

Docentenhandleiding

# Synthetische biologie

**Naar een kritisch perspectief**



# Colofon



Universiteit Utrecht



synenergine

Responsible Research and Innovation in Synthetic Biology

Freudenthal Instituut  
voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen

v1.0

Deze lesmodule is ontwikkeld door het Freudenthal Instituut, in het kader van het Europese project SYNERGENE.

## Auteurs

Karina Fonseca Azevedo, Marie-Christine Knippels

Vertaald uit het Engels door Eva Supit

Aangepast door Michiel van Harskamp

Delen van deze lesmodule zijn gebaseerd op en/of geïnspireerd door de eerste lesmodule "*Synthetic biology: what is possible and advisable?*"

<http://www.fi.uu.nl/toepassingen/28400>

## Illustraties

Jenty Heijstek

## Vormgeving

Miranda Overbeek

Op deze lesmodule is de Creative Commons Naamsvermelding Niet-commercieel Gelijk delen 3.0 Nederland Licentie van toepassing (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/nl>).

Bij vragen of opmerkingen kunt u contact opnemen met het Freudenthal Instituut (fisme@science.uu.nl).



Deze lesmodule is ontwikkeld met subsidie van het 'European Union's Seventh Framework Programme for research, technological development and demonstration' (subsidieovereenkomst nummer: 321488).

# Inhoudsopgave

Niveau en leerdoelen .....	4
Introductie.....	5
Achtergrondinformatie voor de docent.....	5
Wat zijn techno-morele vignetten?.....	6
Structuur van de module .....	7
Instructie per les .....	8
Bijlage 1: Voorbeelden van gevoelens, morele kwesties en vragen die op kunnen komen tijdens het zien van de techno-morele vignette "Bioluminescerende straatlantaarns" .....	14
Bijlage 2: Mogelijke antwoorden bij opdracht 5. ....	15
Bijlage 3: Mogelijke antwoorden voor opdracht 6.....	16
Bijlage 4: Docententool voor het houden van een klassikale dialoog .....	17
Bronnen .....	24

## Niveau en leerdoelen

<b>Niveau</b>	Bovenbouw havo/vwo – leerlingen tussen de 15 en 18 jaar
<b>Vak</b>	Biologie
<b>Benodigde voorkennis</b>	De leerlingen dienen de volgende onderwerpen behandeld te hebben, alvorens te starten met de lesmodule: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Genetica</li> <li>• DNA-replicatie</li> <li>• Eiwitsynthese</li> <li>• Biotechnologie (zoals recombinant-DNA-techniek)</li> </ul>
<b>Leerdoelen</b>	Na het maken van deze lesmodule kunnen leerlingen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Morele (sociaalwetenschappelijke) kwesties en dilemma's identificeren en hun eigen standpunten uitleggen.</li> <li>• Het wetenschappelijke concept achter synthetische biologie in grote lijnen beschrijven en deze informatie toepassen in nieuwe situaties (bijv. in combinatie met het analyseren van een moreel vraagstuk)</li> <li>• Een betekenisvolle mening genereren over de ontwikkelingen binnen synthetische biologie (oftewel, kritisch nadenken over de voordelen tegenover de risico's en morele overwegingen)</li> </ul>
<b>Eindtermen</b>	Deze lesmodule ondersteunt het internationale doel ter promotie van Wetenschappelijke Geletterdheid en Houding tegenover Wetenschap en Technologie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Communiceer duidelijk over wetenschap</li> <li>• Maak geïnformeerde beslissingen over deze kwesties</li> <li>• Begrijp de wetenschappelijke relevantie voor sociale zaken en milieukwesties.</li> </ul> Deze lesmodule sluit o.a. aan bij de volgende (sub)domeinen uit het biologie examenprogramma: <ul style="list-style-type: none"> <li>• A1 Informatievaardigheden gebruiken</li> <li>• A2 Communiceren</li> <li>• A9 Waarderen en oordelen</li> <li>• A14 Systemdenken</li> <li>• B1 Eiwitsynthese</li> <li>• C1 Zelforganisatie van cellen</li> <li>• C3 Zelforganisatie van ecosystemen</li> <li>• D1 Moleculaire interactie</li> <li>• D2 Cellulaire interactie</li> <li>• E2 Levenscyclus van de cel</li> </ul>
<b>Duur</b>	3 x 50 minuten

## Introductie

Synthetische biologie (synbio) is een nieuw interdisciplinair veld dat een snelle ontwikkeling doormaakt. Synbio heeft veel potentie om oplossingen te bieden voor vraagstukken met betrekking tot gezondheid, voedsel en energie, maar er bestaan ook risico's. In deze lesmodule maken leerlingen kennis met een mogelijk toekomstscenario waarin een specifieke toepassing van synthetische biologie (nl. bioluminescerende straatlantaarns) wordt gevisualiseerd met de mogelijke consequenties. Een dergelijk toekomstscenario (zogenaamd vignet) stimuleert leerlingen in het verwoorden van emoties, argumenten en vragen. Vervolgens worden de leerlingen geconfronteerd met de huidige realiteit van bioluminescerende planten en doe-het-zelf-synbio-ondernemingen. Zo wordt er een behoefte gecreëerd bij leerlingen om meer te weten te komen over wat synbio eigenlijk is. In les 2 leren leerlingen over de geschiedenis van synbio en bekijken ze enkele toepassingen. De lesmodule eindigt met een synbiocrisis-vignet en een open dialoog over de wenselijkheid van bepaalde toepassingen van synbio en regulaties.

## Achtergrondinformatie voor de docent

Het interdisciplinaire wetenschapsgebied synbio is sinds een tiental jaren in opkomst, door de samenwerking tussen biologen, engineers en informatici. In de synbio worden bestaande technieken uit de biotechnologie, zoals de recombinant-DNA-technologie en DNA-sequenzen, doorontwikkeld zodat bestaande en nieuwe biologische systemen aangepast, ontworpen en gebouwd kunnen worden. Dit wordt ook wel het *engineeren* van biologische systemen genoemd. Waar in de klassieke recombinant-DNA-technologie de gewenste DNA-sequentie uit bestaand DNA moest worden geknipt, kunnen DNA-sequenties nu gesynthetiseerd worden, en is het nu mogelijk om het DNA via internet te bestellen. Het DNA kan worden gekozen uit een database of zelf worden ontworpen. Ook zijn BioBricks, gestandaardiseerde DNA-onderdelen met een bepaalde functie, beschikbaar. Hiermee kunnen bestaande systemen worden aangepast of nieuwe systemen gecreëerd worden.

