



Politiek over leven

In debat over
synthetische biologie

Virgil Rerimassie en Dirk Stemerding

Rathenau Instituut

Dr. van kenni
verand
interact
de
techn
de 32

Het **Rathenau Instituut** stimuleert de publieke en politieke meningsvorming over wetenschap en technologie. Daartoe doet het instituut onderzoek naar de organisatie en ontwikkeling van het wetenschapssysteem, publiceert het over maatschappelijke effecten van nieuwe technologieën, en organiseert het debatten over vraagstukken en dilemma's op het gebied van wetenschap en technologie.

Politiek over leven

In debat over synthetische biologie

© Rathenau Instituut, Den Haag 2012

Rathenau Instituut
Anna van Saksenlaan 51

Postadres:
Postbus 95366
2509 CJ Den Haag

Telefoon: 070-342 15 42
Telefax: 070-363 34 88
E-mail: info@rathenau.nl
Website: www.rathenau.nl

Uitgever: Rathenau Instituut
Ontwerp en opmaak: Smidswater
Foto's: Shutterstock, Science Photo, Hilbert Krane
Drukwerk: Drukkerij Groen, Hoofddorp
Teksten Intermezzi: Tsjalling Swierstra, Marianne Boenink
met medewerking van Hanneke Berman, Anika Haacke en
Elena Chernovich

Dit boek is gedrukt op FSC gecertificeerd papier

Eerste druk: mei 2012

ISBN/EAN: 978-90-77364-43-7

Rerimassie, V. & D. Stemerding: Politiek over leven.
In debat over synthetische biologie. Den Haag,
Rathenau Instituut 2012.

Verveelvoudigen en/of openbaarmaking van (delen van) dit werk voor creatieve, persoonlijke of educatieve doeleinden is toegestaan, mits kopieën niet gemaakt of gebruikt worden voor commerciële doeleinden en onder voorwaarde dat de kopieën de volledige bovenstaande vermelding van referentie bevatten. In alle andere gevallen mag niets uit deze uitgave worden veelelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie of op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Rathenau Instituut.

Politiek over leven

In debat over
synthetische biologie

Auteurs

Virgil Rerimassie

Dirk Stermerding

Bestuur Rathenau Instituut

Prof. mr. Corien Prins (waarnemend voorzitter)

Prof. dr. ir. Harry Lintsen

Prof. dr. Emile Aarts

Prof. dr. ir. Wiebe Bijker

Drs. Edwin van Huis

Prof. dr. Roshan Cools

Prof. dr. Marijk van der Wende

Mr. drs. Jan Staman (secretaris)

Voorwoord

Vorig jaar organiseerde het Rathenau Instituut een Meeting of Young Minds. 'Politici van de toekomst' – Nederlandse politieke jongeren – debatteerden over synthetische biologie met 'wetenschappers van de toekomst' – deelnemers aan de internationale iGEM-studentencompetitie. In deze publicatie wordt daar verslag van gedaan.

Deze publicatie wil echter meer zijn dan een verslag. Ze is vooral bedoeld als pleidooi voor een proces van politieke en maatschappelijke meningsvorming over synthetische biologie. Want dat proces is tot nu toe nog nauwelijks op gang gekomen. De meeste burgers hebben van synthetische biologie nog nooit gehoord. Maatschappelijke organisaties laten slechts een enkele keer van zich horen. De politiek houdt zich voor een belangrijk deel afzijdig.

Dat wil niet zeggen dat er over synthetische biologie helemaal niet wordt gepraat of niet te praten valt. Internationaal woedt over dit nieuw opkomende wetenschapsgebied al jaren een levendig debat. Vorig jaar heeft het Rathenau Instituut dit debat uitgebreid in kaart laten brengen.¹ Voor vier verschillende landen – de Verenigde Staten, Nederland, het Verenigd Koninkrijk en Duitsland – is nagegaan welke onderwerpen in het debat op de agenda zijn verschenen en welke partijen hebben bijgedragen aan de discussie daarover. Daarbij vallen een aantal zaken op. De opkomst van de synthetische biologie heeft niet alleen mooie beloften met zich mee gebracht, maar van het begin af aan ook geleid tot discussies over risico's wat betreft de veiligheid van het onderzoek en mogelijk misbruik van kennis. Ook ethische vragen over het 'maken van leven' zijn al in een vroeg stadium op de agenda verschenen.

Wie hebben zich daarover tot nu toe vooral druk gemaakt? Dat zijn om te beginnen de pioniers van het vakgebied zelf, vooral waar het gaat om veiligheid en mogelijk misbruik van kennis. Het zijn ook de ethici, mens- en maatschappijwetenschappers die zich bewegen in de kringen waarin gereflecteerd wordt op de ethische, juridische en sociale aspecten van wetenschap en technologie. Dat heeft inmiddels een indrukwekkende stapel studies en rapporten opgeleverd waarin synthetische biologie op vele manieren tegen het licht gehouden wordt. Met de publicatie *Constructing Life* in 2006 heeft het Rathenau Instituut daarin zelfs een voortrekkersrol vervuld.

In wetenschappelijke kring is het proces van meningsvorming dus in volle gang. Maar in de samenleving is dit debat nog niet of nauwelijks geland. Is dat vreemd? Niet als je bedenkt dat synthetische biologie in de kinderschoenen

1 Stermerding, D. & R. van Est (red.). (2013). *Geen debat zonder publiek. Het opkomende debat over synthetische biologie ontleed*. Den Haag: Rathenau Instituut.

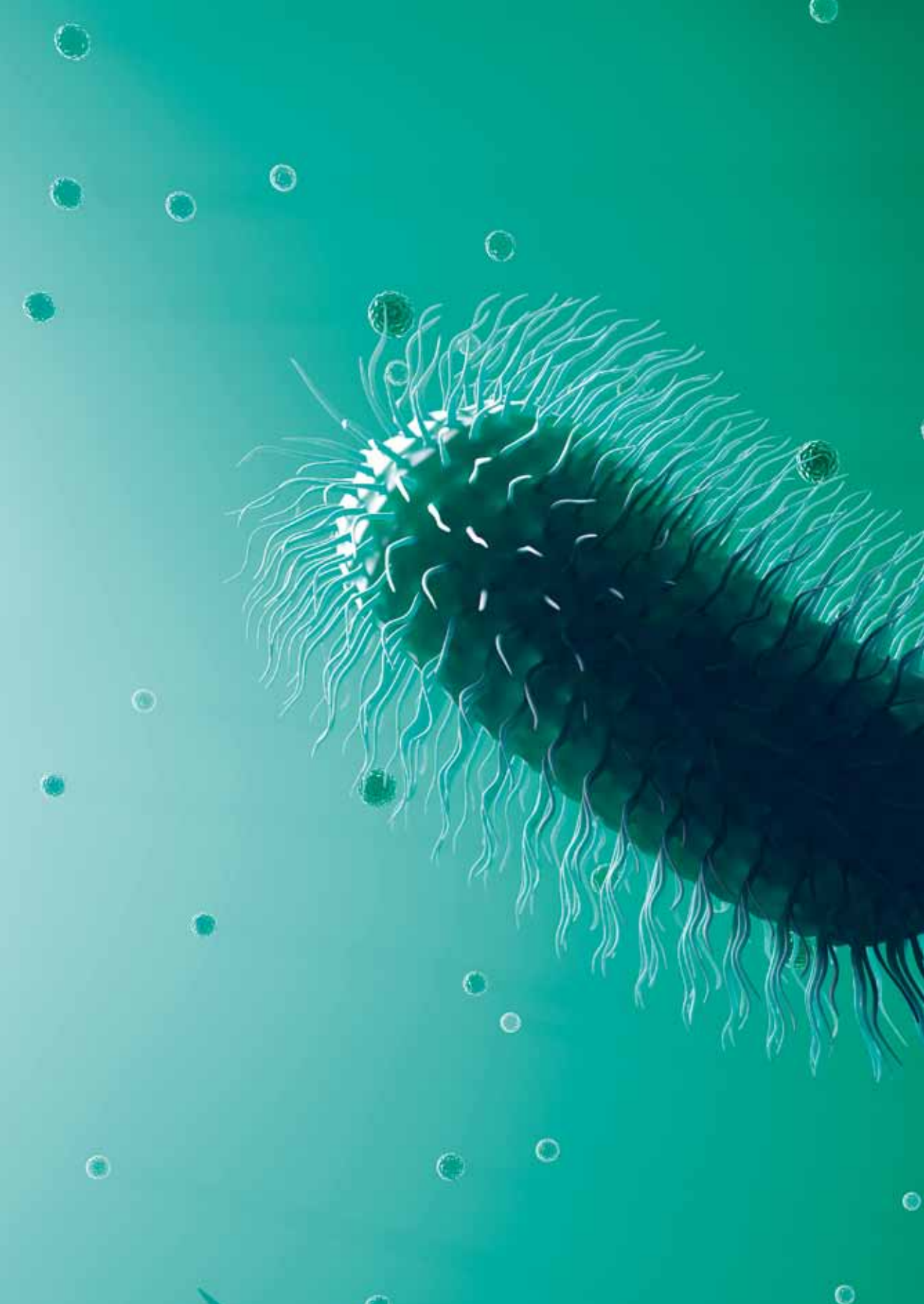
staat en nog niets laat zien waarover burgers zich kunnen verwonderen, wat ze kunnen bewonderen of kunnen verafschuwen. Toch laat synthetische biologie wel degelijk iets zien wat voor onze samenleving en onze toekomst van grote betekenis is. Of we het nu hebben over het lichaam, het brein of over leven, in al deze domeinen draagt de wetenschap bij aan nieuwe vormen van maakbaarheid. In de handen van synthetisch biologen wordt ook de biologie een ingenieurswetenschap met DNA en eiwitten als bouwstenen die je naar eigen hand kunt zetten.

Maakbaarheid is een mooie droom. Het schept visioenen van meer gezondheid, langer leven en grondstoffen die groen en duurzaam zijn. Dat zijn visioenen die ons allemaal aangaan en maatschappelijk belangrijk genoeg om ons druk over te maken. Tegelijkertijd roept maakbaarheid ook angstvisioenen op van almacht en overmoed. In die spanning zou synthetische biologie gemakkelijk vermalen kunnen worden. Die spanning overbruggen, daarin ligt een belangrijke uitdaging voor de politiek. De Meeting of Young Minds was daarvoor een eerste en leerzame stap. Nu moet de weg politiek en maatschappelijk nog verder worden verkend. Met *Politiek over leven* nodigt het Rathenau Instituut partijpolitieke en maatschappelijke organisaties uit tot een actieve bijdrage aan de publieke meningsvorming over synthetische biologie.

