

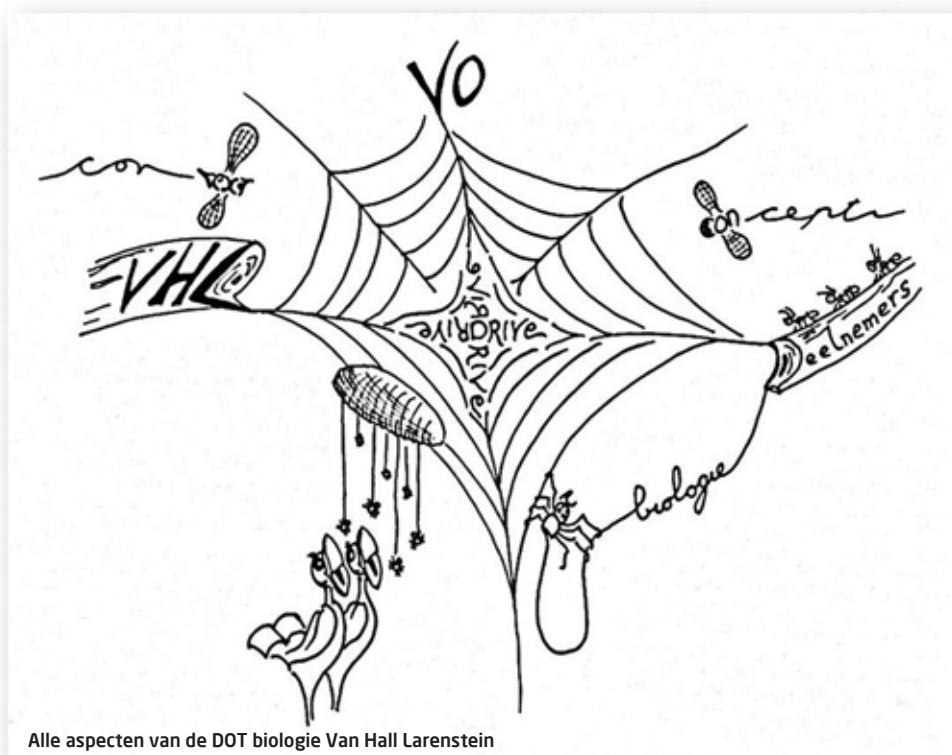
De N-kringloop in een burger van eendenkroos

Onderzoeken in dienst van ontwerpen

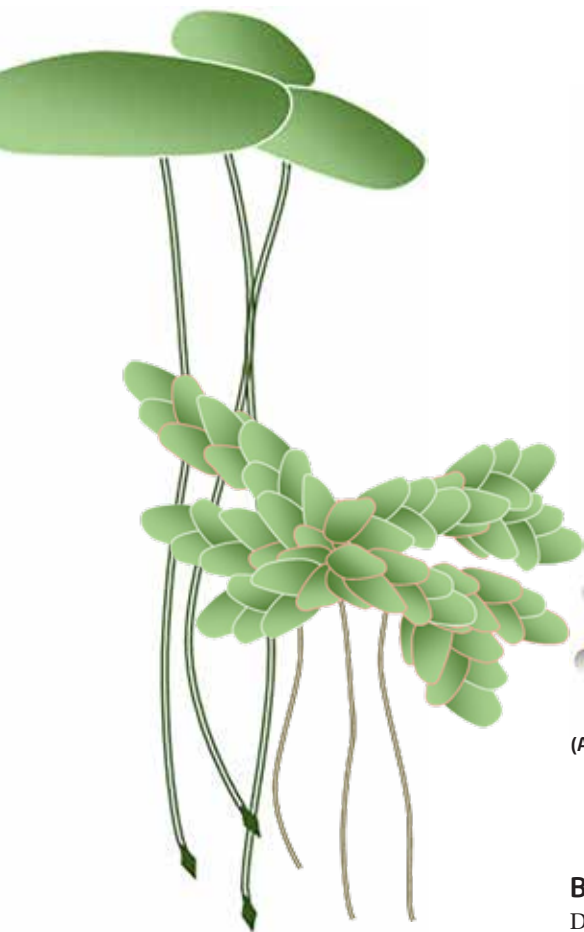
Twee jaar duurde het ontwerpen van de lessenserie 'Een burger van eendenkroos'. Bij de DOT biologie hadden we als doel bovenbouwleerlingen enthousiaster aan de gang te zetten met de stikstofkringloop. Alle stappen van oriëntatie tot werkvormen verzamelen en nieuwe practica uitdenken zijn inmiddels gemaakt. De laatste stap was het uitschrijven tot één lopend contextrijk geheel. Op dit moment zijn er vijftien opdrachten uitgeschreven. De kweek van eendenkroos (als alternatief gewas) loopt er als een rode lijn doorheen. Tussendoor wordt er veel informatie over de stikstofkringloop verzameld, onderzoek gedaan om te komen tot een verbeterd ontwerp voor een eendenkroosteelt.

