anders werkt dat statiegeld ook niet.”

MARC VAN DEN BROEK

OPLOSSING BATTERIJPROBLEEM

De samenstelling van een nikkelcadmiumbatterij: De positieve en negatieve platen bestaan uit zuiver nikkeldraad, met daarop nikkelpoeder om een groot oppervlak te krijgen. Op de platen is het actieve materiaal aangebracht: nikkelhydroxide (Ni(OH)_2) om de positieve plaat te vormen, en cadmiumhydroxide (Cd(OH)_2) als negatieve plaat. Als elektrolyt is aanwezig 25-35 % kaliumhydroxide. Het geheel bevindt zich in een vernikkelde stalen huls.

De celreactie is als volgt:



In de batterijen die verwerkt moeten worden is dus aanwezig Ni, NiOOH, Ni(OH)_2 , Cd, Cd(OH)_2 en Fe (uit de stalen huls).

In het schema (op de volgende pagina) is de verwerking van nicad batterijen weergegeven.

In B wordt aan de vergruisde batterijen zoutzuur toegevoegd.

1. Geef de vergelijking voor de reacties die optreden als de in de batterij aanwezige stoffen met zoutzuur reageren.
2. Welk ander ion is aanwezig in de stofstroom die B verlaat.

In D wordt aan de stofstroom komende uit C een organisch oplosmiddel toegevoegd (notatie: solv (solvens) waarmee het Cd^{2+} -ion uit de oplossing wordt gehaald).

3. Geef de naam van het proces in D.

In E wordt vervolgens het organische oplosmiddel weer vervangen door water. De waterige oplossing met Cd^{2+} - en Cl^- -ionen kan of geëlektrolyseerd (in F) worden of wordt behandeld met natronloog (in G).

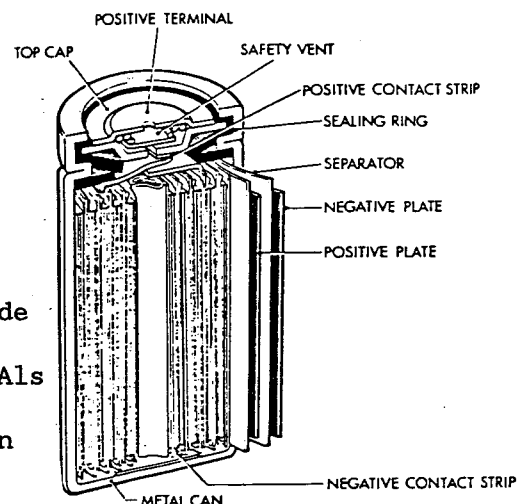
4. Geef de vergelijking van de halfreacties die optreden bij de elektrolyse van de Cd^{2+} bevattende oplossing in F.
5. Geef de vergelijking van de reactie die optreedt in G.

In H worden de aanwezige Fe^{2+} -ionen omgezet via een redoxreactie met hypochlorietionen in zuur milieu ($\text{pH} = 4$).

6. Geef de vergelijkingen voor de halfreacties en de totaalreactie voor deze omzetting.

In I worden de gevormde Fe^{2+} -ionen uit de stofstroom verwijderd door natronloog toe te voegen waardoor ijzer(III)hydroxide ontstaat. Er ontstaat hierbij nauwelijks nikkelhydroxide (voor nikkelhydroxide geldt: $K_s = 3,1 \cdot 10^{-16} \text{ mol}^3/\text{l}^3$).

7. Leg uit waarom er nauwelijks nikkelhydroxide gevormd wordt als men natronloog toevoegt aan een oplossing die ijzer(III)-ionen en nikkelionen bevat.