Jan Staman, directeur Rathenau Instituut

Inhoudsopgave

Voorwoord	5
1 Introductie	9
1.1 Terug in de tijd	10
1.2 iGEM	12
1.3 Meeting of Young Minds	14
1.4 Hoe verder?	15
1.5 Doel en opzet van deze publicatie	15
2 Een kijkje in de wereld van synthetische biologie	19
2.1 Een nieuwe ingenieurswetenschap	20
2.2 Leven op de tekentafel	23
2.3 De beloften van synthetische biologie	30
2.4 Risico's	34
2.5 Bredere vragen	37
Intermezzo I	45
3 Meeting of Young Minds	49
3.1 Verschillende grondhoudingen	51
3.2 Politieke jongeren aan het woord	52
3.3 Gevoelige snaren	56
3.4 Conclusie: lessen van het debat	63
Intermezzo II	67
4 Ter afsluiting: een pleidooi voor politieke en maatschappelijke meningsvorming	71
4.1 Ervaringen met technology assessment	72
4.2 Risico's en regulering	74
4.3 Samenleving en natuur	76
4.4 Onderzoek en innovatie	77
4.5 Een verbindend perspectief	78
Bijlage: Pamfletten van de Politieke jongerenorganisaties	81
Over de auteurs	104



Introductie

1



1 Introductie

“As you know, scientists have announced a milestone in the emerging field of cellular and genetic engineering research known as synthetic biology. While scientists have used DNA to develop genetically modified cells for many years, for the first time, all of the natural genetic material in a bacterial cell has been replaced with a synthetic set of genes. This development raises the prospect of important benefits, such as the ability to accelerate vaccine development. At the same time, it raises genuine concerns, and so we must consider carefully the implications of this research” (PCSB I 2010, p.vi).

Met bovenstaande woorden opende president Barack Obama zijn opdracht-brief voor de pas geïnstalleerde Commission for the Study of Bioethical Issues. Volgens de Amerikaanse president is het cruciaal dat op zorgvuldige wijze stil wordt gestaan bij synthetische biologie, de nieuwe fase in de biotechnologie.

In de synthetische biologie verkennen en ontrafelen wetenschappers genetisch materiaal en onderdelen van organismen. Met die kennis ontwerpen ze nieuwe biologische systemen en dat biedt een wereld aan mogelijkheden: medicijnen die geproduceerd worden door kunstmatige bacteriën, genetisch gemodificeerde superalgen die biobrandstoffen maken, mogelijk het terugbrengen van uitgestorven diersoorten als de mammoet of zelfs het creëren van kunstmatig leven. De ambities in de synthetische biologie liegen er in ieder geval niet om en de verwachtingen zijn daarom ook hooggespannen.

1.1 Terug in de tijd

Sinds 2006 onderzoekt het Rathenau Instituut de maatschappelijke aspecten van synthetische biologie. In dat jaar publiceerde het Rathenau Instituut het boek *Constructing Life*, een introductie in de synthetische biologie. Wereldwijd was deze publicatie de eerste overzichtsstudie van de maatschappelijke aspecten van dit opkomende wetenschapsgebied. Een jaar later verscheen de Nederlandse bewerking *Leven Maken* en het daarop gebaseerde Bericht aan het Parlement. Naar aanleiding van deze activiteiten werden door de PvdA-fractie Kamervragen gesteld over synthetische biologie.¹ Sindsdien heeft het Rathenau Instituut de ontwikkelingen in de synthetische biologie op de voet gevolgd en verschillende activiteiten met betrekking tot dit thema ondernomen.

Inmiddels zijn vijf jaar verstreken sinds de uitgave van *Leven Maken* en het Bericht aan het Parlement. De ontwikkelingen in de synthetische biologie hebben in die periode niet stilgestaan. Zo maakte Craig Venter, bekend van zijn bijdragen aan het ontrafelen van het menselijk genoom, in 2010 wereldkundig dat zijn team als eerste een bacterie had ontwikkeld met een volledig synthetisch genoom² (Gibson et al. 2010). Ook in Nederland is er steeds meer activiteit op het gebied van synthetische biologie. Zo is in 2008 het Groningen Centre for Synthetic Biology opgericht. Daarnaast zijn er onderzoeksgroepen actief op dit terrein in Delft, Eindhoven, Amsterdam, Nijmegen en Wageningen.

Tegelijkertijd met de ontwikkelingen in de synthetische biologie zijn ook steeds meer organisaties de maatschappelijke aspecten daarvan gaan verkennen en agenderen. Onder andere de European Group on Ethics en de International Risk Governance Council hebben adviezen over dit thema uitgebracht. In het project Making Perfect Life, dat in de afgelopen jaren onder leiding van het Rathenau Instituut voor het Europees parlement werd uitgevoerd, kwam synthetische biologie prominent aan bod. Ook andere organisaties in Nederland hebben aandacht besteed aan de potentiële impact van synthetische biologie, zoals de COGEM, de KNAW en de Gezondheidsraad. In de tussentijd hebben tevens verschillende kritische maatschappelijke organisaties, zoals de ETC Group³ en Friends of the Earth zich laten horen.



Ondanks deze inspanningen is een bredere maatschappelijke en politieke discussie over synthetische biologie nog niet op gang gekomen (Hanssen et al. 2012). Dat hoeft overigens ook niet echt te verbazen. Uit een Eurobarometerapport van 2010 blijkt dat de bekendheid met synthetische biologie zeer laag is. Maar liefst 83% van de EU-burgers heeft nog nooit van synthetische biologie gehoord (Eurobarometer 2010).

2 Het genoom is de verzameling van alle genen van een organisme; de genetische blauwdruk van een organisme.

3 Action Group on Erosion, Technology and Concentration: www.etc.group.org.

1.2 iGEM

Onder jonge wetenschappers blijkt synthetische biologie juist enorm tot de verbeelding te spreken. Dat blijkt uit de explosieve groei van iGEM – de international Genetically Engineered Machines competition. Dit is een wereldwijde competitie voor teams van studenten op het gebied van synthetische biologie. Voor deze competitie ontwerpen studenten met behulp van gestandaardiseerde en uitwisselbare genetische bouwstenen (BioBricks™) micro-organismen met nieuwe eigenschappen. Daartoe maken ze gebruik van de zogeheten Registry of Standard Biological Parts, een opensource-database van deze genetische bouwstenen.⁴ Als onderdeel van hun project ontwerpen studenten zelf ook nieuwe bouwstenen die aan de database worden toegevoegd, waardoor het aantal BioBricks™ en de beschikbaarheid daarvan continu groeit.

iGEM begon in 2003 als een zomercursus voor studenten aan het Amerikaanse Massachusetts Institute for Technology. In 2004 werd de cursus omgegoten tot een competitie waaraan 5 verschillende teams deelnamen. Inmiddels is iGEM wereldwijd uitgegroeid tot een competitie waaraan in 2011 maar liefst 160 teams uit 30 verschillende landen meededen. Hoewel het gaat om projecten van slechts enkele maanden, zijn de resultaten van de iGEM-teams indrukwekkend. Ze getuigen niet alleen van enthousiasme voor dit nieuwe wetenschapsgebied, maar ook van het potentieel van synthetische biologie (zie kader met iGEM project uitgelicht).

De onderwerpen waar de studenten aan werken zijn zeer divers, variërend van toepassingen gericht op het milieu of de geneeskunde tot meer speelse hoogstandjes, zoals het voorzien van bacteriën van een bananengeur. Het iGEM-team van de TU Delft haalde in 2010 het NOS Journaal met hun werk aan een bacterie die olie kon 'opeten', geïnspireerd door de olieramp in de Golf van Mexico.⁵



4 <http://partsregistry.org>.

5 http://2010.igem.org/Team:TU_Delft. Het filmpje is online beschikbaar op: <http://nos.nl/uitzending/16142-20100616-225000-nos-journaal-op-3.html>. Het iGEM-project komt na 3:45 minuten aan bod.

iGEM-project uitgelicht:

Project AuxIn: nieuwe bacteriën in de strijd tegen bodemerrosie

iGEM-finalist 2011 Imperial College London (http://2011.igem.org/Team:Imperial_College_London)

Het Imperial College London (ICL)-team heeft *E. coli* bacteriën van nieuwe eigenschappen voorzien om wortels van planten sneller te laten groeien. De bacteriën werden zo ontworpen dat ze actief kunnen worden opgenomen door de wortels van ontkiemende zaden. In een volgende ontwerpstep werden de bacteriën toegerust met het vermogen om auxine uit te scheiden, een plantenhormoon dat wortelvorming stimuleert. Tot slot werd een veiligheidsmechanisme ontworpen om genuitwisseling van de nieuw ontworpen bacteriën naar bestaande grondbacteriën te voorkomen. Zaden die met deze nieuwe bacteriën zijn gecoat, kunnen de wortelgroei versterken van aan-plant in erosie-gevoelige gebieden en daarmee bijdragen aan een betere bodemstabiliteit. Zo kunnen de nieuwe *E. coli* bacteriën helpen om bodem-erosie en woestijnvorming tegen te gaan, twee grote problemen in droge gebieden.

Om er zeker van te zijn dat het ontwerp van het AuxIn-systeem zou voldoen aan belangrijke sociale, ethische en juridische voorwaarden besteedde het team veel aandacht aan *human practices work*, het maatschappelijk gericht onderdeel van hun project. Een belangrijke kwestie waar het team zich in verdiepte was de keus om gebruik te maken van nieuw ontworpen bacteriën, in plaats van planten zelf aan te passen door middel van genetische modificatie van droogteresistente gewassen. Voor

de aanpak van een wereldwijd probleem zoals woestijnvorming zou dit laatste echter betekenen dat allerlei verschillende plantsoorten gemodificeerd zouden moeten worden, waaronder enkele soorten die erg moeilijk genetisch te modifieren zijn. Een bacterie-overdrachtssysteem, gebaseerd op de van nature aanwezige symbiose tussen bacteriën en planten, leek het team een betere oplossing.