De lessenserie begint met een leerdoel dat niet veel aandacht krijgt in het dagelijkse biologieonderwijs, namelijk morele oordeelsvorming. Met behulp van het onderzoek van Tore van der Leij (2018) naar oordeelsvorming in het biologie onderwijs, wordt een aantal stellingen gelanceerd als: 'over tien jaar eten we alleen nog maar vegaburgers'. De leerling wordt aangezet tot nadenken over de morele achtergrond van dierlijke en plantaardige eiwitten. Die werkvorm gaat vervolgens over in een onderzoek naar de verschillen in smaak tussen een rundvleesburger en een vegaburger. Daarna ga je als docent dieper in op de noodzaak

PETER VISSER is docent biologie en O&O. Gedetacheerd aan Van Hall Larenstein als DOT-coach biologie. Daarnaast technator binnen Netwerk Drenthe. De passie om als onderwijsontwerper aan de gang te gaan ontstond binnen het vernieuwingstraject van de BOS (Biologie Ontwikkel Scholen) voor het nieuwe eindexamenprogramma havo/vwo. Voor meer informatie en contactgegevens: <https://www.linkedin.com/in/peter-visser-8813538/> of peter.visser@hvhl.nl



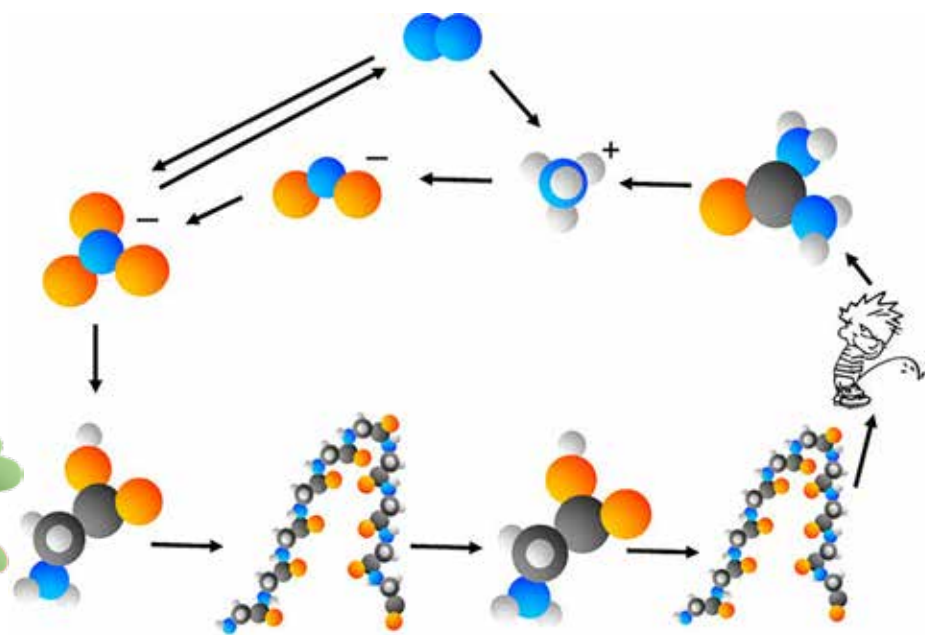
Alle aspecten van de DOT biologie Van Hall Larenstein



Grafische weergave van *Lemna minor* (links)
Grafische weergave van *Azolla filiculoides* (rechts)

van vlees of eigenlijk eiwitten. Tot dan ben je nog dicht bij de leefwereld van de leerling gebleven.