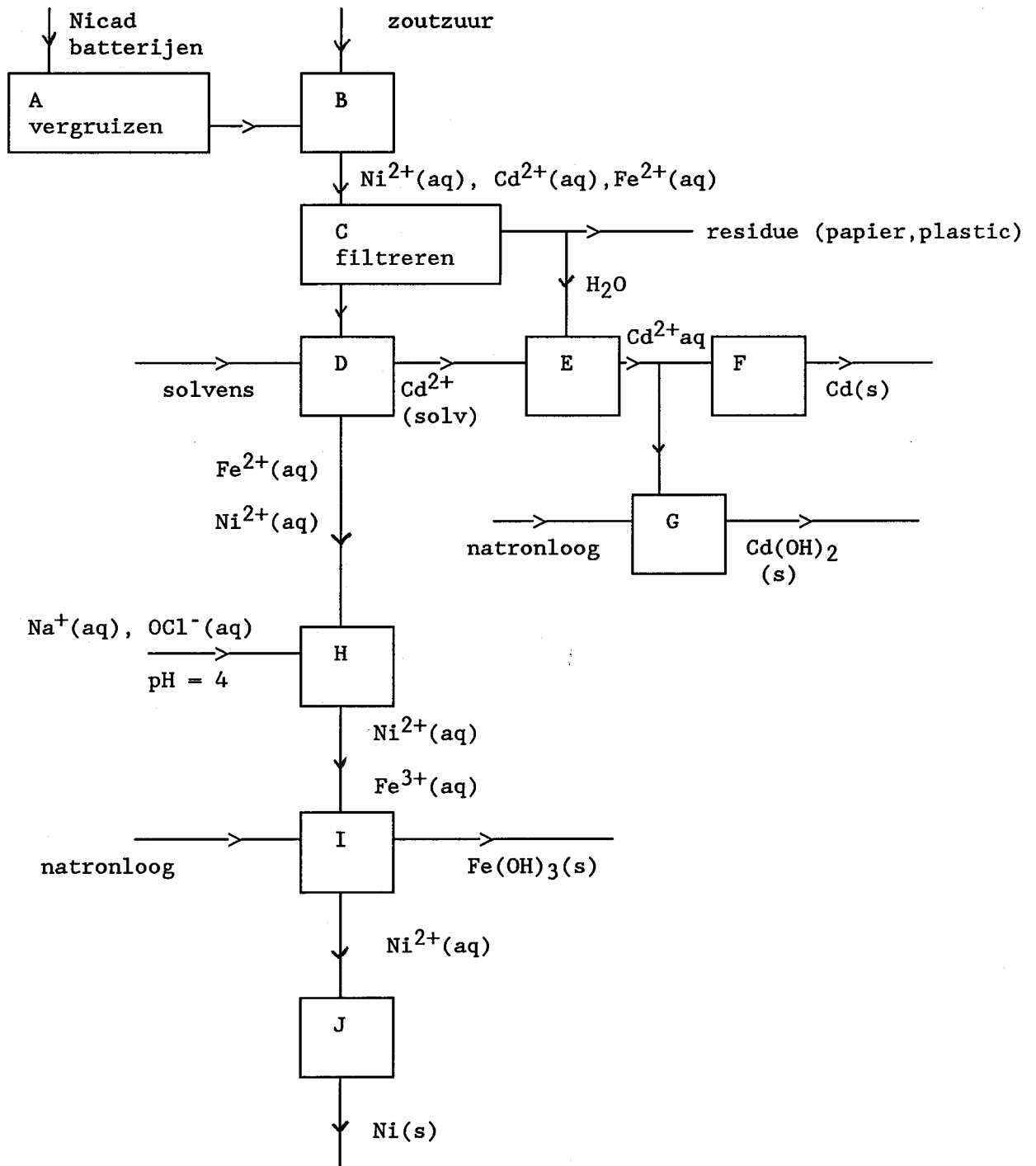


Fe^{2+} -ionen vormen met natronloog ook een neerslag van ijzer(II)hydroxide. Toch zet men eerst ijzer(II)-ionen om in ijzer(III)-ionen.

8. Leg uit waarom men dit doet.

Als laatste stap haalt men via elektrolyse het nikkel uit de oplossing.

9. Leg uit waarom men bij de opwerking niet direct na het toevoegen van zoutzuur in B de oplossing met nikkel-, cadmium- en ijzerionen elektrolyseert en zo de metalen nikkel, cadmium en ijzer wint.