Het team heeft ook gewerkt aan een implementatieplan voor hun product, ook al kwam het AuxIn-project niet verder dan een *proof-of-concept*-fase. Hierbij besteedde het team veel aandacht aan eisen waaraan de coating van de zaden zou moeten voldoen, rekening houdend met lokale omstandigheden en plantmethoden in gebieden waar het product gebruikt zou moeten worden. De studenten wisselden hierover gedachten en ervaringen uit met plantwetenschappers, ecologen, sociale wetenschappers en NGO's. In verband daarmee organiseerden zij twee discussiepanels en een bezoek aan Syngenta, een internationaal bedrijf dat gespecialiseerd is in innovatie op het gebied van landbouwproducten. Het team ondernam ook verschillende activiteiten om het project meer publieke bekendheid te geven, waaronder het schrijven van een script dat zich afspeelt in een toekomstige wereld waarin de technologie van het project op grote schaal gebruikt wordt.

1.3 Meeting of Young Minds

De explosieve groei van iGEM heeft de organisatie doen besluiten om de competitie vanaf 2011 te organiseren in drie wereldwijde regio's. Dat jaar werd de Afrikaans/Europese voorronde (of *Jamboree* in iGEM-jargon) voor het eerst gehouden in Amsterdam. Het Rathenau Instituut heeft deze gelegenheid aangegrepen om een nieuwe zet te geven aan het tot nu toe bescheiden maatschappelijke en politieke debat over synthetische biologie. Samen met het Europese iGEM-comité organiseerde het Rathenau Instituut aan de vooravond van de Europese iGEM-Jamboree een *Meeting of Young Minds*: een debat tussen 'synthetisch biologen van de toekomst' en 'Nederlandse politici van de toekomst'. Beide groepen zullen immers een belangrijke rol spelen bij het grijpen van de kansen die synthetische biologie biedt, maar ook bij het aanpakken van de risico's en andere kwesties die deze technologische ontwikkeling met zich meebrengt.

De toekomstige synthetisch biologen werden in dit debat vertegenwoordigd door de iGEM-community. Een belangrijk onderdeel van het werk van iGEM-teams is het zogeheten *human practices* element. Dit houdt in dat de iGEM-deelnemers niet enkel in het laboratorium sleutelen aan hun project, maar ook nadrukkelijk aandacht moeten besteden aan de maatschappelijke aspecten van hun onderzoek. Vaak zoeken studenten hierbij ook de maatschappelijke discussie op, bijvoorbeeld in de vorm van workshops voor een breder publiek of gastlessen op scholen. Het idee van een *Meeting of Young Minds* sloot daarom goed aan bij de werkwijze van iGEM en van een nieuwe generatie onderzoekers die graag 'het gesprek met de maatschappij' aan willen gaan.

De 'politici van de toekomst' hebben wij gezocht in de kringen van de Nederlandse politieke jongerenorganisaties (PJO's). Met uitzondering van de Partij voor de Vrijheid heeft iedere Nederlandse politieke partij een actieve jongerenorganisatie, vaak met indrukwekkende ledenaantallen. Het Rathenau Instituut vond zeven PJO's bereid de uitdaging aan te gaan om een eigen visie te ontwikkelen over synthetische biologie en hierover in debat te gaan met elkaar en met iGEM studenten tijdens de *Meeting of Young Minds*.

Bij het verkennen van dit nieuwe onderwerp heeft het Rathenau Instituut de PJO's op verschillende manieren bijgestaan. Relevante informatie stond ter beschikking op de website van het Instituut⁶ en samen met het iGEM-team van de TU Delft werd een Jumpstart Meeting georganiseerd. Tijdens deze bijeenkomst hebben verschillende deskundigen op het gebied van synthetische biologie de politieke jongeren geïnformeerd en konden de jongeren ook een blik werpen in de biotechnologielaboratoria van de TU Delft. Verder heeft het Rathenau Instituut in de vorm van 'vignetten' korte toekomstscenario's ontwikkeld over synthetische biologie, geïnspireerd door mogelijke toepassingen waar onderzoekers aan denken en maatschappelijke kwesties die hierbij

6 <http://www.rathenau.nl/themas/project/synthetische-biologie.html>

zouden kunnen gaan spelen.⁷ Met deze vignetten beogen we om de potentiële betekenis en impact van synthetische biologie meer tastbaar te maken als startpunt voor discussies en meningsvorming over de toekomst(en) die dit nieuwe wetenschapsgebied zou kunnen gaan brengen. Twee van deze vignetten hebben we in dit boekje als intermezzo opgenomen.

Op 30 september 2011 was het zo ver en kruisten zes vertegenwoordigers van de Nederlandse PJO's de degen met elkaar en met zes vertegenwoordigers van iGEM tijdens de Meeting of Young Minds in het auditorium van de VU Amsterdam. Het resultaat was een levendig debat over de toekomst van synthetische biologie (zie hoofdstuk 3).



Scan deze QR-code
voor een video-
verslag van de
Jumpstart Meeting

1.4 Hoe verder?

Voor het Rathenau Instituut was de Meeting of Young Minds een aansprekende stap naar een bredere maatschappelijke en politieke discussie over synthetische biologie. Weliswaar zijn er aan de maatschappelijke betekenis en risico's van synthetische biologie al de nodige studies gewijd, maar deze hebben een sterk academisch karakter. Waar het nog aan ontbreekt is *maatschappelijke en politieke duiding* van synthetische biologie. Hoe wordt het streven van synthetische biologie beoordeeld vanuit het perspectief van maatschappelijke en politieke stromingen? Willen we de kansen die synthetische biologie biedt, grijpen en zo ja, hoe zorgen we ervoor dat we dit ook doen? Hoe willen we in het licht van deze kansen omgaan met de mogelijke risico's? Of dreigen we met synthetische biologie grenzen te overschrijden die niet overschreden mogen worden?

Synthetische biologie roept vragen op die niet vanzelfsprekend vanuit de geijkte denkkaders beantwoord kunnen worden. Hoe moeten organisaties en politieke partijen die het milieu hoog in het vaandel hebben staan omgaan met de spanning tussen het *onnatuurlijke* karakter van synthetische biologie en de kansen die synthetische biologie te bieden heeft op het terrein van *duurzaamheid*? Een andere spanning wordt voelbaar in de vraag of we met synthetische biologie niet te veel voor God aan het spelen zijn. Hoe zullen christelijke en andere religieus geïnspireerde organisaties en politieke partijen synthetische biologie duiden in het licht van deze vraag?

1.5 Doel en opzet van deze publicatie

Met deze publicatie willen we informeren en inspireren. Wij willen informeren over ontwikkelingen die in de synthetische biologie gaande zijn, de maatschappelijke kwesties die deze ontwikkelingen oproepen en het debat dat hierover is gevoerd tijdens de Meeting of Young Minds. Wij willen inspireren tot nieuwe stappen in het proces van politieke en maatschappelijke meningsvorming.

7 Zie ook: <http://www.rathenau.nl/themas/project/synthetische-biologie/what-are-tech-moral-vignettes.html>.

Hoofdstuk 2 biedt daartoe een inzicht op de wereld van de synthetische biologie en de gevoerde discussie hierover. Hoofdstuk 3 geeft een analyse van het *Meeting of Young Minds*-debat. Daarnaast vindt u in deze publicatie als intermezzo nog columns en vignetten. Wij sluiten af met een hoofdstuk over het politiek verkennen van synthetische biologie. In de bijlage zijn de politieke pamfletten opgenomen van de PJO's, waarin zij hun visie op synthetische biologie kernachtig hebben verwoord.

Referenties

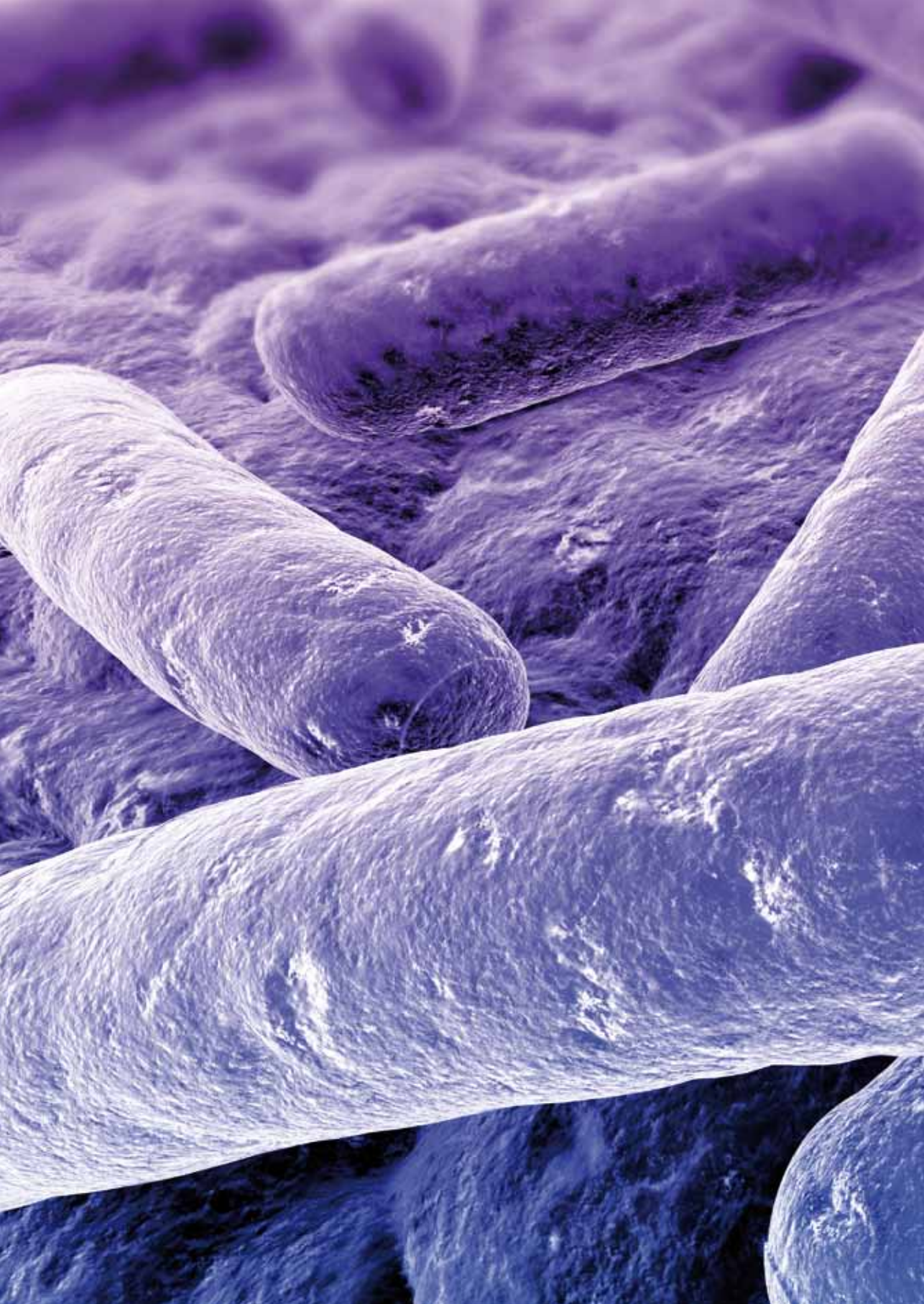
Europese Commissie. (2010). *Science and Technology. Special Eurobarometer 340/Wave 73.1*. Brussel: Europese Commissie. Eurobarometer 340 / Wave 73.