Nu geef je leerlingenteams de uitdaging om zoveel mogelijk plantaardig eiwit te produceren met behulp van eendenkroos. Als DOT biologie hebben we verschillende plantjes vergeleken op bruikbaarheid in de les en eendenkroos voldeed aan vrijwel alle eisen (Gauw, 2017). Vooral het hoge eiwitgehalte viel op. Tot meer dan 40% drooggewicht als het onder optimale omstandigheden wordt geteeld (Gauw, 2017). Daarnaast hebben we het contact gelegd met het kennisknooppunt Better Wetter waar natte teelt wordt onderzocht en nieuwe gewassen gelanceerd. Eén van die gewassen is eendenkroos.



(An)organische stoffen in de N-kringloop

Better Wetter

De leerlingen krijgen in teams een ontwerp-opdracht, want het telen vergt nogal wat kennis en toepassing en daarbij hebben ze elkaar nodig. Dat betekent een langer lopend experiment waarin teams ook nog eens met elkaar in competitie gaan. De opdrachten die ze ondertussen krijgen, zorgen voor genoeg theoretische en praktische kennis over abiotische factoren die belangrijk zijn voor hun teelt van eendenkroos.

Daarmee kom je al snel op molecuulniveau. Ze hebben bijvoorbeeld nitraten (en fosfaten) nodig. In welke hoeveelheden en waarvoor eigenlijk? Daarnaast komt de factor licht aan bod in verband met de fotosynthese.

Als ze op molecuulniveau hebben nagedacht over hun plantjes, dan krijgen leerlingen een werkvorm voorgeschoteld waarin ze zelf een stikstofkringloop moeten construeren, maar niet in één keer, maar in een drietal overzichtelijke stappen. Een kant-en-klaar schema, ook dat in *Binas*, is voor de meeste leerlingen zeer abstract en hoe goed je ook elk onderdeel toelicht; inzicht voor dit complexe systeem ontbreekt vaak bij de leerling. Persoonlijk zag ik dat jarenlang helaas terug in de toetsing. Veel leerlingen vertoonden geen transfer van kennis van het schema in het boek of *Binas* naar een ietwat anders vormgegeven stikstofkringloop in de toets. De stappen richten zich dan ook op onderde-

len van de stikstofkringloop als een logische volgorde van moleculen. Daarna de plaatsing van de organismen en ten slotte de processen. De hogere organismen zijn dan niet het gras en de koe, maar het eendenkroos en zichzelf. Er zijn ook geen knolletjesbacteriën, maar wel stikstofbindende cyanobacteriën. Alle onderdelen van de stikstofkringloop worden opgepakt in verschillende opdrachten binnen de lessenserie.

De cyanobacteriën (*Anabaena azollae*) spelen bijvoorbeeld een rol in een demonstratiepracticum.

Daarbij zien de leerlingen dat kroosvaren (*Azolla filiculoides*) zonder een stikstofbron beter groeit dan eendenkroos. Daaruit volgt een onderwijsleergesprek en in de daaropvolgende microscopie-opdracht komen leerlingen erachter dat kroosvaren samenwerkt met cyanobacteriën. Kroosvaren heeft zelfs een inwendige ruimte gereserveerd voor deze stikstoffixerder. De cyanobacteriën zijn bij 400x vergroting prima te zien. Leuk meegenomen is dat veel leerlingen dan voor de eerste keer een bacterie kunnen waarnemen.

Ook wordt endosymbiose aangestipt binnen deze opdracht. Je kunt met een beetje moeite bladgroenkorrels vergelijken met cyanobacteriën en dan komen de kleur en grootte overeen.





Op jacht naar kroosvaren



Teeltopstelling
Azolla filiculoides

bacteriën), na een dikke week zijn nitriet en nitraat (nitrificerende bacteriën) aan te tonen; een paar dagen later zijn deze stoffen weer verdwenen (denitrificerende bacteriën). De leerlingen doorlopen alle stappen van natuurwetenschappelijk onderzoek en worden gestimuleerd om met de uitkomsten hun teeltonwerp te optimaliseren. Tot slot wordt ook de relatie tussen eendenkroos en diverse andere organismen bekeken. Sommige zijn concurrent, anderen herbivoor of parasiet. Energiestromen komen aan bod om de duurzaamheid van eendenkroosburger in vergelijking met rundvleesburger te onderbouwen.