Wanneer u meer wilt weten over synbio, kunt u de volgende links bekijken:

- Het virtueel leerplatform van het Freudenthal Instituut over synbio, met o.a. achtergrondinformatie en lesmateriaal: <http://www.fi.uu.nl/synenergene/>
- SYNENERGENE-projectplatform: <https://www.synenergene.eu/>
- Synbio Watch presenteert kritische perspectieven op de synbio-industrie, gebaseerd op ethische, sociale, economische en ecologische gronden: <http://www.synbiowatch.org/>
- Een filmpje dat uitlegt hoe DNA wordt gesynthetiseerd – door GeneArt®: <https://www.youtube.com/watch?v=1S0x3aRCviM>

## Wat zijn techno-morele vignetten?

Deze lesmodule start met een 'techno-moreel vignet' in de vorm van een geanimeerd toekomstscenario. Techno-morele vignetten zijn korte verhalen, gebaseerd op recente wetenschappelijke publicaties, waarin mogelijke toekomstige morele dilemma's worden geïntroduceerd. In het biologieonderwijs van de middelbare school helpen techno-morele vignetten bij het verbeelden van een synbio-gerelateerde toekomst en ze helpen bij het aanzwengelen van het leerproces gebaseerd op sociaalwetenschappelijke kwesties. De vignetten waren oorspronkelijk ontwikkeld om politici uit te dagen tot een debat, maar ze hebben zich nuttig bewezen voor educatieve doeleinden<sup>1</sup>.

Wanneer u meer wilt weten over techno-morele vignetten, kunt u de volgende link bekijken: <https://www.rathenau.nl/nl/page/synbio-scenarios>

---

<sup>1</sup> Ruijter, C. de (2013). Techno-moral vignettes: A useful tool to introduce synthetic biology related socio-scientific issues? Wetenschapsfaculteit Universiteit Utrecht Masterthesis <http://dspace.library.uu.nl/handle/1874/278453>

# Structuur van de module

## Les 1

1	Introductie	5 min	Introduceer de video en verstrek het werkblad van onderdeel 1
2	Video: <a href="http://www.youtube.com/watch?v=xGQ6Cp1dC4c">www.youtube.com/watch?v=xGQ6Cp1dC4c</a>	5 min	Video over een hypothetisch toekomstscenario, activeer gevoelens van leerlingen
3	Lesmodule onderdeel 1: 'Synthetische biologie: gevoelens, morele kwesties en vragen'	25-30 min	Erkenning van gevoelens, vragen en morele kwesties
4	Lesmodule onderdeel 2: 'Al realiteit: bioluminescerende planten en doe-het-zelf-biohackers'	15-20 min	Nieuwe perspectieven en reflectie, werkblad bij onderdeel 2

## Les 2

1	Introductie	5 min	Introduceer de video en verstrek het werkblad van onderdeel 3
2	Video en opdracht 5, onderdeel 3: <a href="http://www.youtube.com/watch?v=rD5uNAMbDaQ">www.youtube.com/watch?v=rD5uNAMbDaQ</a>	10 min	Video over synbio en opdracht 5
3	Klassikale reflectie	15-20 min	Over de wetenschappelijke inhoud
4	Geschiedenis, technieken en toepassingen	20-25 min	Verdieping over het hoe-en-wat van synthetische biologie en de toepassingen

## Les 3

1	Introductie	5 min	Introduceer de video en verstrek het werkblad van onderdeel 4
2	Video: <a href="http://www.youtube.com/watch?v=xGQ6Cp1dC4c">www.youtube.com/watch?v=xGQ6Cp1dC4c</a>	5 min	Video over hypothetische synbiocrisis
3	Groepswerk: opdracht 8	10-15 min	Groepen betrokken bij en beïnvloed door de synbiocrisis
4	Open dialoog	20-25 min	Open dialoog met de hele klas
5	Eindopdracht en lesafsluiting	10 min	Individuele eindopdracht

# Instructie per les

## Les 1

1	Introductie	5 min	Introduceer de video en verstrek het werkblad van onderdeel 1
2	Video: <a href="http://www.youtube.com/watch?v=xGQ6Cp1dC4c">www.youtube.com/watch?v=xGQ6Cp1dC4c</a>	5 min	Video over een hypothetisch toekomstscenario, activeer gevoelens van leerlingen
3	Lesmodule onderdeel 1: 'Synthetische biologie: gevoelens, morele kwesties en vragen'	25-30 min	Erkenning van gevoelens, vragen en morele kwesties
4	Lesmodule onderdeel 2: 'Al realiteit: bioluminescerende planten en doe-het-zelf-biohackers'	15-20 min	Nieuwe perspectieven en reflectie, werkblad bij onderdeel 2

### Benodigheden

- Smartboard of beamer (duur: 2.30 min).
- Werkbladen van onderdeel 1 en onderdeel 2 (voor elke leerling) in kleur geprint.
- Schoolbord voor klassikale activiteit.

#### 1. Introductie (5 min)

- Docent legt uit dat de leerlingen een video gaan zien over een hypothetisch toekomstscenario waarin planten lichtgeven.
- Docent geeft iedere leerling het werkblad van onderdeel 1 en instrueert de leerlingen opdracht 1 te lezen voor de video begint.

#### 2. Video (5 min)

- Docent speelt de video "Bioluminescerende straatlantaarns" af en leerlingen kijken.
  - Zie achtergrondinformatie op pagina 5 van de studentenhandleiding.

#### 3. Lesmodule onderdeel 1: 'Synthetische biologie: gevoelens, morele kwesties en vragen' (25-30 min)

- Docent vraagt leerlingen opdracht 1 te doen (~10 min)
  - Leerlingen schrijven hun gevoelens, vragen en geïdentificeerde morele kwesties op.
  - Docent loopt en controleert of de leerlingen de opdracht begrijpen en helpt waar nodig.
  - Docent helpt eventueel door de leerlingen een voorbeeld te geven van een gevoel, een vraag of een morele kwestie, afhankelijk van de behoefte van de leerling(en). Zie bijlage 1 (p. 14) voor voorbeelden.
- Docent instrueert leerlingen om tweetallen te vormen en opdracht 2 te maken. (~5 min)
  - Leerlingen leggen elkaar uit welke gevoelens, vragen en morele kwesties ze opgeschreven hebben.
  - Docent vraagt leerlingen notities te maken op het werkblad van de antwoorden en de uitleg van hun klasgenoot.
- Docent stelt vragen aan de hele klas voor klassikale reflectie (~10 min)
  - Vragen:
    - Wat zijn de gevoelens die opkomen bij het zien van de video (en waarom)?
    - Wat zijn de morele kwesties die jij (de hele klas) kunnen identificeren?