Gibson, D. et al. (2010). 'Creation of a Bacterial Cell Controlled by a Chemically Synthesized Genome'. In: *Science* 329, no. 5987, pp. 52-56.

Presidential Commission for the Study of Bioethical Issues. (2010). *New Directions. The Ethics of Synthetic Biology and Emerging Technologies*. Washington: Presidential Commission for the Study of Bioethical Issues. <http://www.bioethics.gov/documents/synthetic-biology/PCSBI-Synthetic-Biology-Report-12.16.10.pdf>

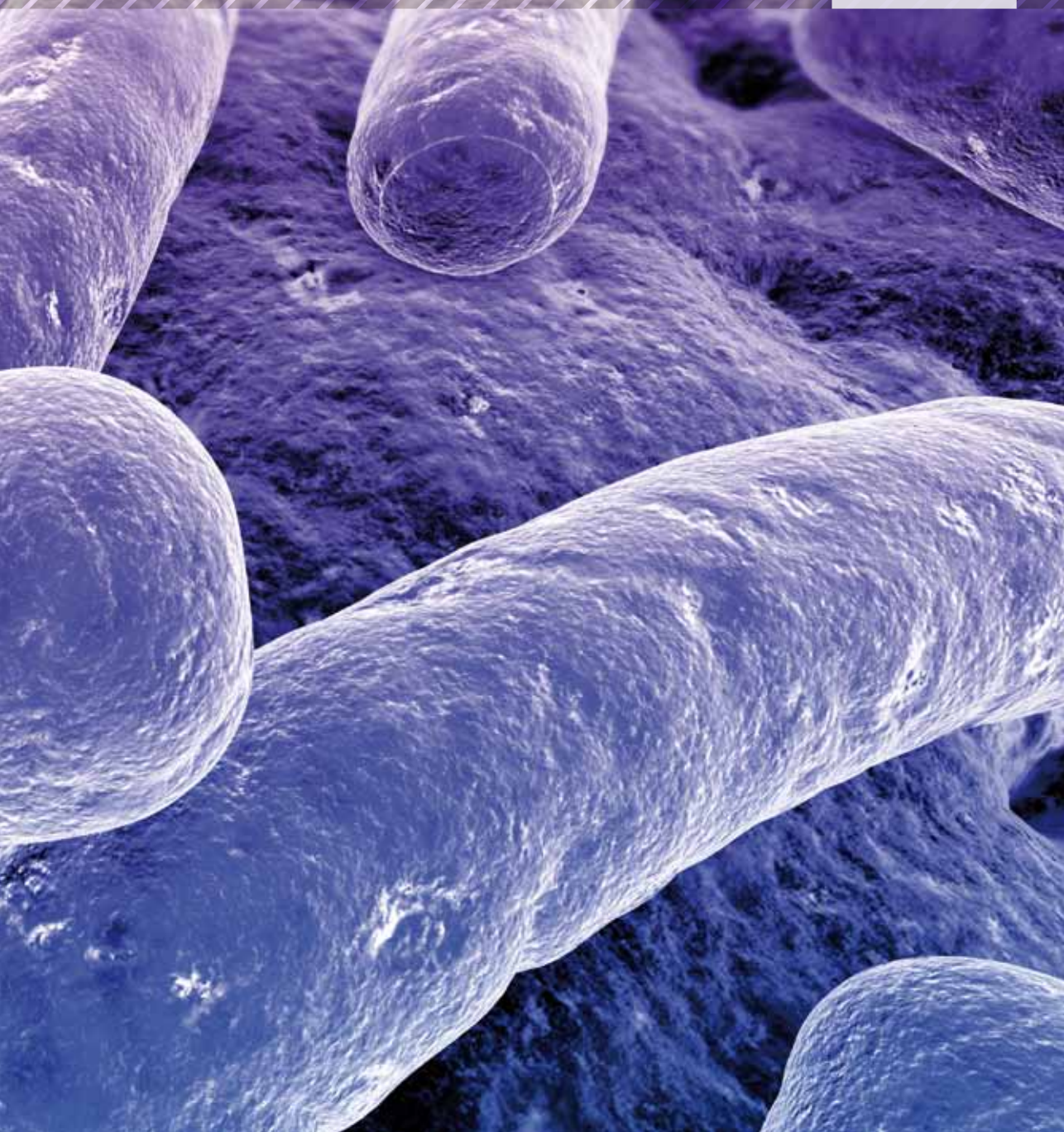
Stemerding, D. & R. van Est (red.). (2013). *Geen debat zonder publiek. Het opkomende debat over synthetische biologie ontleed*. Den Haag: Rathenau Instituut.

Vriend, H. de. (2006). *Constructing Life. Early Social Reflections on the Emerging Field of Synthetic Biology*. Den Haag: Rathenau Instituut. http://www.rathenau.nl/uploads/tx_tferathenau/BAP_Synthetic_biology_nov2007.pdf



Een kijkje in de wereld van synthetische biologie

2



2 Een kijkje in de wereld van synthetische biologie

In dit hoofdstuk werpen we een blik op de dynamische wereld van de synthetische biologie. We nemen hierbij ons eerdere Bericht aan het Parlement als startpunt. Inmiddels zijn er echter vijf jaar verstreken en de ontwikkelingen hebben in die tijd niet stilgestaan. Daarom schetst dit hoofdstuk allereerst een aantal actuele ontwikkelingen in de synthetische biologie. Vervolgens bespreekt dit hoofdstuk een aantal van de belangrijkste toepassingsgebieden. Bij onderzoekers leeft de hoop dat synthetische biologie bij kan dragen aan het aanpakken van belangrijke uitdagingen in de 21e eeuw. Tot slot komen ook de mogelijke risico's van synthetische biologie en bredere maatschappelijke en ethische vragen aan bod.

Dit hoofdstuk is voornamelijk gebaseerd op de verschillende nationale en internationale rapporten over synthetische biologie waar in de inleiding al naar werd verwezen. Ook hebben we dankbaar gebruikgemaakt van het onlangs in Nederland verschenen boek *Synthetische Biologie* van Arno Schrauwers en Bert Poolman.

2.1 Een nieuwe ingenieurswetenschap

"Als we het leven beschouwen als een machine, dan kunnen we het ook maken." Met dit citaat van MIT-onderzoeker Drew Endy, een van de pioniers van de synthetische biologie, werd vijf jaar geleden het revolutionaire karakter van de synthetische biologie samengevat (Van Est et al. 2007). Craig Venter, een andere spraakmakende onderzoeker op dit gebied, zei het in *The New York Times* als volgt: "Dit is de stap waar iedereen het steeds over heeft gehad. Nadat we hebben geleerd hoe we het genoom moeten lezen, kunnen we het nu ook gaan schrijven" (De Vriend 2007 p. 13).

In dit nieuwe wetenschapsgebied wordt gestreefd naar volledige controle van de fundamentele bouwstenen van leven. Een belangrijke drijfveer van synthetisch biologen in het streven naar deze controle, is om organismen te kunnen ontwerpen die voor de samenleving nuttige functies kunnen vervullen, bijvoorbeeld op het gebied van gezondheid, energievoorziening en milieu.

Het streven naar controle over de natuur is niet nieuw. Denk bijvoorbeeld aan de geschiedenis van de landbouw en het kruisen van verschillende plant- en diersoorten. Met de ontrafeling van het DNA-molecuul in 1953 door Watson en Crick werd de basis gelegd voor een nieuwe vorm van controle over het leven. Deze ontdekking stelde Cohen en Jalal twintig jaar later bijvoorbeeld in staat om het DNA uit een bepaald organisme te knippen en te plakken in een ander organisme, destijds ongehoord en revolutionair (Cohen et al. 1973). Door deze

zogenheten recombinant DNA-technologie ontstond de mogelijkheid om een uit de krab afkomstig gen in te brengen in sla, of het menselijke gen voor de aanmaak van insuline in te bouwen in bacteriën (Van den Belt 2009). Nu, bijna zestig jaar na de ontdekking van Watson en Crick, bevinden we ons aan de vooravond van een nieuwe fase in de biotechnologie.

