

wetsus

WATER
CAMPUS
Leeuwarden



Module 2

Scheiden bij de bron

Stand van zaken technologie energie uit water en waterzuivering met passende experimenten voor het voortgezet onderwijs

Brechje van Rij
Cora Bouwland

Inhoud

Inhoud	2
Inleiding Iespakketten	3
Scheiden bij de bron	4
Inleiding	4
Experimenten.....	6
<i>Zuurgraad</i>	6
<i>De Blauwe Fles</i>	7
<i>Adsorptie</i>	9
Leerlingwerkblad	10
Zuurgraad	10
Leerlingwerkblad	13
De Blauwe Fles.....	13
Leerlingwerkblad	14
Adsorptie.....	14

Inleiding Iespakketten

De Club van Rome voorspelde in de jaren 60 al een tekort aan fossiele brandstoffen. Maar niet alleen het opraken van deze energiebron is een probleem, er zitten meer nadelen aan het gebruik van fossiele brandstoffen. Eén daarvan is het opwarmen van de aarde door het broeikas-effect, veroorzaakt door de vorming van CO₂, ook 'global warming' genoemd.

Global warming is een groot probleem. Maar als je eenmaal de luxe van een auto, elektriciteit in huis of schoon drinkwater gewend bent, dan wil je niet meer zonder. De oplossingen moeten daarom van de kant van de technologie komen. Maar zijn er oplossingen? Waar wordt momenteel aan gewerkt? En waarom zijn vakken als scheikunde, natuurkunde en biologie daarbij zo belangrijk? Allemaal vragen waar in dit Iespakket antwoord op wordt gegeven.

In vier losse modules worden vier aparte thema's behandeld. Het is mogelijk om alle thema's achter elkaar te behandelen maar u kunt ook kijken welk thema goed bij uw lessen past.

De inhoud van het dvd-Iespakket rust op drie pijlers:

1. De technologische ontwikkelingen in het onderzoek.
2. De toepassingen van watertechnologie in de praktijk.
3. Proeven die ook in de klas gedaan kunnen worden.

Doordat deze indeling zo praktijkgericht is, krijgen de leerlingen een goed idee wat ze met watertechnologie kunnen en kunnen worden. Het is mogelijk om de proeven in de les te gaan doen, of er een heel project omheen te maken, inclusief excursies. Maar het is ook al zeer de moeite waard om alleen de korte films van de dvd te bekijken.

De vier modules zijn, in principe, op zichzelf staande thema's maar ze kunnen ook heel goed aansluiten op bestaande onderwerpen binnen het scheikunde-, natuurkunde- of biologieonderwijs.

Het niveau van de vier modules is niet gelijk. Daarom wordt, in onderstaand schema, van elk thema aangegeven voor welk leerjaar het geschikt is.

dvd-thema	toepasbaar bij:	klas
Blue Energy	lessen over ionen, neerslagreacties, diffusie, osmose en turgor	4/5
	osmose en turgor, neerslagreacties	3
Scheiden bij de bron	duurzaamheid, (an)aërobe afbraak en pH	3
Schoon drinkwater	reactieschema's, transport, indicatoren, analytische chemie	2/3/4
Elektrospray	elektromagnetisme, wereld waterproblematiek en destillatie	3/4/5

De doelgroepen van de dvd-thema's.

De indeling per onderwerp is als volgt. Elke module bestaat uit een dvd-fragment van vier tot tien minuten, een stukje theorie (beschreven in de module) en twee tot drie leerlingwerkbladen met practica die geschikt zijn voor in de les als demo of als leerlingenproef. Deze fragmenten zijn natuurlijk ook gescheiden te gebruiken. Maar het is de moeite waard om in elk geval de dvd in zijn geheel te tonen.

Scheiden bij de bron

Inleiding

In Nederland wordt afvalwater bij een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI, figuur 7) gereinigd en daarna op het oppervlaktewater geloosd. Die zuivering vindt plaats in een aantal stappen.

Stap 1: Het afvalwater moet eerst van een huishouden naar de RWZI (rioolwaterzuivering) getransporteerd worden. Op korte afstand kan dit transport onder vrij verval. Over een langere afstand zal dit transport door pijpleidingen, onder hoge druk, plaatsvinden. Bij een RWZI wordt het water verzameld in een buffertank die een grote toevoer kan op vangen.