DOCENTENHANDLEIDING

Defosfatering

Literatuur:

1. P.C.M. Boers: Fosfaatfixatie met ijzer: een methode om de interne fosfaatbelasting te verminderen?
 $H_2O(22)$ - 1989 - pag. 501-504.
2. W.A.D.D. Wijesooriya: Phosphorus inactivation in sediment of Shallow Lakes.
Dienst binnenwateren/RIZA nota 89.022

Nederland opkrikken

Praktische controle van de stelling dat gips tweemaal zoveel volume heeft als kalksteen is mogelijk:
Breng in een reageerbuis ± 1 cm. calciumcarbonaat (markeer met streepje op buis). Voeg 10 ml. 2M zwavelzuuroplossing toe. Goed mengen. Laat de buis ongeveer twee dagen staan.

Korrektievloeistoffen

Voor een praktische aanpak van dit onderwerp verwijzen wij u naar:
Losse Flodder nr. 4, 'Thuis in de scheikunde'.
Te bestellen bij KPC, Postbus 482, 5201 AL 's-Hertogenbosch (kosten f 5,--, exclusief porti)

Oplossing batterijprobleem

Literatuur:

1. C.L. van Deelder: Recovery of metals from waste streams by hydrometallurgical processes.
2. F. Witte: (Afval)stromen uit batterijen.

ANTWOORDEN

Kolenvergassing I

Zie voor antwoorden en vergelijkingen volledige tekst en antwoorden bij 'Kolenvergassing II'

Kolenvergassing II

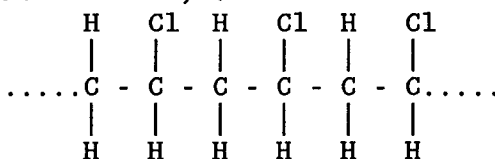
1. Zwavel: er komt H_2S gas naar boven.
2. $\text{C}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$
3. $\Delta H_{\text{reaktie}} = -111 + 242 = 131 \text{ kJ/mol}$
4. $\frac{[\text{CO}][\text{H}_2]}{[\text{H}_2\text{O}]^2} = K$
5. Hoe hoger de temperatuur des te meer CO en H_2 bevat het mengsel: de endotherme kant.
Hoe hoger de druk, des te minder CO en H_2 : de kant met de minste deeltjes heeft nu de voorkeur.
6. Dat zou kunnen: terwijl het gasmengsel zich door de steenkoollaag verplaatst verandert het voortdurend van samenstelling richting evenwicht, aan het eind van die tocht zou evenwichtssamenstelling bereikt kunnen zijn.
7. $\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g})$

Dit exotherme proces levert de voor de reactie van 2. benodigde energie.

- 8.a. Bij vraag 7 veel warmte vrij; andere stoffen kunnen er moeilijk bij om mee te reageren.
 - 8.b. Blijkbaar bevat steenkool ook C,H verbindingen die kunnen ontleden tot methaan en onder andere koolstof.
9. $\text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
 10. $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$

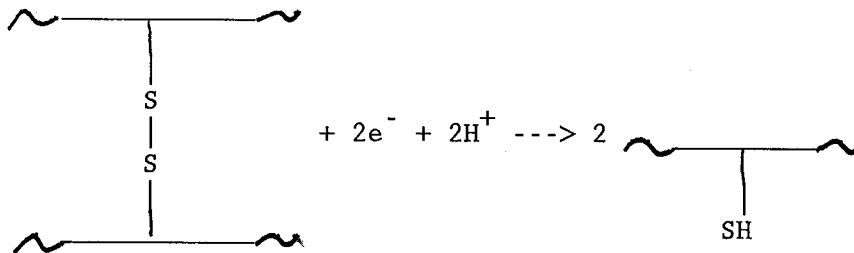
Hoe krijg ik dat chloor eruit?