Zoals vaak het geval is bij nieuw opkomende wetenschapsgebieden is de definitie en afbakening van synthetische biologie onderwerp van veel discussie (COGEM 2008).⁸ Wat we in ieder geval wél met zekerheid kunnen stellen, is dat synthetisch biologen een stuk verder willen gaan dan in de biotechnologie gebruikelijk is. Biotechnologen hielden zich tot nu toe bezig met relatief bescheiden modificaties van het DNA van bestaande organismen. Het onderzoek van synthetisch biologen gaat van genetische modificatie geleidelijk over in het gericht ontwerpen van nieuwe, kunstmatige levensvormen (De Vriend et al. 2007). De COGEM hanteert in haar signalement *Biologische machines?* (2008) de volgende definitie van synthetische biologie, ontleend aan een expertgroep van de Europese Commissie:

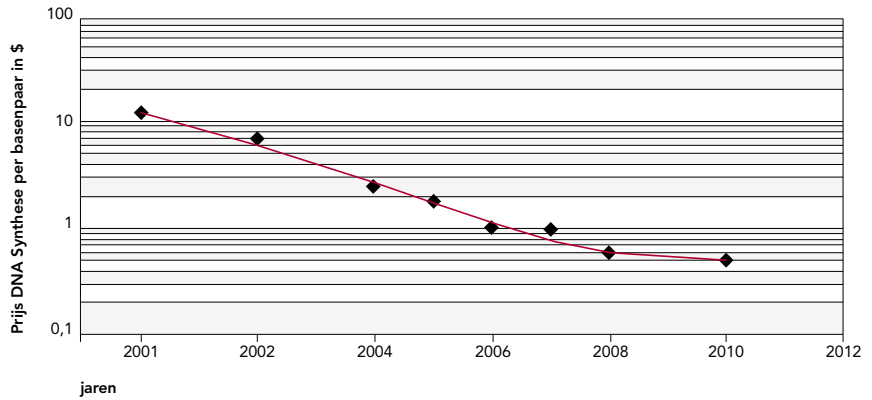
“Synthetic biology is the engineering of biology: the synthesis of complex, biologically based (or inspired) systems, which display functions that do not exist in nature. This engineering perspective may be applied at all levels of the hierarchy of biological structures – from individual molecules to whole cells, tissues and organisms. In essence, synthetic biology will enable the design of ‘biological systems’ in a rational and systematic way.”

Biedt de synthetische biologie nu echt andere mogelijkheden dan de DNA-technologieën die we al kenden? De overgang van conventionele biotechnologieën naar synthetische biologie is vanzelfsprekend een gradueel proces. Toch is het antwoord: ja.

In de biotechnologie waren wetenschappers tot nu toe afhankelijk van bestaand genetisch materiaal dat uit organismen moest worden geïsoleerd. Synthetisch biologen zijn echter steeds meer gevrijwaard van deze beperking. Zij kunnen gebruikmaken van DNA dat chemisch in laboratoria van gespecialiseerde commerciële bedrijven wordt gemaakt, ofwel gesynthetiseerd. Hierdoor zijn synthetisch biologen in staat om systemen te maken die complexer zijn dan tot nu toe mogelijk was (POST 2008; EGE 2009). Technologieën voor DNA-synthese worden bovendien steeds geavanceerder en de prijs per DNA-letter steeds lager (zie figuur 2.1).

Deze ontwikkelingen brengen de gedachte aan maakbaarheid van het leven dichterbij. Synthetisch biologen zetten in hun werk de bril op van een ingenieur.

8 The European Group on Ethics geeft in zijn advies over synthetische biologie een overzicht van verschillende definities (EGE 2009).

Figuur 2.1 Prijs DNA synthese in de afgelopen tien jaar Bron: Runco & Coleman 2011

Rathenau Instituut

Kijkend naar een cel, zien ze een systeem van samenwerkende nano-machientjes. Volgens Drew Endy was in de biologie tot nu toe altijd de 'natuur aan het werk'. Maar, "beschouw je de natuur als een machinerie, dan zie je dat ze niet volmaakt is, en kan worden herzien en verbeterd" (Van Est et al. 2007, p. 3). In het verlengde van deze ingenieursvisie, halen synthetisch biologen inspiratie uit de elektrotechniek. Dit blijkt uit de aanpak die zij hanteren om organismen te ontwerpen en 'bouwen'. Net als transistors, dioden, condensatoren en schakelaars, hebben DNA-bouwstenen specifieke eigenschappen en kunnen deze precies vastgestelde en dus voorspelbare functies vervullen. Het ontrafelen, ontwerpen, maar vooral ook het standaardiseren van deze bouwstenen staat hoog op de agenda van de synthetische biologie (De Vriend et al. 2007; EPTA 2011).

2.1.1 Kracht door convergentie

Synthetische biologie wordt sterk gedreven door het samenkomen, ofwel convergeren van verschillende disciplines. Zo delen in de synthetische biologie (moleculair) biologen en chemici het lab bijvoorbeeld met natuurkundigen, civiel ingenieurs en IT-specialisten. Sterker nog, veel vooraanstaande synthetisch biologen hebben helemaal geen achtergrond in de biologie. De eerdergenoemde Drew Endy heeft bijvoorbeeld een achtergrond als civiel ingenieur en Tom Knight, een andere pionier binnen de synthetische biologie, is van oorsprong een IT-specialist (Schrauwers & Poolman 2011).

Synthetische biologie is dan ook een goed voorbeeld van de zogeheten NBIC-convergentie. NBIC-convergentie staat voor het convergeren van vier cruciale wetenschapsdomeinen: nanotechnologie, biotechnologie, informatietechnologie en cognitieve wetenschappen (vandaar de afkorting NBIC). Op de snijvlakken van deze wetenschapsdomeinen ontstaan nieuwe belangwekkende

wetenschappelijke ontwikkelingen op gebieden zoals *ambient intelligence*, moleculaire geneeskunde, *persuasive technologies*, brein-machine-interacties en synthetische biologie (Swierstra et al. 2009). Synthetische biologie wordt sterk gedreven door de convergentie van de biotechnologie met twee andere NBIC-disciplines: informatietechnologie en nanotechnologie.

Informatietechnologie speelt een onmisbare rol in de synthetische biologie. Zo is informatietechnologie cruciaal voor het in kaart brengen en analyseren van grote hoeveelheden genetisch materiaal en voor het modelleren en ontwerpen van biologische systemen. Nanotechnologie speelt een belangrijke rol bij het maken van biologische systemen en het ontwikkelen van nieuwe technieken voor het lezen en schrijven van DNA. Met deze technieken kunnen de vier nucleotiden waaruit DNA is opgebouwd – weergegeven met de letters A, T, C en G – in elke gewenste volgorde achter elkaar worden geplaatst om zo de gewenste bouwstenen te kunnen maken (Van Est et al. 2007).

2.2 Leven op de tekentafel

Vooralsnog houden synthetisch biologen zich voornamelijk bezig met micro-organismen in het laboratorium, al worden al wel voorzichtig stappen gezet naar cellen van hogere organismen. Mensen die ervan dromen om een huisdier te kunnen ontwerpen of een eenhoorn of griffioen in de dierentuin te bewonderen, zullen nog (veel) geduld moeten hebben. Dit doet uiteraard niets af aan het belang en de potentie van synthetische biologie als nieuwe fase in de biotechnologie. Bovendien is er al wél veel mogelijk. Zo slaagden onderzoekers er in 2005 in om op microniveau Jurassic Park™ te evenaren. Het lukte hen om met behulp van synthetisch DNA het uitgestorven Spaanse griepvirus na te maken. Naast meer kennis van de oorzaak van grieppandemieën leverde dit, evenals in Jurassic Park™, ook mogelijke risico's op. Honderd jaar geleden leidde het Spaanse griepvirus tot een wereldwijde griepepidemie die tussen twintig en vijftig miljoen levens eiste (De Vriend et al. 2007).

Wat heeft synthetische biologie vandaag de dag te bieden aan ontwikkelingen en mogelijkheden? In het onderstaande proberen we daar een beeld van te geven aan de hand van een aantal onderzoeksrichtingen waarin de ingenieurs-aanpak van de synthetische biologie op verschillende manieren tot uitdrukking komt.

2.2.1 Op zoek naar een minimale cel

In de eerste onderzoeksrichting, met Craig Venter als de belangrijkste ambassadeur, deconstrueren onderzoekers bestaande organismen om na te gaan wat het minimale aantal genen is dat een levende cel nodig heeft. Het uiteindelijke doel daarvan is het creëren van een minimale cel, waarbij de genetische informatie is teruggebracht tot een omvang die minimaal noodzakelijk is voor eenvoudig cellulair leven. Door het aantal genen te minimaliseren zou je de

complexiteit van de biologische processen in de cel kunnen beperken, waardoor deze beter te voorspellen en beheersen worden. Met behulp van deze aanpak leren we niet alleen over evolutieprocessen, maar kan een minimale cel vooral ook worden ontwikkeld tot een biologisch basissysteem of 'chassis' waarop nieuwe biologische systemen kunnen worden ontworpen (De Vriend et al. 2007). Venter hoopt bijvoorbeeld in de toekomst op basis van de minimale cel een bacterie te ontwerpen en ontwikkelen die waterstof kan produceren of CO₂ aan de lucht kan onttrekken, om zo het wereldenergieprobleem en de opwarming van de aarde aan te kunnen pakken (Schrauwers & Poolman 2011).

Het is Venter nog niet gelukt om de minimale cel te realiseren, maar zijn onderzoek volgt een specifiek stappenplan waarmee het uiteindelijke doel geleidelijk dichterbij moet worden gebracht. Daarmee wist Venter al verschillende keren de pers te halen. Zo kondigde hij in 2007 aan dat zijn J. Craig Venter Institute het chromosoom van de bacterie *M. genitalium* had gesynthetiseerd. In 2009 slaagde het instituut erin het chromosoom van *M. mycoides*, een ver familielid van *M. genitalium*, over te planten in de cel van een andere bacteriestam *M. capricolum* (Schrauwers & Poolman 2011). Eind mei 2010 maakte het instituut echt furore in de media, met de mededeling dat het voor het eerst een volledig werkend synthetisch genoom had gemaakt en in een micro-organisme had ingebouwd, gedoopt tot *M. mycoides* JCVI-syn1.0. (Gibson et al. 2010). Het chromosoom werd gesynthetiseerd op basis van genetische informatie die in computerdatabases te vinden is. In de woorden van Venter: "The first species.... to have its parents be a computer" (Henderson, 2010). Venter heeft hiermee laten zien dat het mogelijk is om in het laboratorium een complete DNA-streng te maken die volledig functioneel is in een micro-organisme. Daarmee is de basis gelegd voor het ontwerp van een minimale cel. Om te bewijzen dat het daadwerkelijk ging om een synthetisch DNA-molecuul, werd het voorzien van in het DNA verstopte 'watermerken', zoals de namen van de 46 onderzoekers die meewerkten en zelfs het e-mailadres van het instituut (Schrauwers & Poolman 2011).