Stap 2: Een grote, mechanische arm harkt vervolgens de grote vuildelen uit het water. Als deze vuildelen verwijderd zijn, zijn de kleinere deeltjes aan de beurt. Deze blijven in een fijnmazig rooster hangen. Nu het water geen grote delen (zoals plastic, wc doekjes en hout) meer bevat, kan de biologische zuivering plaats vinden.

Stap 3: Bij deze zuivering laat men zuurstof door het water stromen. Dit heet aërobe afbraak en gebeurt met behulp van bacteriën. Hierna is het water bijna zuiver. Dit wordt gecontroleerd en als het goed is, kan het water geloosd worden op een beek, rivier of kanaal (oppervlaktewater). Er is echter niet alleen schoon water ontstaan; er is ook een restproduct: slib.

Stap 4: Het slib gaat naar de vergistinstallatie. Bij het vergisten van het slib ontstaat biogas dat als energiebron voor de zuiveringsinstallatie gebruikt kan worden. Het slib dat na dit proces is overgebleven, moet ingedikt worden. Slib eenvoudigweg af laten voeren en verbranden kost namelijk geld. Het slib wordt eerst ingedikt door 80% van het aanwezige water eruit te persen. Daarna wordt het afgevoerd.



Figuur 7. Luchtopname RWZI. Bovenin zijn de langwerpige beluchters te zien. Hier wordt het afvalwater rondgepompt en van Zuurstof voorzien. Daaronder de ronde bekkens waar het water kan bezinken en het water met behulp van een ronddraaiende hark van vuil ontdaan wordt.

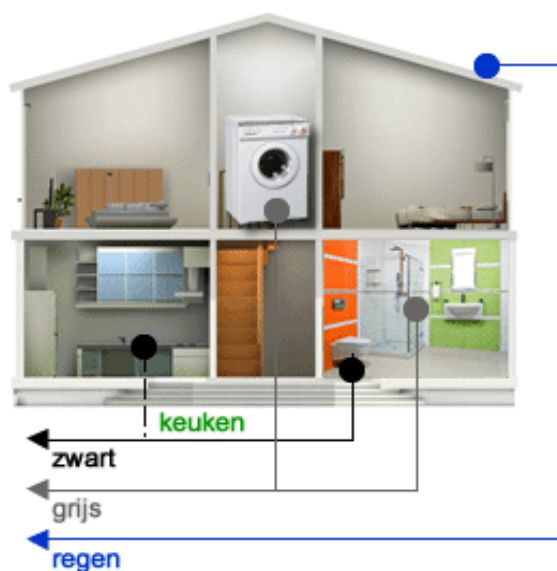
Er zijn, naast de hierboven beschreven methode, ook andere manieren om afvalwater te verwerken. Zo hebben sommige woonboten een septic tank. En bij het leger werken ze met hudo's (kuilen met bovenop een toiletpot). Veel boeren rijden een groot gedeelte van hun koeienmest uit over het land. In Sneek wordt een afvalwaterproject uitgevoerd dat "Scheiden bij de bron" heet.

Eén van de grote voordelen van scheiden bij de bron is dat het afvalwater lokaal gezuiverd worden dus niet over grote afstanden getransporteerd hoeft te worden. Verder maakt de installatie bij de bron gebruik van vacuümtoiletten (figuur 8) waardoor het toiletwater meer geconcentreerd de installatie bereikt met als gevolg minder verbruik van kostbaar, schoon water voor transport.



Figuur 8.

Ook gaat men, binnen een huishouden, uit van verschillende afvalwaterstromen (figuur 9).



Figuur 9. De verschillende afvalstromen in een huishouden.

De volgende stromen zijn te onderscheiden:

- **zwart water:** toiletwater;
- **grijs water:** spoelwater uit keuken, badkamer;
- **regenwater**

Doordat een vacuümtoilet slechts met een halve liter water en verder met lucht doorspoelt, is het zwarte water is zeer geconcentreerd. Ter vergelijking: in een normaal toilet wordt, per keer, met acht liter water doorgespoeld.