- Welke vragen kwamen bij jou (de hele klas) op bij het zien van dit hypothetische toekomstperspectief en welke informatie ontbreekt op dit moment? (Behoeftte voor wetenschappelijke informatie/kennis opwekken.)
- Docent schrijft de antwoorden van de leerlingen op het schoolbord.
  - Docent kan gebruik maken van de voorbeelden voor gevoelens, vragen en morele kwesties in bijlage 1 (p. 14) om de antwoorden van de klas aan te vullen met andere mogelijkheden. (Klassikale reflectie naar een hoger niveau tillen.)
  - Docent maakt persoonlijke aantekeningen van de vragen van de leerlingen die alleen later beantwoord kunnen worden door middel van de wetenschappelijke kennis (les 2).

#### 4. Lesmodule onderdeel 2: 'Al realiteit: Bioluminescerende planten en doe-het-zelf-biohackers' (15-20 min)

- Docent geeft de leerlingen het werkblad van onderdeel 2 en vraagt hen om het artikel "Bioluminescerende planten en doe-het-zelf-biohackers in de realiteit: bedreigingen voor het leven?" te lezen en opdracht 3 en 4 te maken\*.
  - In opdracht 3 schrijven leerlingen op welke gevoelens en vragen het artikel bij ze opwekte en schrijven leerlingen hun gevoelens op in relatie tot het huidige perspectief op bioluminescerende planten en doe-het-zelf-biohackers.
  - In opdracht 4 wordt leerlingen gevraagd om de mogelijke morele kwesties te identificeren en om hun persoonlijke standpunt per morele kwestie te beschrijven.
- Docent vraagt de klas of gevoelens zijn veranderd na het lezen en waarom (niet).
  - Docent schrijft eventueel een samenvatting van de antwoorden op het bord.
- Docent vraagt wat de vragen zijn die werden opgewekt bij het lezen van het artikel en bespreekt kort deze vragen met de klas.
  - Docent maakt persoonlijke aantekeningen van de vragen van de leerlingen die alleen later beantwoordt kunnen worden door middel van de wetenschappelijke kennis (les 2).
- Docent vraagt diverse leerlingen welke morele kwesties zij hebben kunnen identificeren en welk persoonlijk standpunt ze daarbij hebben.
  - Docent schrijft eventueel de antwoorden op het bord.
  - Docent vraagt de leerling eventueel om zijn/haar antwoord aan te vullen als deze niet volledig is.

\*In het geval er onvoldoende tijd beschikbaar is tijdens de les, kan de docent de leerlingen opdracht 4 als huiswerk meegeven.

#### Achtergrondinformatie over de bioluminescerende straatlantaarn vignet:

Synthetische biologie kan een oplossing bieden voor de energiecrisis die onze aarde momenteel doormaakt, door de ontwikkeling van alternatieve manier voor licht. Licht neemt momenteel 8% in van het totale elektriciteitsverbruik. Om een oplossing te bieden aan dit probleem, moet een biologische oplossing gebruik maken van een momenteel ongebruikte bron. Daarom maken we gebruik van het idee om bioluminescerende bomen te gebruiken ter vervanging van de conventionele straatverlichting. Een dergelijk boom kan fotosynthese doen overdag, om zo energiereserves op te bouwen. We stellen ons voor dat de bomen vervolgens het licht uitstralen in de nacht door gebruik te maken van het bacteriële luciferase systeem. We plaatsten genen van vuurvliegjes en bioluminescerende bacteriën in *E. coli*. Door codon optimalisatie en aminozuur mutagenese konden we fel licht genereren in diverse kleuren. Op basis hiervan bouwden we een set BioBricks, dat het gebruik van diverse kleuren licht als natuurlijke lichtbron faciliteren.

<http://2010.igem.org/Team:Cambridge>

## Les 2

1	Introductie	5 min	Introduceer de video en verstrek het werkblad van onderdeel 3
2	Video en opdracht 5, onderdeel 3: <a href="http://www.youtube.com/watch?v=rD5uNAMbDaQ">www.youtube.com/watch?v=rD5uNAMbDaQ</a>	10 min	Video over synbio en opdracht 5
3	Klassikale reflectie	15-20 min	Over de wetenschappelijke inhoud
4	Geschiedenis, technieken en toepassingen	20-25 min	Verdieping over het hoe-en-wat van synthetische biologie en de toepassingen

### Benodigheden

- Smartboard of beamer (duur: 6.34 min – zonder onderbrekingen).
- Werkbladen van onderdeel 1 en onderdeel 2 (voor elke leerling) in kleur geprint.
- Schoolbord voor klassikale activiteit.

#### 1. Introductie (5 min)

- Docent legt uit dat de leerlingen een video gaan zien over synthetisch biologische technieken en toepassingen.
- Docent geeft iedere leerling het werkblad voor onderdeel 3 (volledige set) en instrueert de leerlingen om opdracht 5 te lezen alvorens de video start.

#### 2. Video en opdracht 5 (10 min)

- Docent speelt de video "Synthetic Biology Explained" af en pauzeert op 2.50. Nu maken de leerlingen opdracht 5. De tabel vullen ze na het hele filmpje gezien te hebben in.
  - Leerlingen schrijven op hun werkblad op wat ze denken dat synthetische biologie is en noemen drie van de technieken en drie van de toepassingen van synthetische biologie die genoemd worden in de video.

#### 3. Klassikale reflectie (15-20 min)

- Docent vraagt diverse leerlingen om hun antwoorden te delen met de klas en geeft feedback (en correcties) indien nodig.
  - Zie bijlage 2 voor mogelijke antwoorden op opdracht 5 (p. 15)
- Docent brengt eventueel de vragen op die leerlingen stelden tijdens les 1 (gebruik hiervoor de persoonlijke aantekeningen) die gerelateerd zijn aan de behoefte naar wetenschappelijke kennis over synthetische biologie en start een korte discussie. Bijvoorbeeld, de vragen: "Hoe werkt synthetische biologie?", "Hoe veilig is synthetische biologie?" en "Is het mogelijk om volledig gecontroleerde synthetische organismen te bouwen?"
  - Docent instrueert de leerlingen om hun eigen antwoorden te baseren op hun huidige kennis over synthetische biologie en biologie in het algemeen.
    - Het is te verwachten dat leerlingen praten over de onvoorspelbaarheid van biologische systemen en mutaties. De docent kan helpen indien nodig.
  - Docent schrijft eventueel de antwoorden van de leerlingen op het bord.

#### 4. Lesmodule onderdeel 3: 'Synthetische biologie: wat is het en wat kan je ermee?', Geschiedenis, Technieken en Toepassingen (20-25 min)

- Docent instrueert leerlingen "Geschiedenis, Technieken en Toepassingen van Synthetische biologie" te lezen dat te vinden is in het werkblad van onderdeel 3.