De cover van Science met daarop de door het J. Craig Venter Institute ontwikkelde *M. mycoides* JCVI-syn1.0 (Science, juli 2010)

Hoewel er veel positieve belangstelling was voor de bijzondere technische prestatie van het instituut, is niet iedereen er even gelukkig mee. Zo volgt de ETC Group de ontwikkelingen in de synthetische biologie al jaren op zeer kriti-

sche wijze. De ETC Group doopte Venters bacterie 'Synthia' en ziet de creatie daarvan als symbolisch voor de door winst gedreven haast die synthetisch biologen hebben om met resultaten te komen, zonder goed begrip van de potentiële grote risico's (ETC Group, 2010). In de woorden van Pat Mooney van de ETC Group: "This is a Pandora's box moment – like the splitting of the atom or the cloning of Dolly the sheep, we will all have to deal with the fall-out from this alarming experiment."⁹

Venter is overigens niet de enige die op zoek is naar een minimale cel. Ook in Nederland zijn onderzoekers actief op dit gebied. Recentelijk kondigden microbiologen, verbonden aan de leerstoel Synthetische Biologie en Systeembioogie van de Wageningen Universiteit, aan dat zij met een nieuwe methode snel en relatief goedkoop overtollig DNA konden verwijderen uit de bacterie *Pseudomonas putida*. Onderzoekster Audrey Leprince verwacht dat uiteindelijk zeker de helft van het genoom van deze bacterie te wissen is.¹⁰



Scan de QR code
om te zien hoe
Tuur van Balen
m.b.v. BioBricks
zijn yoghurt hackt

2.2.2 Bouwen met levende Lego@stukjes

Het idee achter deze tweede onderzoeksrichting is om gestandaardiseerde genetische bouwstenen te maken waarmee micro-organismen kunnen worden omgebouwd met het oog op nuttige toepassingen. De aanpak is gebaseerd op het idee van modulariteit. Vergelijk het met Lego®.

De genetische bouwstenen worden zo geconstrueerd dat ze als zelfstandige modules op verschillende manieren kunnen worden gecombineerd en ingebouwd in micro-organismen. Micro-organismen dienen daarbij in wezen als 'printplaat' of 'chassis'. Ook bij deze ingenieursaanpak komt de groeiende kennis over genetische biodiversiteit, de toenemende snelheid waarmee DNA kan worden gelezen en geschreven, en de ontwikkeling van modellen in de systeembioogie¹¹ zeer goed van pas (Schrauwers & Poolman 2011).

Deze aanpak is het fundament voor de in de inleiding beschreven Registry of Biological Parts van het MIT: de online opensource-catalogus van gestandaardiseerde genetische bouwstenen, de BioBricks™. Deze catalogus is een van de belangrijkste hulpmiddelen voor iGEM, de internationale ontwerpcompetitie voor studenten op het gebied van synthetische biologie.

9 Zie: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-1279988/Artificial-life-created-Craig-Venter-wipe-humanity.html>.

10 Zie: http://www.wur.nl/NL/nieuwsagenda/nieuws/R_Kleinere_genomen_.htm.

11 In de strategische verkenning Nieuwe Biologie beschrijft de KNAW systeembioogie als volgt: "[...] hierin wordt een biologisch systeem beschreven als een complexe set van processen waar bij de bijdragen van de afzonderlijke processen ten opzichte van elkaar goed zichtbaar gemaakt kunnen worden. Daarmee zijn we beter in staat om voorspellingen te doen over de effectiviteit van een ingreep in een systeem" (KNAW 2011, p. 35).

Bovenstaande ontwikkelingen passen overigens goed in een al veel langer bestaande praktijk binnen de industriële biotechnologie van *metabolic pathway engineering*, oftewel, het aanpassen van stofwisselingsroutes in micro-organismen om daarmee medicijnen en andere nuttige producten te kunnen maken. Tot nu toe is deze praktijk vooral een kwestie van trial-and-error. Met de opkomst van de systeembioïologie en synthetische biologie begint daarin verandering te komen. Stofwisselingsroutes kunnen worden gesimuleerd in computermodellen en met behulp van computerondersteund ontwerpen kunnen steeds complexere genetische bouwstenen worden gemaakt. Dit stelt onderzoekers in staat om op basis van *rational design* bestaande organismen gericht aan te passen of 'nieuwe' te ontwerpen (De Vriend & Stermerding 2011).

Bij de verdere ontwikkeling van deze aanpak speelt de onderzoeksgroep van de Amerikaanse synthetisch bioloog Jay Keasling een vooraanstaande rol. Zijn onderzoek richt zich in het bijzonder op ontwerp van basale stofwisselingsroutes in micro-organismen met een *multi-use* karakter. De verbindingen die in deze stofwisselingsroutes worden gevormd, kunnen dienen als uitgangsmateriaal voor de productie van een reeks van chemicaliën. Bacteriën worden zo omgebouwd tot productieplatforms, op basis waarvan allerlei nuttige stoffen kunnen worden gemaakt met diverse toepassingen in de chemische en farmaceutische industrie of als brandstof. James Carothers, onderzoeker in de groep van Keasling, is ervan overtuigd dat de ontwikkeling van dergelijke biologische *multi-use* platforms, in combinatie met ontwerpgerichte benaderingen, ervoor kan zorgen dat synthetische biologie ruimer en sneller toepassing kan vinden bij de aanpak van belangrijke problemen op het gebied van gezondheid, milieu en grondstoffen op wereldschaal (Carothers 2012).



Synthetisch bioloog
Drew Endy van het
MIT met flesjes met
daarin BioBricks™

2.2.3 Evolutie, maar dan sneller

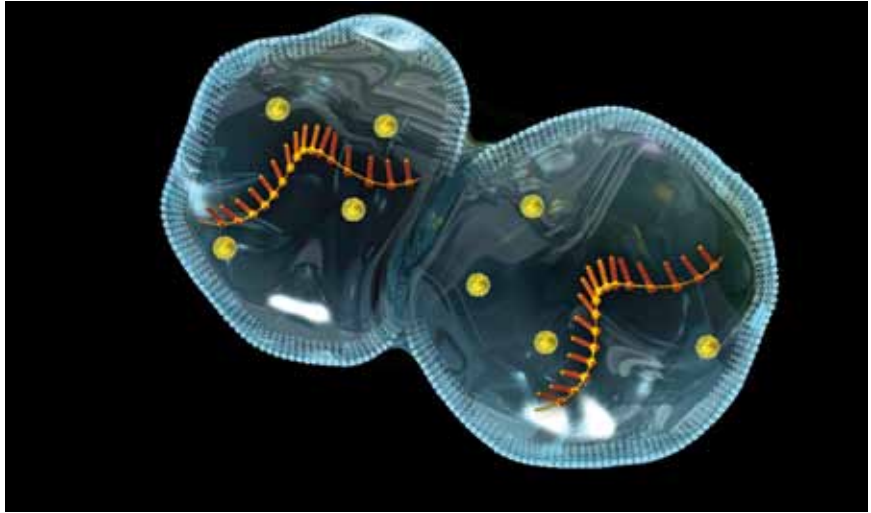
De groep van George Church, werkzaam bij Harvard en het MIT in Boston, en veteraan op het gebied van *genome sequencing*, ontwikkelt een andere aanpak om micro-organismen van gewenste eigenschappen te voorzien. Terwijl in de bovenstaande onderzoeksrichtingen de ontwerpende ingenieursaanpak voorop staat, wil Church juist de ontwerp- en assemblagekracht van de natuur het werk laten doen.

In 2009 presenteerden de onderzoekers van zijn groep hun 'evolutiemachine' genaamd MAGE of voluit, Multiplex-Automation of Genome Engineering (Wang et al. 2009). Met behulp van MAGE kunnen micro-organismen op grote schaal van genetische veranderingen worden voorzien, op basis waarvan deze organismen in een zo kort mogelijk tijdsbestek in een bepaalde richting verder 'evolueren'. Zo konden de onderzoekers met MAGE in drie dagen tijd maar liefst 15 miljard genetische varianten van *E. coli* produceren, waarbij steeds op een slimme manier de gewenste varianten eruit werden gepikt. Met conventionele technieken zouden de onderzoekers hier maanden, zo niet jaren over hebben gedaan. "De kracht van deze methode is dat combinaties van mutaties kunnen worden geïntroduceerd die vanaf de tekentafel (nog) niet te verzinnen zijn. In feite doet het organisme het werk – dat wil zeggen het bewerkestellen van de willekeurige genverandering – en is de bijdrage van de onderzoeker het ontwikkelen van een deugdelijk selectiesysteem" (Schrauwers & Poolman 2011, p. 114).

2.2.4 Schepping 2.0

"Als we naar de chemische elementen kijken waaruit levende systemen bestaan, dan valt op dat de natuur maar een karig gebruik heeft gemaakt van het periodiek systeem der elementen" (Schrauwers & Poolman 2011, p. 12). Schrauwers en Poolman roepen hiermee de prikkelende vraag op of er geen leven mogelijk is waarbij wat ruimer gebruik wordt gemaakt van de elementen die op aarde voorhanden zijn.

We hoeven niet ver van huis te gaan om wetenschappers te vinden die hiermee experimenteren. In Leuven bouwt Piet Herdewijn sinds 2010 aan systemen met een niet-natuurlijk genoom, zoals op basis van HNA (hexitolnucleïnezuren). Hoewel een werkend (lees: 'levend') HNA-systeem al het bewijs zou zijn dat we niet vastzitten aan het gangbare DNA/RNA, is dat niet eens zijn primaire doel. Zijn doel is om door middel van XNA's, waarbij de X staat voor *xeno* (vreemd), een aparte 'natuur' te creëren die niet kan mengen met de bestaande natuur, of in jargon, een hoge mate van orthogonaliteit heeft. Hierdoor is het gevaar van ongewenste uitwisseling van mutaties uitgesloten, aangezien nieuwe, onnatuurlijke genen niet kunnen mengen met die van bestaande (micro-)organismen (Schrauwers & Poolman 2011; Torgersen et al. 2010).



Schets van
een protocel

Wat verder van huis doet Steen Rasmussen van het Santa Fe Institute onderzoek naar protocellen. Dit zijn kunstmatige cellen met eigenschappen van levende cellen. In het rapport *Synthetische biologie: kansen creëren* worden protocellen als volgt gedefinieerd: “Een eenvoudig zelfassemblerend nanosysteem dat bestaat uit drie basiscomponenten: een metabool systeem, een molecuul dat informatie kan opslaan en een membraan dat het systeem bijeenhoudt” (Gezondheidsraad 2008, p. 40). Dit type onderzoek staat weliswaar nog in de kinderschoenen, vordert langzaam en is nog ver verwijderd van nuttige toepassingen, maar getuigt wel degelijk van de ambitie die sommige synthetisch biologen eropna houden om ooit synthetisch leven te maken.