Dit geconcentreerde, zwarte water uit het vacuümtoilet gaat naar een anaërobe vergist installatie. Anaërobe betekent dat er geen zuurstof aanwezig is. Een product dat tijdens deze stap ontstaat, is biogas. Het water dat na behandeling overblijft, gaat via een tussenstap naar de bioflocculator, een moderne zuiveringsreactor, waar ook het grijze water naar toe gaat. In deze reactor klonteren (flocculeren betekent: vlokken vormen) de afvalstoffen met behulp van bacteriën samen. De klontjes en het water worden gescheiden en schoon water is ontstaan.

Het scheiden van de waterstromen in grijs en zwart water, levert een efficiëntere manier van afvalwaterzuivering op, die bovendien energie oplevert. Op dit moment gebeurt dit nog niet op grote schaal maar in de toekomst zou het de meest duurzame en goedkope manier van afvalwaterzuivering kunnen worden.

Experimenten

Omdat bij waterzuivering de zuurgraad en het zuurstofgehalte van belang zijn, hebben de volgende proeven hierop betrekking. De volgende drie experimenten kunnen uitgevoerd worden:

1. De zuurgraad van een vloeistof zichtbaar maken met behulp van een universele indicator.
2. Aantonen van zuurstof in water met behulp van een reagens dat een blauwe kleur oplevert na reactie met zuurstof in water.
3. Vervuild water reinigen met behulp van adsorptie van verontreinigingen aan actieve kool. Dit is een heel effectieve scheidingsmethode die vooral op kleine schaal voor drinkwaterproductie zeer effectief is. Adsorptie met actieve kool wordt ook beschreven in De Water Purifier, het drinkwaterproject van Philips, dat aanbod komt in het drinkwaterfilmpje.

Zuurgraad

In dit experiment gaat het om het zichtbaar maken van verschillende zuurgraden met behulp van universeel indicator. Het is de bedoeling om zo veel mogelijk kleurschakeringen te krijgen. Nameten met een pH-meter geeft een exactere benadering van dit experiment.

Verder zijn er vele variaties mogelijk met universeel indicator. Hier kunnen de leerlingen ook een beetje vrijgelaten worden om zelf iets te experimenteren.

Tips!

Tijdens het verkleuren van de oplossing kan de pH ook met een pH-meter nagemeten worden. Leerlingen kunnen de juiste pH bij een kleur noteren.

Het is ook mogelijk om in plaats van HCL met natuurazijn te werken en in plaats van NaOH met soda. Er kan steeds een schepje soda aan de reactie mix toegevoegd worden maar er kan ook een verzadigde soda oplossing gemaakt worden zodat deze gedruppeld kan worden.

De voordelen van werken met soda en azijn zijn:

- Het omslag traject is wat trager omdat het een zwak zuur en een zwakke base betreft. Daardoor is het gemakkelijker om verschillende kleuren waar te nemen.
- Er hoeft niet met sterke zuren en basen gewerkt te worden.

Het kan aardig zijn om een beetje 7-up, afwasmiddel of gootsteenontstopper bij de universeel indicator vloeistof te druppelen en de leerlingen te vragen of ze de pH-waarde verwacht hadden.

De Blauwe Fles

Doel van de proef:

Na het uitvoeren van de proef weten de leerlingen:

- Dat zuurstof opgelost kan zijn in water
- Dat zuurstof in water aangetoond kan worden