1. Beperkt wasmiddelgebruik voorkomt belasting van het milieu (bijvoorbeeld voor fosfaat). Groen betekent hier: 'milieubewust' of 'goed voor het milieu'. Bovendien is de zin een parafrase op reclameslogans als 'witter dan wit' enz.
2. Etenresten met chloor belasten het milieu en zout eten is niet goed voor de gezondheid (zout schijnt hoge bloeddruk in de hand te werken).
3. 'In stof chloor zit element chloor' of 'In chloor(bleekmiddel) zit stof chloor (met element chloor)'.
4. (Zie ook tabel 102a)



- $$\text{H}^+ (\text{aq}) + \text{Cl}^- (\text{aq}) + \text{Na}^+ (\text{aq}) + \text{OH}^- (\text{aq}) \rightarrow \text{Na}^+ (\text{aq}) + \text{Cl}^- (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l})$$

6. Cysteïne: bevat -SH groep.
7. Nodig voor:
 - verbreken H-bruggen;
 - reductor thioglycolzuur werkzaam in basisch milieu.
8. H-brug: $\sim\text{N-H} \dots \text{O} = \text{C} \sim$ In basisch milieu heeft N-H groep H^+ -ion afgesplitst is $\sim\text{N}^-$ geworden. Geen aantrekking meer door gedeeltelijk negatief zuurstofatoom van $\text{O} = \text{C} \sim$
9. $2\text{HS-CH}_2\text{-COOH} \rightarrow \text{HOOC-CH}_2\text{-S-S-CH}_2\text{-COOH} + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+$



Defosfatering

1. Zie krante-artikel: veel fosfaat $\rightarrow$ algengroei $\rightarrow$ troebel water
 - a. aantasting ecosysteem (nagenoeg geen waterplanten $\rightarrow$ onevenwichtige visstand)
 - b. onaantrekkelijk voor recreatie.
2. Weghalen van bodemslib door uitbaggeren.
3. - Opslag vervuilde slib: fosfaat mag natuurlijk niet in grondwater spoelen.
- Weghalen bodemleven.
4. Dal in curve AlPO_4 : pH ca 6
5. Vertikaal staat uitgezet - $\log [\text{PO}_4^{3-}]$ } $[\text{PO}_4^{3-}] = 10^{-6} \text{ M}$
Dal bij ca. 6
6. Tabel 49: $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ ($K_z: 6,0 \cdot 10^{-3}$) is een sterker zuur dan $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ ($K_z: 1,4 \cdot 10^{-5}$). Dit klopt met de curve, want er is een hogere pH nodig (grotere $[\text{OH}^-]$) om zo'n goede reactie met het zwakkere zuur $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ te krijgen dat het oplossevenwicht verschuift.
7. In grafiek 1 is te zien dat beide fosfaten dan weer oplossen: de fosfaat-ionen komen dan weer uit het slib in het water.
8. Grafiek 2:

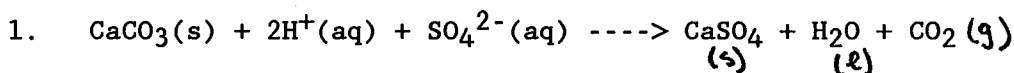
1973 :	230	g P/l
1974 :	40	g P/l

$$\begin{aligned}
 \text{afname: } 190 \text{ g P/l} &= 190 \cdot 10^{-6} \text{ mol P/l} = 6,1 \cdot 10^{-6} \text{ mol P/l.} \\
 &= 6,1 \cdot 10^{-6} \text{ mol PO}_4^{3-} / \text{l.}
 \end{aligned}$$

Om dit te laten neerslaan is nodig $6,1 \cdot 10^{-6} \text{ mol Al}^{3+} / \text{l}$

Toegezegd is $21 \text{ g Al}^{3+}/\text{m}^3 = 21 \cdot 10^{-3} \text{ g Al}^{3+}/\text{l}$
 $= (21 \cdot 10^{-3} / 27.0) \text{ mol Al}^{3+}/\text{l} = 7,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol Al}^{3+}/\text{l}$
 % Al verbruikt in de neerslagreactie:
 $(6,1 \cdot 10^{-6} / 7,8 \cdot 10^{-4}) \cdot 100\% = 0,8\%$

Nederland opkrikken via chemische reactie



2.a. Calciumsulfaatdihydraat: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

b. $40,1 + 32,1 + 4 \times 16,0 + 4 \times 1,0 + 2 \times 16,0 = 172,2 \text{ g}$

3. De molmassa van calciumcarbonaat is 100,1 g.

Uit 1 mol calciumcarbonaat ontstaat 1 mol gips.