- Docent vraagt leerlingen om opdracht 6 en 7 te doen.
  - Leerlingen moeten het wetenschappelijke concept van synthetische biologie uitleggen en hoe het verschilt van de traditionele recombinante-DNA-technologie.
  - Leerlingen moeten hun mening, die in relatie staat tot het creëren van vier specifieke synthetische organismen, kenbaar maken en uitleggen
- Docent loopt rond en controleert of leerlingen de tekst en opdrachten begrijpen en helpt indien nodig.
  - Zie bijlage 3 voor mogelijke antwoorden bij opdracht 6 (p. 16).
- Docent vraagt leerlingen om hun antwoorden op opdracht 7 uit te wisselen met een klasgenoot en om elkaars diverse standpunten te begrijpen.
  - In les 3, gedurende de klassikale dialoog, krijgen leerlingen de kans om andermans standpunten te begrijpen en meer inzicht te ontwikkelen in de diverse perspectieven en argumenten in relatie tot synthetisch biologische creaties en toepassingen.

## Les 3

1	Introductie	5 min	Introduceer de video en verstrek het werkblad van onderdeel 4
2	Video: <a href="http://www.youtube.com/watch?v=xGQ6Cp1dC4c">www.youtube.com/watch?v=xGQ6Cp1dC4c</a>	5 min	Video over hypothetische synbiocrisis
3	Groepswerk: opdracht 8	10-15 min	Groepen betrokken bij en beïnvloed door de synbiocrisis
4	Open dialoog	20-25 min	Open dialoog met de hele klas
5	Eindopdracht en lesafsluiting	10 min	Individuele eindopdracht

### Benodigheden

- Smartboard of beamer (duur: 2.40 min).
- Werkbladen van onderdeel 1 en onderdeel 2 (voor elke leerling) in kleur geprint.
- Schoolbord voor klassikale activiteit.

#### 1. Introductie (5 min)

- Docent legt uit dat de leerlingen een korte video gaan zien over een hypothetisch toekomstscenario van een synthetische biologiecrisis.
- De docent geeft ieder leerling het werkblad van onderdeel 4.
  - De leerlingen worden geïnformeerd dat zij na het zien van de video in drietallen moeten werken aan opdracht 8.

#### 2. Video (5 min)

- De docent speelt de video "SynBio Scenarios: The FertiBac Crisis" af en leerlingen kijken.

#### 3. Groepswerk: opdracht 8 (10-15 min)

- De docent vraagt de leerlingen om opdracht 8 af te maken in drietallen.
  - Leerlingen moeten reflecteren op de hypothetische relatie tussen de diverse groepen (synthetische biologie-industrie, wetenschappers, Wereldgezondheidsorganisatie en bevolking) en de ontwikkeling binnen synthetische biologie vóór de crisis plaatsvond.
  - Leerlingen krijgen een antwoordvoorbeeld over de groep 'boeren'.
  - Deze opdracht bereidt de leerlingen voor op het houden van een open dialoog.

#### 4. Open dialoog (20-25 min)

- Docent schrijft de perspectieventabel van opdracht 9 op het bord.
  - De tabel kan dienen als uitgangspunt voor de dialoog.
    - Vind argumenten bij de diverse perspectieven.
    - Bedenk meer perspectieven die niet gebruikt zijn in de dialoog.
- Docent start een klassikale dialoog met studenten, met als centrale vraag: "Is synthetische biologie wenselijk?"
- Begin met het één voor één bespreken van de wenselijkheid van specifieke toepassingen (zie onderstaande voorbeelden) en vervolg het gesprek met de wenselijkheid van synthetische biologie in het algemeen.
  - Goedkoop antimalaria medicijn
  - Lichtgevende planten
  - Duurzame brandstof

- Synthetisch humaan genoom
  - Doe-het-zelf-synthetische biologie
  - FertiBac
- Het doel van de dialoog is om leerlingen met elkaar te laten praten, in plaats van dat ze een positie verdedigen. Dit betekent dat er meer gelegenheid is om te luisteren naar elkaar en van elkaar te leren. Daarom is het belangrijk vragen te blijven stellen.
  - Voor handvatten voor het leiden van een klassikale dialoog kun je gebruik maken van bijlage 4 (p. 17) "Docententool voor het voeren van een dialoog".

## **5. Eindopdracht en lesafsluiting**

- De docent vraagt leerlingen hun mening op te schrijven over de wenselijkheid van synthetische biologie in opdracht 9 en 10.
- De docent vat kort samen wat er is behandeld in de lesmodule.
  - Leren over morele kwesties gerelateerd aan synthetische biologie.
  - Leren over het wetenschappelijke concept van synthetische biologie.
  - Leren over de toepassingen van synthetische biologie.
  - Bespreken van de wenselijkheid van synthetische biologie.

# **Bijlage 1: Voorbeelden van gevoelens, morele kwesties en vragen die op kunnen komen tijdens het zien van de techno-morele vignet “Bioluminescerende straatlantaarns”**

## **Gevoelens:**

Verbazing, enthousiasme, geluk, vrolijk  
Nieuwsgierig, geïnteresseerd  
Vertrouwen, Optimistisch  
Verdriet, Spijt, Medelijden  
Bang, angst, verwarrend, twijfel  
Gestrest, Ongepast, Voorzichtig  
Geïrriteerd, teleurgesteld,  
Machteloos, onzeker, negatief,  
Bezorgd, ongemakkelijk

## **Morele kwesties en/of dilemma's (expliciet of impliciet):**

Het belangrijkste dilemma in dit vignet/deze video is: mogen we bomen zodanig aanpassen zodat ze een oplossing vormen voor de energiecrisis die onze planeet doormaakt?

Hebben wetenschappers het recht om lichtgevende bomen te maken?  
Hebben overheden en bedrijven het recht om deze bomen op straat te planten?  
Wie bepaalt of er wel of geen bioluminescerende bomen op straat komen?  
Willen we bioluminescerende planten (en hebben ze nodig)?  
Moeten we toestaan dat mensen thuis nieuwe plantenvariëteiten maken?  
Hoe moeten we deze biotechnologie reguleren in de context van menselijke veiligheid?  
Hoe moeten we het reguleren in de context van veiligheid van andere soorten?  
Willen we het leefgebied van andere soorten verwoesten/ruïneren?  
Willen we dat de overheid (meer) strenge maatregelen neemt?

## **Vragen:**

Wat is synthetische biologie?  
Hoe werkt synthetische biologie?  
Hoe veilig is synthetische biologie voor het milieu?  
Hoe worden bioluminescerende planten gemaakt?  
Wat betekent 'doe-het-zelf-synthetisch bioloog'?  
Hoe werken bioluminescerende planten?  
Zijn er voordelen aan het maken van bioluminescerende bomen? Wat zijn deze voordelen?  
Is het mogelijk om bioluminescerende bomen onder controle te houden (bijv. alleen in de steden planten)?