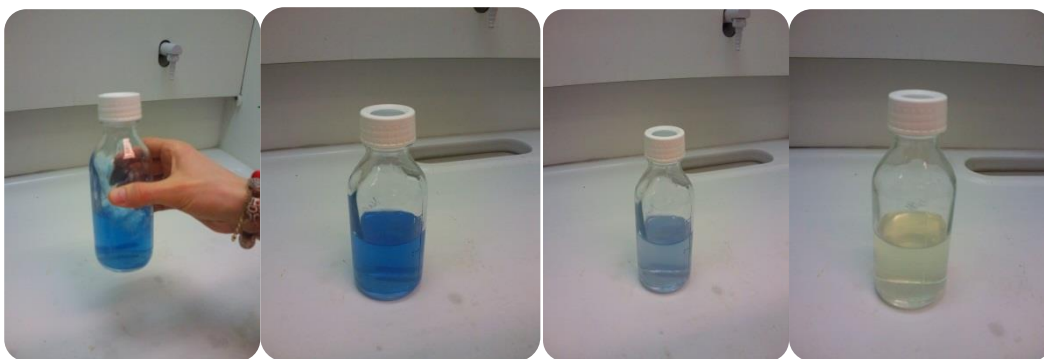
Er zijn vele bekende “flessen” in de chemie en natuurkunde. Eén daarvan is De Blauwe Fles waarbij een redoxreactie met zuurstof, glucose en methyleenblauw in basisch milieu voor het spektakel zorgt. Bijzonder in deze reactie is dat zuurstof in water van belang kan zijn voor reacties. Voor veel leerlingen is het moeilijk voor te stellen dat er daadwerkelijk zuurstof opgelost kan zijn in water.

In de afvalwaterzuivering is de aan- of aanwezigheid van zuurstof in water belangrijk. Een anaërobe (zonder zuurstof) slibafbraak is totaal iets anders dan een aërobe (in aanwezigheid van zuurstof) slibafbraak. Zeker bij het vergisten van afvalwater speelt dit een grote rol. Dit gebeurt namelijk alleen in een anaërobe omgeving.

Bij deze proef treedt glucose uiteindelijk op als reductor en zuurstof als oxidator in een sterk basische oplossing. Bij toevoeging van methyleenblauw aan de glucoseoplossing reduceert glucose de blauwe vorm van methyleenblauw, MB^+ , tot de leukovorm, MBH_2^+ , waardoor de oplossing kleurloos wordt. Door schudden komt er zuurstof in de oplossing. Hierdoor wordt MBH_2^+ geoxideerd tot de blauwe MB^+ .

In een relatief langzamer reactie reduceert MB^+ weer een volgende portie glucose en wordt daarbij zelf weer omgezet in de leukovorm. Bij opnieuw schudden volgt weer dezelfde reactiecyclus. De oxidatie producten van glucose kleuren na enige tijd de vloeistof geel.

Er ontstaat een blauwe oplossing die binnen enkele minuten kleurloos wordt. Na krachtig schudden ontstaat de blauwe kleur weer. Deze verdwijnt langzaam. Na 20 keer schudden, vervaagt het kleureffect. Na enige tijd zal de kolf niet meer reageren en geel worden.



Figuur 10. De verkleuringen van De Blauwe Fles.

Uitleg aan de leerling.

Bij het bespreken van de proef kan het proces in de blauwe fles vergeleken worden met het mengen van olie en water. Als je schudt, ontstaat er één geheel. Na verloop van tijd ontmengt het geheel weer en komen de oorspronkelijke lagen weer terug. Het zijn omkeerbare processen. Dit kan ook gemakkelijk en snel gedemonstreerd worden.

Tips!

Laat de leerlingen zelf ontdekken hoe deze reactie werkt. Laat ze niet in chemische termen denken maar in letters A, B, C, D. Daag ze uit zelf een hypothese te bedenken.

Bij een afgesloten kolf is bij het openen van de kolf merkbaar dat er onderdruk is ontstaan door het verbruik van zuurstof.

Deze fles is ook geschikt om op een open dag te doen.

Adsorptie

Doel van de proef

Na het uitvoeren van de proef weten de leerlingen dat:

- Kleurstof gebonden kan worden aan actieve kool en zo verwijderd kan worden uit water
- Adsorptie en filtratie scheidingsmethoden zijn

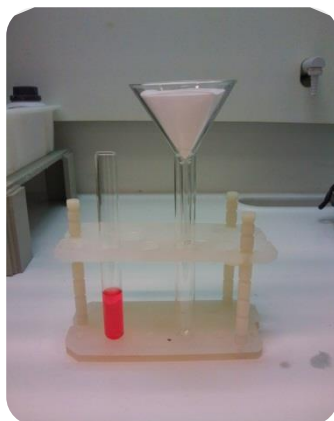
Adsorptie is een scheidingsmethode die veel leerlingen niet direct aanspreekt of waar ze voorbeelden van kennen. Toch wordt deze methode zeer veel toegepast bij drinkwaterbereiding.