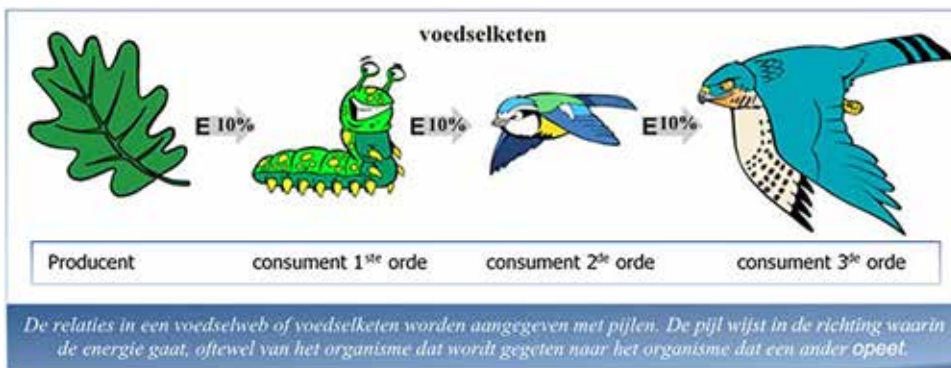
De organismen die een positieve of negatieve voedselrelatie hebben met eendenkroos komen terug in een voedselweb. Ook die belangrijke biotische factoren moeten de leerlingen gebruiken om hun teeltopzet te verbeteren.

Uiteindelijk zal al het gekweekte eendenkroos (en een flinke biomassa eendenkroos gekweekt door de toa) gebruikt worden om echte eendenkroosburgers te maken. Leerlingen leren binnen deze lessenserie dat hun onderzoeksgegevens toegepast kunnen worden om hun ontwerp te optimaliseren.

Enkele opmerkingen: de lessenserie is geschikt voor de bovenbouw havo en vwo. Het materiaal is nog niet volledig uitgeprobeerd in de klas. Er is een docentenhandleiding en een leerlingenhandleiding. De toets is in de maak. Het materiaal zal natuurlijk door de docent aangepast moeten worden aan de eigen lessituatie. Ook een praktische struikelblok is het in stand houden van continue kroosvarenteelt. In een kleine vaas lukte het aardig, maar vanuit een vijver of ze verzamelen in het veld is waarschijnlijk handiger. ●

BRONNEN

- Leij, T. van der. (2018). *Oordeelsvorming bij biologie 'Leerlingenhandleiding'*. Rijksuniversiteit Groningen.
- Gauw, C. (2017). presentatie *De teelt van Eendenkroos: in theorie en praktijk*, 22-06-2017.
- Schalk, H. H. (2006). *Zeker weten? Leren de kwaliteit van biologie-onderzoek te bewaken in 5 vwo* Amsterdam: Onderwijscentrum VU.
- Better Wetter (2018). <http://betterwetter.nl/>.
- Biologie HAVO Syllabus Centraal Examen 2018, versie 2, april 2016 <https://www.examenblad.nl/>.



Energiestromen in een voedselketen

Overigens is het nog een hele zoektocht geweest naar *Azolla filiculoides*. Op de juiste momenten in het jaar kan dit plantje het wateroppervlakte mooi rood kleuren. Op de foto ziet u op een 'geheime' locatie in Leeuwarden, één van onze DOT-leden, Homme Bakker een flinke schep Azolla uit de sloot nemen.

Een andere nieuw experiment dat veel onderdelen van de stikstofkringloop aanpakt, gaat uit van de onderzoeksvraag: "Wat gebeurt er met ureum na uitscheiding in het milieu?" De eendenkroosburger wordt immers verteerd en via de lever ontstaat

uit aminozuren het molecuul ureum. Ureum wordt vervolgens met de urine uitgescheiden. Hoe kan het dan dat we niet zwemmen in de urine? Om dat inzichtelijk te krijgen, heb je als docent/toa twee goed lopende aquariumfilters nodig. Vervolgens kan de docent op zijn bureau een oplossing ureum laten zien. Je maakt je leerlingen daarbij vast nog enthousiaster als je aangeeft dat het bekglas net in het toilet is gevuld. In een onderwijsleergesprek zul je met de leerlingen een onderzoek opzetten en uitvoeren (Schalk, 2006). Kort gezegd zullen in het filter alle mogelijke bacteriële omzettingen plaatsvinden die we kennen van de stikstofkringloop. Na één of twee dagen is er al ammoniak te ruiken (rottings-