## Bijlage 2: Mogelijke antwoorden bij opdracht 5

### Opdracht 5

Schrijf op welke technieken en toepassingen van synthetische biologie worden genoemd in de video.

Onderwerpen die worden besproken in de video en die als antwoord genoemd kunnen worden:

<b>Technieken</b>	<b>Toepassingen</b>
<b>GEGEVEN</b> <i>Knippen en plakken van DNA, recombinante-DNA-technologie</i>	<b>GEGEVEN</b> <i>E. chromi: detecteert verschillende concentraties van toxische chemicaliën</i>
<i>BioBricks: gestandaardiseerde DNA-onderdelen/systemen met een specifieke functie</i>	<i>E. coliroid: werkt als een bacteriële polaroidcamera.</i>
<i>DNA online bestellen</i>	<i>Artemisinin: een gesynthetiseerd malariamedicijn</i>
<i>Gesynthetiseerd DNA</i>	<i>Bacterie met een synthetische genoom</i>
<i>DNA als een programmeertaal</i>	<i>Duurzame brandstof van planten door gemodificeerd gist</i>

## Bijlage 3: Mogelijke antwoorden voor opdracht 6

### Opdracht 6

Schrijf de definitie van synthetische biologie op en leg uit hoe dit verschilt van de traditionele recombinante DNA-technologie.

Synthetische biologie ontwikkelt door op al bestaande technieken, zoals recombinante-DNA-technologie en DNA-sequensen. Wetenschappers gebruiken deze verbeterde technieken om nieuwe biologische systemen te bouwen en te ontwerpen. Ze kunnen bijvoorbeeld nieuwe functies in een bestaande cel, weefsel of organisme bouwen, of nieuwe cellen creëren.

In synthetische biologie hoeven wetenschappers niet langer de gewenste stukken DNA uit bestaand DNA te knippen: ze kunnen het gewenste DNA zelf ontwerpen en online bestellen. Het DNA wordt dan gesynthetiseerd door een machine, waarbij suiker als basisstof wordt gebruikt.

### Formele definitie van synthetische biologie:

"Synthetische biologie is het maken van biologie: de synthese van complexe, biologisch gebaseerde (of geïnspireerde) systemen die functies tentoonstellen die niet in de natuur voorkomen. Deze synthese kan op elk niveau van de hiërarchische biologische structuren worden gebruikt – van individuele moleculen tot hele cellen, weefsels en organismen. Kortom, synthetische biologie faciliteert het ontwerp van biologische systemen op een rationele en systematische manier."

*Source:* High-level Expert Group European Commission (vertaald uit het Engels).

### Geadviseerde metafoor voor synthetische biologie<sup>2</sup>:

Synthetische biologie is een nieuw wetenschappelijk vakgebied. In synthetische biologie kunnen wetenschappers niet alleen de DNA-code lezen, maar ze kunnen het ook schrijven. Hiermee kunnen ze een nieuwe taal creëren waarin staat beschreven wat cellen moeten doen, oftewel een nieuwe handleiding voor de cel. Ook is het mogelijk om een volledig nieuwe handleiding te schrijven. Op deze manier bouwden wetenschappers bijvoorbeeld de bacterie dat een antimalaria medicijn produceert.

---

<sup>2</sup> In overeenstemming met het volgende onderzoek: Sekeris, F. (2015). Metaphor usability for clarifying synthetic biology in upper secondary education. Master Thesis Utrecht University.



# Bijlage 4: Docententool voor het houden van een klassikale dialoog

Door: Miranda Overbeek, Marie-Christine Knippels en Arend Jan Waarlo (Freudenthal Instituut, Universiteit Utrecht, 2014)

Wetenschap en technologie zijn continu in ontwikkeling; hoe bereid je leerlingen voor op besluitvorming over *socio-scientific issues* (SSIs) ofwel complexe problemen door wetenschappelijke/technologische ontwikkelingen die invloed hebben op de maatschappij? Eén van de manieren om dit te doen is d.m.v. een klassikale dialoog. Maar hoe pak je dit aan? Deze tool geeft hier handvatten voor, op het gebied van waarden. SSIs bestaan namelijk uit een kennis- en waardencomponent. Deze tool richt zich dus op de waardencomponent en gaat in op:

- Waarom een dialoog?
- Rol van de docent
- Vraagtechnieken
- Frames (referentiekaders)

## Waarom een dialoog<sup>1</sup>?

Het doel van een dialoog is om met elkaar na te denken over een probleem en elkaar te begrijpen. Een dialoog is dus coöperatief van aard<sup>1</sup>. In een dialoog worden leerlingen niet gedwongen om een standpunt te verdedigen, waardoor er gelegenheid is om iets te leren van de perspectieven van de andere leerlingen<sup>2</sup>. Bij een discussie en debat is het doel om een meningsverschil op te lossen, zodanig dat er uiteindelijk een winnaar is, ook als er bijvoorbeeld meerdere zienswijzen mogelijk zijn. Een discussie en debat zijn dus competitief van aard<sup>1</sup>. In een discussie/debat graven mensen zich in hun eigen standpunten in en luisteren daardoor niet meer open naar anderen, waardoor ze niet snel iets leren van het perspectief van de ander<sup>2</sup>.

Daarom is in deze tool voor een dialoog als werkvorm gekozen: een dialoog is meer geschikt om de waarden van leerlingen, die vaak impliciet aanwezig zijn, te verhelderen.

In een dialoog is het volgende van belang:

- Gelijkwaardigheid: alle leerlingen hebben evenveel recht om dingen te zeggen/vragen.
- Wederzijds vertrouwen, respect, openheid en begrip.
- Meningen onderbouwen met argumenten en gezamenlijk de geldigheid van deze redeneringen ontdekken.
- Naar elkaar luisteren en proberen te begrijpen wat de ander wil zeggen.
- Reflecteren op wat er gezegd wordt.
- Met elkaar meedenken over het onderwerp.

## De rol van de docent<sup>4</sup>

Afhankelijk van je doel – waardenvorming door transmissie (bepaalde waarden overdragen), door verheldering (leerlingen hun eigen waarden laten ontdekken) of door communicatie (leerlingen leren communiceren over waarden)<sup>3</sup> – zijn er verschillende rollen die je als docent in de dialoog kunt vervullen. In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van deze verschillende rollen en de mate waarin ze geschikt zijn voor waardenvorming door transmissie, verheldering of communicatie. Hierbij geldt: ++ is zeer geschikt, + is redelijk geschikt en – is niet geschikt.