2.2.5 En anders doe je het gewoon zelf

Een typisch kenmerk van de ingenieursbenadering in de synthetische biologie is het streven om de constructie van biologische bouwstenen en systemen technisch zo veel mogelijk te vereenvoudigen. Veel informatie over deze bouwstenen is bovendien, zoals we hebben gezien, online opensource beschikbaar. Daarmee oefent de synthetische biologie een grote aantrekkingskracht uit op amateurwetenschappers die graag in de eigen omgeving van keuken of garage zelf aan de slag gaan met bacteriën en biobricks. Ontwerper Tuur van Balen is een mooi voorbeeld. Hij laat zien hoe je ook zonder een stevige basis in de biotechnologie, toch met spraakmakende resultaten kan komen. In zijn bijdrage aan de Next Nature Power Show in Amsterdam, liet hij zien hoe gemakkelijk hij zijn yoghurtbacteriën, met behulp van BioBricks™ uit de Registry of Biological Parts, verandert in een Prozac-productiesysteem.¹²

Deze *Do-It-Yourself-Biology* of *DIYbio*-gemeenschap groeit en identificeert zichzelf graag met 'hackers' en 'geeks' die uiteindelijk beroemd geworden zijn met baanbrekende innovaties (Wohlsen 2011). Vooralsnog zijn de activiteiten van deze amateurbiologen bescheiden en hebben hun experimenten vooral een speels karakter. Dit speelse en open karakter maakt overigens ook deel uit van de cultuur van de synthetische biologie, waarin democratisering van de biotechnologie bij een deel van de gemeenschap hoog in het vaandel staat (Carlson 2010).

In Europa is de *DIYbio*-beweging klein van omvang, maar initiatieven beginnen wel steeds meer de kop op te steken. Sommige enthousiastelingen weten gemeenschappelijke laboratoria op te bouwen met spullen gekocht op eBay, zoals onlangs in Parijs.¹³ Ook in Nederland zijn in maart 2012 initiatiefnemers voor een *DIYbio*-groep voor het eerst in Den Haag bij elkaar gekomen.¹⁴

EU-onderzoeksprogramma's op het gebied van synthetische biologie

In 2003 ontstond binnen de Lawrence Berkeley laboratoria in de Verenigde Staten de eerste afdeling synthetische biologie. Anno 2012 heeft de Verenigde Staten nog steeds een leidende positie. Dat neemt niet weg dat de Europese Unie al vroeg is begonnen met een breed opgezet financieringsprogramma op het gebied van de synthetische biologie. In het zesde Kaderprogramma (voluit: Sixth Framework Programme for Research and Technological Development) is zeker 25 miljoen euro toegekend

aan synthetische biologie projecten, alsmede voor onderzoek naar de ethische, juridische en maatschappelijke aspecten ervan. Tot 2008 lag het bedrag voor de publieke financiering in Europa zelfs hoger dan in de Verenigde Staten. Vanaf 2008 steekt het Amerikaanse ministerie van Energie per jaar meer dan 100 miljoen dollar in onderzoek dat gericht is op biobrandstoffen (EPTA 2011, p. 2).

13 Zie: <http://www.lapaillasse.org/>.

14 Zie: <http://www.meetup.com/Dutch-DIY-Bio/> en <http://www.nrc.nl/wetenschap/2012/03/27/biohackers-knutselen-thuis-met-oude-schoenendozen-en-dna/>.

2.3 De beloften van synthetische biologie

Paragraaf 2 gaf een indruk van verschillende onderzoeksrichtingen in de synthetische biologie. Als ingenieurswetenschap gaat het daarbij niet alleen om het vergaren van kennis, maar juist ook om het werken aan toepassingen. Synthetische biologie wordt door sommige onderzoekers gezien als een belangrijke sleutel bij de aanpak van wereldwijde uitdagingen op het gebied van de energievoorziening, het klimaat en de gezondheidszorg. In deze paragraaf staan we stil bij enkele van deze toepassingen.

2.3.1 Bio-economie & Milieu

Synthetische biologie zou om te beginnen een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan de realisering van een toekomstige bio-economie. De bio-economie – of biobased economy – is een economie waarin fossiele brandstoffen als grondstof zo veel mogelijk zijn vervangen door duurzaam geproduceerde biomassa (Asveld et al. 2011).

Een eerste beoogd toepassingsgebied van synthetische biologie is de productie van biobrandstoffen, bijvoorbeeld biobutanol. Sommige bacteriën zijn in staat om plantaardige biomassa om te zetten in butanol, maar doen dat niet erg efficiënt waardoor de opbrengst laag blijft. Om deze problemen aan te pakken hebben synthetisch biologen de *E. coli* bacterie omgebouwd tot een variant die veel efficiënter is en daarmee ook interessanter voor de industrie (PCSBI 2010; EGE 2009). Grote oliemaatschappijen als Shell, ExxonMobil en BP investeren inmiddels honderden miljoenen in dergelijk onderzoek (EPTA 2011). Ook in Nederland vinden op dit gebied activiteiten plaats, met name in het onderzoeksprogramma BE-Basic¹⁵, een omvangrijk consortium van universiteiten en bedrijven, en het onderzoeksprogramma BioSolar Cells¹⁶, waarin eveneens wordt samengewerkt tussen een groot aantal universiteiten en bedrijven.

Een ander toepassingsgebied van synthetische biologie waar ook in Nederland onderzoek naar wordt gedaan, is het gebruik van algen om biodiesel te maken. Als grondstof hebben algen volgens onderzoekers bepaalde voordelen ten opzichte van plantaardig materiaal. Zo hebben algen een hoog oliegehalte en een hoge groeisnelheid. Algen kunnen worden gehouden in systemen op land of in water die relatief weinig beslag leggen op gebieden waarop (voedsel) gewassen worden geteeld. Reststoffen die vrijkomen bij de productie van algen voor biodiesel kunnen op andere manieren nuttig worden gemaakt, bijvoorbeeld in de vorm van veevoer (PCSBI 2010). Ten behoeve van dit algenonderzoek is in Wageningen in 2011 een AlgaePARC opgezet.¹⁷

15 <http://www.be-basic.org/home.html>

16 <http://www.biosolarcells.nl/>

17 <http://www.algaeparc.com/>

Ten slotte zagen we al dat een onderzoeker als Craig Venter ook mogelijkheden ziet om bacteriën met behulp van synthetische biologie om te bouwen tot systemen waarmee als nieuwe energiebron waterstof kan worden geproduceerd.

In een toekomstige bio-economie zal biomassa ook zo veel mogelijk voor hoogwaardige producten moeten worden ingezet als alternatief voor bestaande (petro-)chemische productiemethoden (Asveld et al. 2011). In de vorige paragraaf is beschreven hoe in de visie van onderzoekers micro-organismen met behulp van synthetische biologie kunnen worden ontwikkeld tot multi-use platforms voor het maken van allerlei nuttige stoffen. Zo maken de multinationals DuPont en Tate & Lyle nu al gebruik van omgebouwde micro-organismen voor een proces waarbij op basis van maissuiker een belangrijke ingrediënt voor kunstvezel kan worden geproduceerd (De Vriend & Stermerding 2011). Een voorbeeld uit *Leven Maken* is dat onderzoekers met behulp van synthetische biologie planten spinrageiwitten kunnen laten maken, materiaal dat de industrie goed zou kunnen gebruiken voor de productie van zeer sterke en elastische vezels (De Vriend et al. 2007).

Een mogelijke toepassing van synthetische biologie op milieugebied is bioremediatie, het gebruik van biologische systemen om een vervuilde omgeving weer terug te brengen in haar oorspronkelijke staat. Hiervoor maakt men gebruik van micro-organismen die bepaalde stoffen kunnen ophopen en afbreken. Synthetische biologie kan hierbij door onderzoekers worden gebruikt om micro-organismen te ontwikkelen die in staat zijn om op efficiënte wijze uitermate hardnekkige vervuilende stoffen aan te pakken, zoals zware metalen, nucleair afval en pesticiden (EGE 2009; PCSBI 2010). IGEM-teams houden zich regelmatig bezig met dit soort toepassingen. In de inleiding gaven we het voorbeeld van het onderzoeksteam van Delft in 2010 met hun ontwerp van een bacterie die olievervuiling kan 'opeten'.

2.3.2 Gezondheid

Gezondheid is een tweede veelgenoemd toepassingsgebied voor synthetische biologie. Sterker nog, de eerste bekende toepassing die aan synthetische biologie wordt toegeschreven, ligt op het gebied van de geneeskunde. Met flinke financiële steun van de Bill and Melinda Gates Foundation, slaagde het team van Jay Keasling erin om op vernuftige wijze gistcellen te ontwikkelen die artemisinezuur kunnen produceren, de basis voor het malariamedicijn artemisine.

"Dit medicijn kan ook uit de plant zoete alsem worden gewonnen, maar dat is een tijdrovend en kostbaar proces. Met het artemisinezuur uit gist kan het medicijn naar verwachting 90 procent goedkoper worden geproduceerd. Keasling en z'n medewerkers maken gebruik van bakkersgist. Dat is een geschikt productieorganisme om commercieel winbare hoeveelheden te produceren. In het stofwisselingsproces van de gistcel bouwen de onderzoekers

It's technology, stupid!

Het boek *Synthetische biologie: de mens als schepper* zet een opkomend wetenschapsgebied voor een breder publiek op de kaart. Belangrijk, want het scheppen van leven roept vragen en dilemma's op die iedereen raken. Zijn we er klaar voor?

Het is de heilige graal van de biologie: nieuw leven maken. Het doorgronden van de essentie van het leven houdt al generaties biologen in de ban. En al zal het nog vele jaren duren voor we echt in staat zijn zelf leven te creëren uit dode materie, de razendsnelle ontwikkelingen in de moleculaire biologie brengen de mogelijkheid steeds dichterbij.

Het leven lezen kunnen we al. Van de staalkaart van het leven – het DNA – is al veel ontrafeld. Nu staan we op het punt om het leven ook te gaan *schrijven*. Met computerprogramma's kunnen we (*in silico*) al complete gen-netwerken ontwerpen. Ook kunnen we gericht ingrijpen in het functioneren van cellen en hun eigenschappen veranderen.