Uit 100,1 g calciumcarbonaat ontstaat 172,2 g gips.

Tabel 10 : calcië: $2,7 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 = 2,7 \text{ g/cm}^3$.

Tabel 10 : gips: $2,32 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 = 2,32 \text{ g/cm}^3$.

$$\rho = m/V \quad V = m/\rho$$

Het volume van 1 mol calciumcarbonaat: $100,1/2,7 = 37 \text{ cm}^3$

Het volume van 1 mol gips: $100,1/2,32 = 74 \text{ cm}^3$

De verhouding tussen beide volumes is 1 : 2; het volume van het gevormde gips is tweemaal zo groot als het volume van het calciumcarbonaat.

4. Hij ziet uitsluitend 'politieke problemen', maar je kunt je ook heel wat andere problemen voorstellen. Bijvoorbeeld scheuren in de ondergrond (aardbevingen?); hoe ontsnapt koolstofdioxide in dergelijke hoeveelheden uit de bodem; wat zijn de effecten op zeer lange termijn.

5. Het zuur verlaagt de pH en bedreigt daardoor het leven in zee.

6. $6 \times 6 \times 4000 = 1,44 \times 10^5 \text{ m}^3$

1 mol zwavelzuur omzetten geeft een toename van

$37 \text{ cm}^3 = 0,037 \text{ m}^3$.

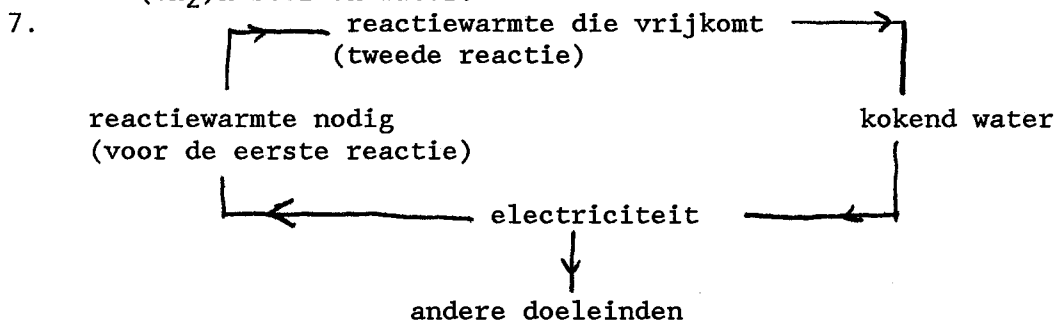
Nodig: $1,44 \times 10^5 \text{ m}^3 / 0,037 = 3,89 \times 10^6 \text{ mol zwavelzuur}$.

$3,89 \times 10^6 \times 98 = 3,81 \times 10^8 \text{ g} = 3,81 \times 10^5 \text{ kg zwavelzuur}$.

Het geheim van de superkat

1. Een goede katalysator zal een reactie aanmerkelijk versnellen. Sommige reacties verlopen zonder katalystor nauwelijks. Een goede katalysator is dus voor het proces zeer belangrijk. Bovendien hoeft een bedrijf maar eenmaal te investeren in een katalysator omdat deze tijdens het proces niet verbruikt wordt.
2. Door destillatie van aardolie.

3.
 - Omdat het minder ruikt (volgens het artikel),
 - omdat bij verbranding minder roet en rook wordt uitgestoten (idem)
 - omdat er geen zwavel- en stikstofverbindingen in zitten die zwavedioxide en stikstofoxiden leveren bij verbranding,
 - omdat er geen aromaten in zitten (veel aromaten zijn giftig).
4. Midden-destillaten zullen die fracties zijn die bij destillatie uit het midden van de kolom afgetapt worden (diesel, kerosine, nafta).
- 5.a. Uit lucht.
- b. De lucht afkoelen en zo vloeibaar maken en vervolgens destilleren. In Tabel 39B van Binas staat dat stikstof kookt bij 77 K en zuurstof bij 90 K. (Ik geloof dat de lucht eerst gedroogd en van kooldioxide ontdaan wordt. Verder is er volgens mijn encyclopedie een proces van Union Carbide waarbij zuurstof uit lucht geïsoleerd wordt door het te 'zeven' met een zeolietfilter.)
- 6.a. Er moet een n voor de H_2O .
- b. Uit de eerste reactie ontstaat CO en H_2 in een verhouding 1 : 2; in de tweede reactie wordt het in die verhouding verbruikt. Uitgangsstoffen zijn dus aardgas (methaan) en zuurstof, producten de $(CH_2)_n$ -stof en water.