Rol docent	Rolomschrijving	Waardenvorming door:		
		Transmissie	Verheldering	Communicatie
<i>Deelnemer</i>	Je bent vrij om ideeën, meningen en gevoelens te uiten net zoals de leerlingen. Dit kan verwarrend zijn voor leerlingen, omdat docenten de professionals zijn.	+	+	+
<i>Toegewijde leraar</i>	Je draagt je eigen mening uit over het onderwerp. Dit kan leiden tot indoctrinatie.	++	-	-
<i>Waarnemer</i>	Je interfereert niet in de dialoog.	-	+	++
<i>Instructeur</i>	Je verheldert relevante informatie, concepten en ideeën. Je stelt vragen om de mate van begrip te beoordelen. En je geeft positieve of negatieve feedback op de inbreng van leerlingen.	-	+	+
<i>Advocaat van de duivel</i>	Je neemt tegenovergestelde standpunten in om de dialoog te stimuleren.	-	+	++
<i>Advocaat</i>	Je presenteert alle mogelijke gezichtspunten en concludeert met je eigen mening, onderbouwd met argumenten.	+	-	+
<i>Onpartijdige voorzitter / Neutrale facilitator</i>	Je stimuleert leerlingen om bij te dragen aan de dialoog en bewaakt de dialoogregels, maar geeft niet je eigen mening of positieve/negatieve feedback op de inbreng van leerlingen.	-	++	++
<i>Verklaard belanghebbende</i>	Aan het begin van de dialoog verkondig je je eigen standpunt, zodat leerlingen bias van de docent later kunnen beoordelen.	-	+	+

Welke rol neemt u gewoonlijk aan? En zou u dat na het lezen van deze verschillende rollen blijven doen?

In deze docententool gaan wij uit van de rol van de docent als onpartijdige voorzitter/neutrale facilitator in een klassikale dialoog, omdat ons uitgangspunt waardenvorming door verheldering en communicatie is. Waardenvorming op deze manier vraagt het volgende van een docent:

- Zorg voor een open, uitnodigende en veilige atmosfeer.
- Wees onpartijdig.
- Pas vraagtechnieken toe (worden hieronder beschreven).
- Stel uitkomsten van redeneerprocessen door leerlingen vast.

## Vraagtechnieken<sup>5</sup>

Bij een klassikale dialoog is het van belang dat:

- het voor iedereen duidelijk is wat een leerling probeert te zeggen (**duidelijkheid**).
- naar boven komt waarop leerlingen hun mening baseren, dit kan zowel rationeel als emotioneel/intuïtief zijn (**argumenten**)...
  - ... en de geldigheid hiervan te onderzoeken.
- de vraag waarmee de dialoog gestart is steeds in het oog blijft (**structuur**).

### Duidelijkheid: Welke vraag kun je stellen als...

#### **... het niet duidelijk is wat een leerling probeert te zeggen?**

- "Kun je dit uitleggen?"
- "Kun je een voorbeeld geven?"
- "Wat bedoel je met ...?"

#### **... je er niet zeker van bent dat je, of de klas, goed begrijpt wat een leerling probeert te zeggen?**

- "Bedoel je ... als je zegt dat ...?"
- "Begrijp ik het goed wanneer je zegt dat ...?"

#### **... het niet duidelijk is wat het door een leerling gezegde te maken heeft met het onderwerp van de dialoog?**

- "Wat heeft dit te maken met ...?"
- "Hoe komt dit overeen met ...?"
- "Helpt dit ons vooruit met ... in de dialoog?"

### Argumenten: Welke vraag kun je stellen als...

#### **... een leerling zijn/haar mening niet onderbouwt?**

- "Waarom denk je dat?"
- "Waarop heb je dat gebaseerd?"
- "Kun je dit aantonen?"

#### **... een leerling een onjuist argument geeft?**

- Vraag aan de klas: "Denkt iemand daar anders over?". En laat ze vervolgens hun mening onderbouwen (zoals hierboven beschreven).
- Vraag aan de klas: "Indien wat X zegt zo is, wat zou daarvan het gevolg kunnen zijn?"
- "Waarop heb je dat gebaseerd?"
- "Kan het tegendeel waar zijn?"
- "Hoe past dit in wat je daarnet zei?"
- Introduceer je eigen mening als hypothese: "Stel dat ..., wat zouden we daarover kunnen zeggen?"

#### **... een leerling een discussiestopper gebruikt<sup>6</sup>?**

- Wanneer een leerling een discussiestopper gebruikt zoals “Het is ieders eigen keuze of je de technologie wel of niet gebruikt.” of “Je kan de technologische vooruitgang niet stoppen/beïnvloeden.”, leg dan uit dat de samenleving en technologie/wetenschap met elkaar verweven zijn en elkaar beïnvloeden: de maatschappij beïnvloedt de wetenschap en de wetenschap beïnvloedt de maatschappij. Twee voorbeelden:
- De maatschappij beïnvloedt de wetenschap: de maatschappij kan wel degelijk invloed uitoefenen op bijvoorbeeld het gebruik van technologische innovaties. Toen bijvoorbeeld het bedrijf Myriad Genetics een patent aanvraag op alle medische behandelingen die ontwikkeld worden op basis van mutaties in BRCA-1 die zij ontdekken, werkten vele borstkanker patiëntenverenigingen internationaal samen om dit tegen te gaan.
- De wetenschap beïnvloedt de maatschappij: wetenschap kan o.a. de waarden van de maatschappij veranderen. Door de komst van de anticonceptiepil werd homoseksualiteit bijvoorbeeld meer geaccepteerd, omdat heteroseksuelen nu ook geslachtsgemeenschap konden hebben zonder dat dit als doel voortplanting had.

### ... een leerling een emotioneel argument geeft?

- Stimuleer leerlingen om naar de waarden achter hun emoties te kijken<sup>7</sup>. Vraag door/reflecteer op de emotie!
  - *Voorbeeld doorvragen:* Een leerling zegt “Ik ben er bang voor.” Vraag dan door: “Waar ben je dan bang voor?”
  - Bij emotionele reflectie is het van belang om zowel eigen emoties als emoties van anderen mee te nemen. *Voorbeeld emotioneel reflecteren:* Een leerling zegt: “Ik ben bang voor de technologie.” Om erachter te komen of de leerling echt bang is voor de technologie op zich (dus de gevolgen voor de samenleving), kun je de leerling uitnodigen om m.b.v. emoties een breder perspectief aan te nemen, bijvoorbeeld: leef je in in de positie van mensen die voordeel of nadeel hebben van de technologie. Is de technologie dan aanvaardbaar voor de samenleving of niet<sup>9</sup>?
  - Soms zijn emoties gebaseerd op verkeerde feitelijke informatie. In dat geval is het belangrijk dat dit op feitelijk niveau gecorrigeerd wordt<sup>8</sup>. Tevens kunnen emoties ons blind maken voor kwantitatieve overwegingen, bijvoorbeeld: vliegtuigcrashes komen weinig voor, maar mensen met vliegangst focussen zich hierop. Corrigeer ook deze emoties met feitelijke informatie. Doe dit wel op subtiele wijze, door erkenning te geven/mee te praten, bijvoorbeeld: “Het is inderdaad erg, maar gelukkig komt het niet vaak voor.” Dat de kans klein is dat hetgeen waar iemand bang voor is daadwerkelijk gaat gebeuren, hoeft overigens lang niet altijd te betekenen dat de emotie ‘angst’ dan irrationeel is. Bijvoorbeeld in het geval van kernenergie: de kans op een kernramp is misschien klein, maar de gevolgen zijn desastreus. Bovendien zijn er alternatieven voor kernenergie<sup>9</sup>.