Hoe een zwarte stof als kool voor zuivering van water kan zorgen, lijkt heel onwerkelijk maar na het doen van deze proef is het duidelijker voor de leerlingen.

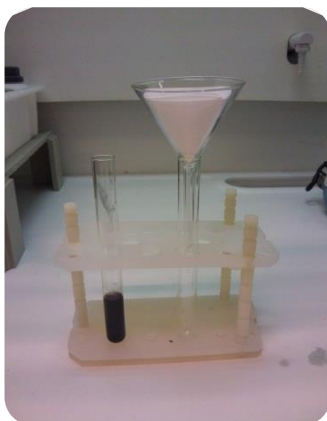
Bij dit experiment wordt water, vervuild met de kleurstof cochenille rood, bewerkt met actieve kool. Na filtratie, om de koolstof te verwijderen, blijft kleurloos water over.

Tip!

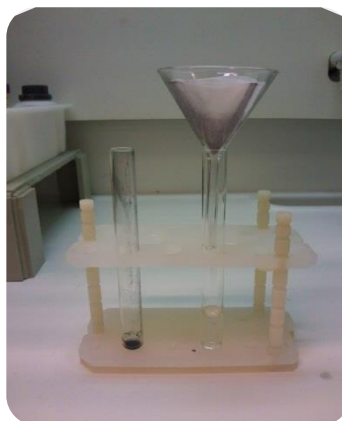
Het is ook mogelijk om bij deze proef het gekleurde water door limonade te vervangen. Als de proef wordt uitgevoerd met hygiënisch gereinigd glaswerk, kan de kleurloze limonade na afloop ook gedronken worden. Leuk is dan om te bepalen of de kleur van belang is voor de smaak.



figuur 11a



figuur 11b



figuur 11c

Figuur 11a. Water, vermengd met rode kleurstof, vóór adsorptie.

Figuur 11b. De adsorptiestap: de koolstof adsorbeert de rode kleurstof.

Figuur 11c. Door middel van filtratie wordt de koolstof verwijderd.

Leerlingwerkblad

Zuurgraad

In dit experiment gaat het om het zichtbaar maken van verschillende zuurgraden, ook pH-waarden genoemd, met behulp van universeel indicator. Het is de bedoeling om zo veel mogelijk kleurschakeringen te verkrijgen. Met een pH-meter kun je de exacte pH-waarde meten.

Benodigheden

- 10 ml universeel indicator

Dit is een mix van verschillende indicatoren die allemaal een ander omslagpunt hebben en dus om beurten voor een verkleuring zorgen. De indicatoren die gebruikt worden, zijn:

- 20 mg methyloranje
 - 40 mg methylrood
 - 80 mg broomthymolblauw
 - 100 mg thymolblauw
 - 200 mg fenolftaleïne
- } opgelost in 300 ml ethanol

Verdunnen kan noodzakelijk zijn.

- 0.02 M HCl-oplossing, 1 ml geconcentreerd zoutzuur (HCl 37%) verdunnen tot 1 l
- 0.02 M NaOH-oplossing, 0.8 g NaOH verdunnen tot 1 l

Uitvoering

- Voeg 10 ml universeel indicator in een erlenmeyer (deze oplossing is rood).
- Voeg een ongeveer 10 ml water toe.
- Druppel vervolgens met een pasteurpipet voorzichtig natronloog oplossing toe.
- Noteer in tabel 1 de kleur en of de oplossing zuur neutraal of basisch is.



aantal druppels natronloog	kleur	zuur/neutraal/basisch

Tabel 1.

De kleur slaat uiteindelijk om tot paars.

Nu kan er zuuroplossing toe gedruppeld worden en komt uiteindelijk de rode beginkleur weer terug. Vul bij het druppelen van zoutzuur tabel 2 in.

aantal druppels zoutzuur	kleur	zuur/neutral/basisch

Tabel 2.

Probeer nu de volgende vragen te beantwoorden.