8. De structuur van die katalysator kan bij die hoge temperaturen geleidelijk aan veranderen(sinteren). Het is mogelijk dat het oppervlak van de kat vuil wordt. Het is ook mogelijk dat de kat reageert met onzuiverheden.
9. Dat kun je doen door de verhouding van de massa's van de producten na te gaan:

$(CH_2)_n$	$n H_2O$
$n \times 14$	$n \times 18$
14	18
1	1,29

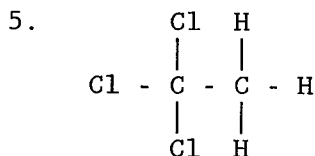
Dus ongeveer klopt het wel.
(Je kunt het ook nagaan door 1 ton te delen door 14 en 1,35 ton te delen door 18.)
10. Aan de eindstandige CH_2 is een 'binding over'. Er is veel water aanwezig. Water kan als H-OH deze bindingen aangaan. Er ontstaat dan een stof waar OH aan C gebonden is en dat is een alcohol.

Korrektievloeistoffen

1. Als wit kopersulfaat in aanraking komt met vocht (bijvoorbeeld uit lucht) kleurt het blauw.
2. $TiO_2(S)$

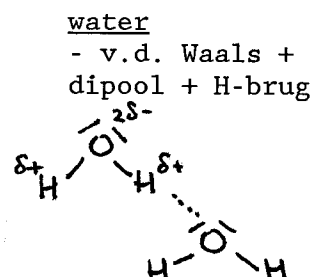
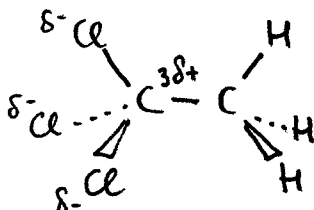
3. Titaan : metaal } TiO_2 : zout
 zuurstof : niet-metaal } titaan (IV) oxide
 of $\Delta E = E_0 - E_{\text{Ti}} = 3,50 - 1,32 = 2,18$: ionbinding TiO_2 : zout

4. De stoffen lossen niet op. Het is een suspensie.



6. benzine 1,1,1-trichloorethaan
 - v.d. Waals - v.d. Waals + dipool

- aantal elektronen



De stof waarbij de intermoleculaire krachten het grootste zijn heeft de slechte verdamping: water < 1,1,1-trichloorethaan < benzine.

7. Zie voor krachten opgave 6.
 Geen goede menging met benzine (Cancel). Misschien iets met 1,1,1-trichloorethaan (Tipp-ex/Aspa).
8. Eén lokaal mag bevatten: $320 \text{ m}^3 \cdot 1,08 \text{ g/m}^3 = 346 \text{ g}$.
 $20 \text{ ml.} = 20 \times 1,34 = 27 \text{ g/flesje}$.
 Aantal flesjes = $346/27 = 12$ flesjes.

Grootste molekuul

- Molekuulmassa = $129.12,0 + 223.1,0 + 54.16,0 = 2635 \text{ u}$.
- Massapercentage C = $(129.12,0/2635).100\% = 58,7\%$