### ... een leerling een algemeen argument geeft<sup>10</sup>?

- Vraag de leerling om meer specifiek te zijn. Voorbeeld: een leerling zegt “We moeten de autonomie respecteren.” Vraag dan bijvoorbeeld: “Wat betekent dat hier in deze situatie?”

### ... leerlingen elkaars mening/argumentatie niet (willen) begrijpen

- Nodig ze uit het perspectief van de ander in te nemen; laat ze zich in de ander verplaatsen m.b.v. emoties.
- Leerlingen kunnen verschillende argumentatiepatronen/denkwijzen gebruiken. Als dit de oorzaak is waardoor leerlingen lijnrecht tegenover elkaar staan, maak ze dan duidelijk dat ze beiden gebruik maken van een ander argumentatiepatroon/denkwijze. Er zijn drie argumentatiepatronen/denkwijzen<sup>4</sup>:
  - *Pragmatische argumentatie:* Actie X mag (niet) uitgevoerd worden, omdat X leidt tot de (niet) wenselijke consequentie Y.
  - *Deontologische argumentatie:* Actie X mag (niet) uitgevoerd worden, omdat X (niet) in overeenstemming is met het morele principe Y.
  - *Rechtvaardighedsargumentatie:* Actie X mag (niet) uitgevoerd worden, omdat actie X zelf of de consequenties van X (niet) rechtvaardig zijn.

## **Structuur: Welke vraag kun je stellen als...**

### **... je de dialoog af wil ronden?**

- "Begrijpen we de kwestie beter?" / "Hebben jullie een helderdere kijk op de zaak gekregen?"
- "Denken sommigen onder jullie er nu anders over dan voorheen?"

### **... je wil reflecteren op de dialoog?**

- "Hebben we alle mogelijkheden onderzocht?"
- "Is dit gesprek af?"

### **... het onderwerp van de dialoog te ver afwijkt van de oorspronkelijke vraag?**

- "Wat heeft dit te maken met wat we eerst bespraken?"
- "Hoe zijn we van ... naar ... gekomen?"

## **Frames (referentiekaders)**

Frames zijn cognitieve shortcuts, of eigenlijk referentiekaders, die mensen (onbewust) gebruiken om complexe informatie te kunnen begrijpen. Frames zijn gebaseerd op overtuigingen, waarden en ervaringen van iemand. Frames helpen je om informatie te interpreteren en organiseren. Ze zorgen voor een versimpeling van de informatie, door de informatie (onbewust) te filteren: sommige aspecten uit de informatie zie je als belangrijk en andere aspecten laat je buiten beschouwing doordat ze irrelevant lijken of tegen je intuïtie ingaan. Doordat verschillende mensen verschillende frames hebben, kunnen ze dezelfde situatie anders interpreteren. Daardoor kunnen frames een dialoog bemoeilijken<sup>12</sup>. Bij een meningsverschil in een dialoog is het daarom van belang om te achterhalen hoe leerlingen de dialoog framen/wat de onderliggende frames zijn. Om hierachter te komen, is doorvragen naar onderliggende overtuigingen/waarden en vervolgens vanuit het perspectief van de ander kijken noodzakelijk (beschreven onder vraagtechnieken).

Naast bovengenoemde *persoonlijke frames*, zijn er ook *mediaframes*. Mediaframes gaan over de manier waarop informatie gepresenteerd wordt in de media: er kunnen (onbewust) aspecten uitgelicht of onderbelicht worden<sup>13</sup>. Mediaframes kun je als docent op twee manieren toepassen in de dialoog:

- In de gaten houden dat je de dialoog niet onbewust framet, bijvoorbeeld door in de inleiding het onderwerp alleen vanuit een economisch perspectief te benaderen.
- Het dialoogonderwerp vanuit verschillende invalshoeken te doordenken/nieuwe perspectieven aan te dragen in de dialoog. Dit kan m.b.v. de voorbeeldvragen uit het onderstaande frameschema, maar ook door bijvoorbeeld te vragen "Als je het nu eens vanuit een economisch perspectief bekijkt, wat vind je er dan van?".

Hieronder volgt een overzicht van mogelijke mediaframes m.b.t. technologische innovaties, met per frame een aantal voorbeeldvragen die gebruikt kunnen worden in de dialoog. Per frame wordt een voorbeeld gegeven vanuit klassikale dialogen over genetische manipulatie (m.u.v. het voorbeeld bij het frame 'wet- en regelgeving' omdat dit frame niet in de klassikale dialogen voorkwam). De frames 'globalisatie' en 'wet- en regelgeving' zal je als docent vaak zelf in moeten brengen, terwijl andere frames meer 'vanzelfsprekend' bij leerlingen aanwezig zijn. De verschillende frames sluiten elkaar niet uit. Sommige frames hebben juist veel met elkaar te maken, dit is in het schema aangegeven met pijlen.