1. Welke kleur heeft een zure oplossing?
2. Welke kleur heeft een basische oplossing?
3. Welke pH-waarden heeft de oplossing bij de kleur geel, oranje, groen en blauw?

kleur	pH-waarde
geel	
oranje	
groen	
blauw	

1. Waarom moet je druppelen met zuur of loog en kun je het zuur of de loog er niet bijschenken?

Leerlingwerkblad

De Blauwe Fles

Door het schudden verandert er iets in de samenstelling van de oplossing in de fles. Het is de bedoeling zelf een theorie te bedenken bij het verschijnsel in de Blauwe Fles



Figuur 1. De Blauwe Fles.

Benodigheden

- 0,5 liter kolf met stop (of een plastic fles die goed afsluitbaar is)
- 5 g glucose
- 3 g NaOH in 150 ml water
- 0,1 massa % methyleenblauwoplossing in ethanol

Uitvoering

- Voeg 5 g glucose aan de natronloog toe en schud tot het opgelost is.
- Voeg 5 ml methyleenblauwoplossing toe.
- Schud deze fles en zie wat er gebeurt.
- Noteer je waarnemingen.
- Wacht een poos en schud dan weer opnieuw.

Probeer een antwoord te vinden op de volgende vragen

1. Wat zou de oorzaak kunnen zijn van de kleuromslagen?
2. Waarom kan het meerdere keren plaatsvinden?
3. Waarom moet de dop stevig op de fles gedraaid blijven?

Leerlingwerkblad

Adsorptie

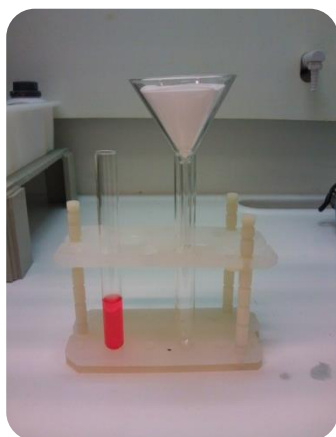
Adsorptie is een scheidingsmethode die toegepast wordt bij waterzuivering. Hoe een zwarte stof, als actieve kool, water kan zuiveren, lijkt heel onwerkelijk maar na het doen van deze proef, ben je overtuigd.

Benodigheden.

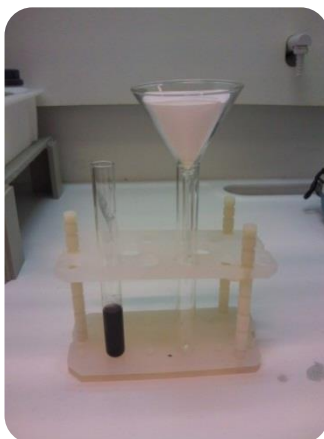
- Twee reageerbuizen + rekje
- Water
- Kleurstof, bijvoorbeeld cochenille rood E120
- Actieve kool
- Filtrepapiertje
- Trechter

Werkwijze

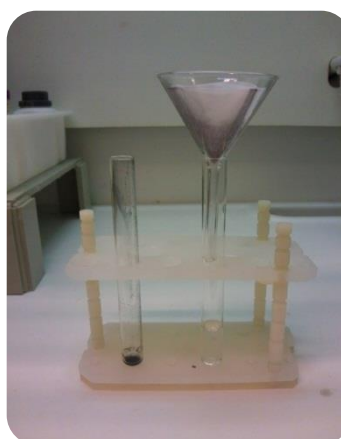
- Voeg een spatelpunt kleurstof toe aan het water.
- Voeg dan een scheepje actieve kool poeder toe en meng goed.
- Laat dit mengsel over een filtrepapiertje in een trechter lopen.



Figuur a



Figuur b



Figuur c

Figuur 28a. Water, vermengd met rode kleurstof, vóór adsorptie.

Figuur 28b. De adsorptiestap: de koolstof adsorbeert de rode kleurstof.

Figuur 28c. Door middel van filtratie wordt de koolstof verwijderd.

Probeer nu de volgende vragen te beantwoorden.

1. Hoe ziet het filtraat eruit?
2. Waar is de kleurstof gebleven?
3. Waarom moet je het zwarte mengsel filtreren?
4. Denk je dat de actieve kool alle (giftige) stoffen kan adsorberen?
5. Kun je steeds dezelfde kool blijven gebruiken?
6. Bedenk een toepassing voor het gebruik van actieve kool.