Keramiek

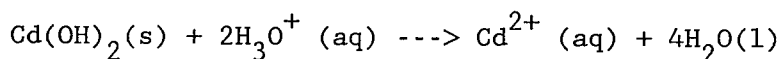
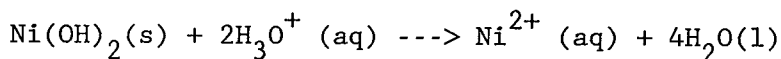
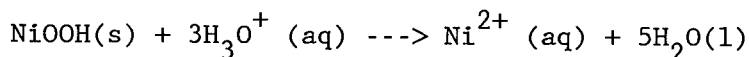
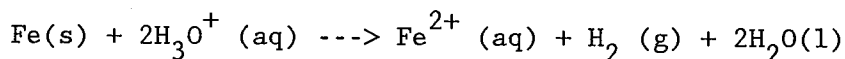
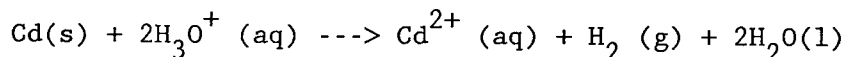
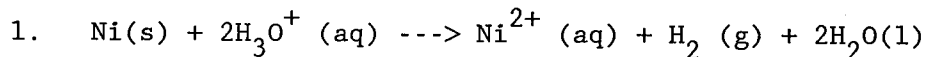
Afhankelijk van tijdstip van gebruik in klas 3 kunt u de antwoorden vragen in symbolen of formules.

-
- Koperoxide (vast) + koolstof (vast) $\rightarrow$ koper (vast) + koolstofdioxide (gas)
 $\text{Cu}_2\text{O (vast)} + \text{C (vast)} \rightarrow \text{Cu (vast)} + \text{CO (gas)}$
 $\text{Cu}_2\text{O (s)} + \text{C (s)} \rightarrow \text{Cu(s)} + \text{CO}_2 \text{ (g)}$
- Si_3N_4 ; Si_3N_4
- $\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Si}_3\text{N}_4$; bijvoorbeeld AlSiO_2N
- Bestand tegen hoge temperaturen en agressieve stoffen.

Bierschuimdynamica

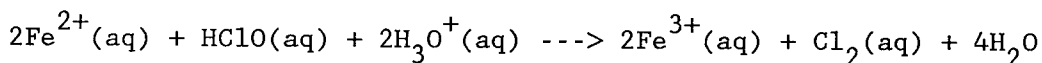
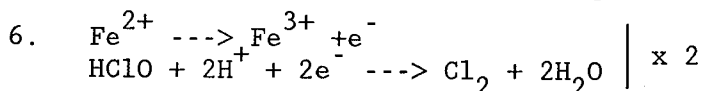
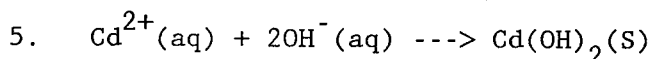
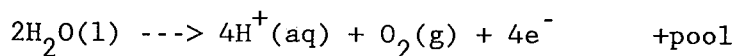
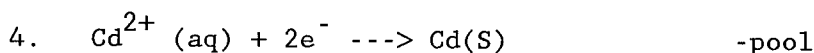
--

Oplossing batterijprobleem

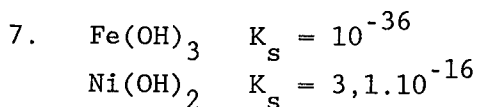


2. Cl^- ion afkomstig van zoutzuur.

3. Extraktie.



(HClO in verband met zuur milieu: pH = 4)



Het oplosbaarheidsprodukt van Fe(OH)_3 zal sneller overschreden worden.

Stel $[\text{Fe}^{3+}] = [\text{Ni}^{2+}]$

$$\text{Neerslag Fe(OH)}_3 \text{ als } [\text{OH}^-] > \sqrt[3]{10^{-36} / [\text{Fe}^{3+}]}$$

$$\text{Neerslag Ni(OH)}_2 \text{ als } [\text{OH}^-] > \sqrt{10^{-16} / [\text{Ni}^{2+}]}$$

8. Het oplosbaarheidsprodukt van Fe(OH)_2

$(2 \cdot 10^{-14})$ is iets groter dan van Ni(OH)_2
Neerslag bijna bij dezelfde $[\text{OH}^-]$

9. De standaardelektrode potentialen van de drie halfreacties liggen dicht bij elkaar. Er ontstaat een mengsel van Fe, Ni en Cd. Dit zou dan weer gescheiden moeten worden.