Mediaframe	Omschrijving & voorbeeldvragen	Voorbeeld
Vooruitgang	Wat kan een technologische innovatie opleveren, in termen van vooruitgang? Kleven er ook nadelen aan deze vooruitgang? Het kan hier om allerlei vormen van vooruitgang gaan, bijvoorbeeld: welvaart (samenhang met economisch frame), welzijn (gelukkiger voelen is ook een vooruitgang), goed doen (samenhang met ethisch frame) of schade voorkomen/beperken (samenhang met risicoframe).	"Je kunt het lijden van mensen verminderen (als er bv. geen kanker meer zou zijn)."
Economisch	Wat kan de technologische innovatie opleveren, in termen van economische vooruitgang? En wie hebben daar dan voordeel van? Zijn er ook andere manieren mogelijk om hetzelfde economische voordeel te behalen? Of gaat de economie erop achteruit? En wie hebben daar dan nadeel van? Of heeft het geen effect op de economie?	"Het heeft geen positief effect op het economisch systeem, doordat je overbevolking krijgt als er geen ziektes zijn. De economische crisis zal dan nog groter worden."
Ethisch	Is de technologische innovatie ethisch verantwoord: mag dit wel? Wat zou er allemaal wel en niet moeten kunnen/mogen met de innovatie, denkend vanuit ethische principes? Waar trekken we de grens? Welke risico's die de innovatie met zich meebrengt, zijn acceptabel (ethisch gezien)? Heeft het consequenties als we de innovatie niet uit zouden voeren, doordat potentiële voordelen dan niet gerealiseerd kunnen worden ( <i>risk of inaction</i> )?  Onder het ethisch frame vallen ook <i>soft impacts</i> <sup>14</sup> : de technologische innovatie beïnvloedt de waarden ( <i>techno-moral change</i> ). Voorbeeld: door de komst van de anticonceptiepil werd homoseksualiteit meer geaccepteerd, omdat heteroseksuelen nu ook geslachtsgemeenschap konden hebben zonder dat dit als doel voortplanting had.	"Er moeten grenzen aan zijn. Je uiterlijk veranderen is bijvoorbeeld minder belangrijk dan het genezen/voorkomen van ziektes."
Risico	Bij het risicoframe kunnen <i>soft impacts</i> en <i>hard impacts</i> <sup>14</sup> onderscheiden worden.  <i>Hard impacts</i> zijn meetbare gevolgen van de technologische innovatie. Vragen die hierbij gesteld zouden kunnen worden, zijn: Wat voor risico's zou de innovatie met zich mee kunnen brengen? Wat zijn de risico's voor mens, dier en natuur ( <i>bio safety</i> )? Kunnen we de risico's eigenlijk wel voorspellen ( <i>unknown risk</i> )? En kunnen we de risico's eigenlijk wel in de hand houden? Wordt de innovatie niet ten kwade ingezet ( <i>bio security</i> )?  <i>Soft impacts</i> zijn niet-meetbare gevolgen van de technologische innovatie op individuen en maatschappij. Vragen die hierbij gesteld zouden kunnen worden, zijn: Hoe ziet een leerling de innovatie in relatie tot zichzelf / hoe is de innovatie op hem/haar van invloed? Hoe zullen bepaalde groepen over de innovatie denken (stereotypering) / hoe is de innovatie op hen van invloed? Wat is de invloed van de innovatie op normen en waarden van mensen?	"De gevolgen op de lange termijn zijn onduidelijk, er zouden dingen mis kunnen gaan."

Nature-nurture	<p>Heeft de technologische innovatie invloed op nature/nurture? Wordt de invloed van de omgeving bijvoorbeeld verkleind door de innovatie? Zullen genen / genetische variatie veranderen door de innovatie?</p> <p>Bij nature-nurture kunnen twee <i>beheersingsoriëntaties</i> onderscheiden worden: extern (het is het lot, dit is onbeheersbaar = nature georiënteerd) en intern (autonomie, je kunt het zelf beïnvloeden = nurture georiënteerd). Met andere woorden: is iets gegeven of maakbaar? Door ontwikkelingen als genetisch testen, verandert de externe beheersingsoriëntatie (het lot wordt minder onbeheersbaar). Synthetische biologie bijvoorbeeld zorgt voor meer 'maakbaarheid', waardoor de interne beheersingsoriëntatie vergroot wordt.</p>	"Het is de natuur dat er zieke en gezonde mensen zijn, en daar werkt natuurlijke selectie op."
Wet- en regelgeving	Wie houdt er controle over de technologische innovatie: afremmen indien nodig, reguleren? Zou de bevolking daarin betrokken moeten/kunnen zijn? Is het de verantwoordelijkheid van de maatschappij? Spelen er verschillende belangen op privé en maatschappelijk niveau?	"De overheid was bang dat de therapie zo effectief zou zijn dat wijdverspreid gebruik ervan zou leiden tot overbevolking. Daarom hebben ze gebruik ervan gelimiteerd tot mensen zonder kinderen."
Globalisatie	Wat zijn de gevolgen van de technologische innovatie als je wereldwijd kijkt? Verbetert het de positie van ons land in de wereldeconomie? Hebben derdewereldlanden er baat bij?	"Derdewereldlanden kunnen het niet betalen, waardoor de gewassen alleen naar Europa gaan, de derdewereldlanden er niets aan hebben en je alleen maar nog grotere verschillen krijgt."

## Bronnen

1. Smaling, A. (2008). *Dialogo en empathie in de methodologie*. Amsterdam: SWP Humanistics University Press, 22-27
2. Zande, P.A.M. van der (2012). *Beweegredeneren, een werkvorm bij dilemma's in de klas*
3. Zande, P.A.M. van der (2011). *Learners in dialogue: teacher expertise and learning in the context of genetic testing*. Thesis.
4. Waarlo, A.J., (2014). *Enhancing Socio-Scientific Issues-based Learning in Schools, D2.1 SYN-ENERGENE*, co-funded by the European Commission under the 7th Framework Programme, Karlsruhe, Germany/Utrecht University, Freudenthal Institute for science and mathematics education (NL)
5. Anthone, R. & Mortier, F. (1997). *Socrates op de speelplaats. Filosoferen met kinderen in de praktijk*. Leuven/Amersfoort: Acco.
6. Boerwinkel, D.J., Swierstra, T. & Waarlo, A.J. (2012). Reframing and articulating socio-scientific classroom discourses on genetic testing from an STS perspective. *Science & Education*, 23:2, 485-507
7. Zande, P.A.M. van der, Brekelmans, M., Vermunt, J.D. & Waarlo, A.J. (2009). Moral reasoning in genetics education. *JBE*, 44, 31-36
8. Interview with Sabine Roeser by Arend Jan Waarlo on January 7 2014
9. Roeser, S. (2010). Emotional reflection about risks. *The International Library of Ethics, Law and Technology*, 5, 231-244
10. Handleiding moreel beraad
11. Nisbet, M.C. & Lewenstein, B.V. (2002). Biotechnology and the American media - The policy process and the elite press, 1970 to 1999. *Science Communication*, 23(4), 359-391
12. Kaufman, S., Elliott, M. & Shmueli, D. (2003). *Frames, framing and reframing. Beyond Intractability*. Eds. Burgess, G. & Burgess, H. Conflict Information Consortium, University of Colorado: Boulder
13. Carver, R.B. (2012). *Framing the Gene: A science communication study of how newspapers frame different meanings of the gene concept, with applications for science education*. Thesis.
14. Boerwinkel, D.J., Swierstra, T.E. & Waarlo, A.J. (2012). Reframing and articulating socio-scientific classroom discourses on genetic testing from an STS perspective. *Science & Education*, 23(2), 485-507