Dat is nog maar het begin, want de komende decennia zullen nieuwe kennis en mogelijkheden ongekende nieuwe toepassingen binnen bereik brengen. Denk aan zaken als het (oneindig?) verlengen van het leven, het voorspellen en voorkomen van ziektes en het ontwikkelen van nieuwe voedingsgewassen, materialen en industriële grondstoffen.

Het zijn ontwikkelingen die onze samenleving – maar ook ons als individu – sterk

zullen beïnvloeden en veranderen. Dat stelt ons voor nieuwe uitdagingen waarop we een antwoord zullen moeten vinden. Hoe gaan we om met de kosten van nieuwe medische technologieën? Welke kansen en risico's brengen genetisch gemodificeerde gewassen met zich mee? Hoe zorgen we ervoor dat niet alleen wij maar ook de mensen in ontwikkelingslanden toegang hebben tot de nieuwe technologieën?

Durven we het riskante maar ook kansrijke avontuur aan? En zo ja, wat is daar dan voor nodig? Om te beginnen een langetermijnvisie op onze rol en onze doelen, met daaraan gekoppeld langetermijninvesteringen in onderzoek, onderwijs en ontwikkeling.

Maar er is ook een mentaliteitsomslag nodig, waardoor techniek weer sexy wordt in Nederland. Want scholieren vinden wetenschap suf en *nerdy* en kiezen liever voor een kantoorbaan in de dienstensector dan voor een technische opleiding of een carrière in het lab.

Er is actie – ook politieke – actie nodig om de broodnodige instroom van jong talent te vergroten. We zullen veel meer moeten uitdragen hoe spannend en uitdagend onderzoek en innovatie kunnen zijn. Een avontuur, een mogelijkheid om dingen te ontdekken die nog niemand voor jou heeft ontdekt. Zelf nieuw leven scheppen, bijvoorbeeld.

Kortom, it's technology, stupid!

Bert Poolman

Synthetisch bioloog

een genetische constructie in, die in drie stappen biochemische bewerkingen uitvoert. De onderzoekers verhogen de expressie van bepaalde genen van de gistcel en brengen twee genen uit de alsemplant in.” (De Vriend et al. 2007 p. 14).

Recentelijk maakte de groep van George Church gebruik van MAGE om in korte tijd een *E. coli* bacterie te ontwikkelen die flinke hoeveelheden lycopenen kan maken, een pigment dat voorkomt in tomaten en mogelijk een kankerbestrijdende werking heeft.

In deze twee voorbeelden gaat het om het namaken van medicinale stoffen die we al kennen uit de natuur. Synthetische biologie kan echter ook gebruikt worden om medicinale stoffen te maken die in de natuur niet voorkomen. Zo gebruikt het Centrum voor Synthetische Biologie van de Rijksuniversiteit Groningen synthetische biologie om nieuwe soorten van antibiotica te ontwikkelen. Daarnaast gebruikt het Centrum synthetische biologie ook op geheel andere wijze als techniek voor de ontwikkeling van gerichte medicijnafgifte met behulp van synthetische membraanblaasjes. Deze aanpak zou bijvoorbeeld gebruikt kunnen worden om tumoren op een veel gerichtere manier te bestrijden (Schrauwers & Poolman 2011; EGE 2008). Gerichte medicijnafgifte zou door middel van synthetische biologie ook kunnen worden gekoppeld aan de werking van virussen of bacteriën, zogeheten *living therapeutics*. Het *lentivirus* is op deze manier zodanig aangepast dat het kan reageren op cellen die met het hiv-virus zijn geïnfecteerd waarmee het de ontwikkeling van aids zou kunnen helpen voorkomen (De Vriend et al. 2007).

Als laatste bespreken we biosensoren als potentiële bijdrage van synthetische biologie aan de volksgezondheid, met name in ontwikkelingslanden. Hierbij valt te denken aan biosensoren die (drink)water testen op schadelijke stoffen. Jaarlijks zijn 100 miljoen mensen het slachtoffer van arsenicumvergiftiging door het drinken van vervuild grondwater, vaak met dodelijk gevolg. Dit bracht het iGEM-team van Edinburgh in 2006 op het idee om een bacteriële biosensor te ontwerpen, die in staat zou moeten zijn om arseen snel en goedkoop te detecteren.¹⁸ Met dit ontwerp won het team de prijs voor de ‘*best real world application*’. Ook andere iGEM-teams gingen aan de slag met biosensoren. Een ontwerp van het iGEM-team van Cambridge, genaamd *E. Chromi* won in 2009 zelfs de BioBrick Trophy (de hoofdprijs van iGEM). Het team richtte zich op het ontwikkelen van bacteriën die onder bepaalde omstandigheden een kleur afgeven die met het blote oog kan worden waargenomen.¹⁹

18 http://parts.mit.edu/wiki/index.php/Arsenic_Biosensor.

19 <http://2009.igem.org/Team:Cambridge>.

Overigens kunnen biosensoren naast het monitoren van gezondheidsrisico's ook voor andere doeleinden worden ingezet. De Presidential Commission for the Study of Bioethical Issues wijst in haar rapport bijvoorbeeld op de bijdrage die synthetische biologie zou kunnen leveren aan de ontwikkeling van biosensoren voor het monitoren van bodemvruchtbaarheid in de landbouw (PCSBI 2010).

2.4 Risico's

Zowel internationaal als in Nederland is in discussies over synthetische biologie de aandacht van meet af aan niet alleen uitgegaan naar de kansen, maar ook naar de risico's van dit nieuw opkomende wetenschapsgebied. De risicodiscussie spitst zich daarbij in het bijzonder toe op kwesties van bioveiligheid in laboratoria en voor de omgeving, en van biobeveiliging tegen mogelijk misbruik van kennis. In het eerste geval wordt gesproken van biosafety (*"keeping bad bugs from people"*), in het tweede geval van biosecurity (*"keeping bad people from bugs"*) (EPTA 2011, p. 3).

2.4.1 Biosafety

De discussie over biosafety gaat over veiligheidsrisico's voor mens en milieu die al lange tijd aan de orde zijn in het maatschappelijk debat over genetisch gemodificeerde organismen (GMO's). Het gaat om de risico's van het werken met, of ontsnappen van micro-organismen met nieuwe (mogelijk ziekteverwekkende) eigenschappen, en om de risico's van genetisch gemodificeerde planten of dieren voor het milieu, de mens of het welzijn van de betrokken dieren. Belangrijke en terugkerende vraag in het debat is of we voldoende kennis hebben om de betreffende risico's goed in te schatten en te beheersen, juist ook vanwege mogelijk onomkeerbare effecten van verspreiding van GMO's in het milieu.

Met de ontwikkeling van de synthetische biologie komen deze vragen opnieuw op de agenda (De Vriend et al. 2007; EGE 2009; International Risk Governance Council 2010). Synthetisch biologen hebben in de discussie hierover zelf het voortouw genomen, maar hebben ook te maken gekregen met kritische reacties van maatschappelijke organisaties die pleiten voor strikte(re) regulering vanuit de samenleving. Dat gebeurde onlangs nog in een oproep van 111 internationale maatschappelijke organisaties – waaronder de ETC Group en Friends of the Earth – tot streng toezicht op synthetische biologie en strikte toepassing van het voorzorgsbeginsel om "de planeet en haar inwoners te beschermen tegen de risico's van synthetische biologie en synthetische biologie gerelateerde producten" (Friends of the Earth, CTA & ETC Group 2012, p. 1).

Onder experts heerst er internationaal brede consensus dat de bestaande regelgeving voor GMO's voornamelijk voldoet als kader voor de beoordeling en beheersing van de risico's van synthetische biologie (EPTA 2011).²⁰ Dit standpunt is ook in Nederland een aantal jaren geleden uitgedragen door de COGEM in de signalering *Biologische Machines?*, waarin geanticipeerd werd op de ontwikkelingen in de synthetische biologie (COGEM 2008).

Tegelijkertijd leeft ook het besef dat het bestaande biosafety-regime door ontwikkelingen in de synthetische biologie onder druk kan komen te staan naarmate we in de toekomst meer te maken krijgen met gesynthetiseerde micro-organismen die sterk verschillen van organismen waar we al bekend mee zijn (International Risk Governance Council 2010). In verband daarmee heeft de COGEM in samenwerking met het Rathenau Instituut in 2011 een expertworkshop georganiseerd waarin een aantal ontwikkelingen zijn besproken in de synthetische biologie die zich binnen het bestaande risicobeoordelingskader mogelijk niet goed meer laten beoordelen. De conclusie was dat, in situaties van ingeperkt gebruik binnen het laboratorium, het bestaande kader ook voor deze ontwikkelingen nog steeds voldoende toereikend is. Tegelijk werd vastgesteld dat sommige van deze ontwikkelingen in de (nog redelijk verre) toekomst de bestaande risico-methodiek wel degelijk zouden kunnen ondergraven. De COGEM gaat daarom over dit onderwerp een nieuw signalement voorbereiden.

Een belangrijk aandachtspunt in deze discussie is de kennis die nodig is op het gebied van risicoanalyse om ook in de toekomst nieuwe ontwikkelingen op het gebied van de synthetische biologie goed te kunnen beoordelen. Dat geldt in het bijzonder voor situaties waarin 'synthetische organismen' in het natuurlijke milieu worden gebracht. In het tijdschrift *Nature* pleitten enkele auteurs daarom onlangs voor tijdige investeringen in ecologische risicostudies (Dana et al. 2012). Het is overigens ook denkbaar dat juist synthetische biologie mogelijkheden schept om risico's voor het milieu te verminderen door de ontwikkeling van organismen die zich onder natuurlijke omstandigheden niet meer kunnen handhaven en ook genetisch geïsoleerd zijn van natuurlijke populaties. Het eerdergenoemde onderzoek van Herdewijn naar 'orthogonale' biologische systemen is daar een voorbeeld van (zie ook Schmidt 2010).

20 De European Group on Ethics geeft in haar advies over synthetische biologie een overzicht van Europese en mondiale regelgeving op het gebied van GMO's (EGE 2009, p. 27-35). Een dergelijk overzicht is ook te vinden op de website van de COGEM, inclusief de regelgeving zoals die in Nederland van toepassing is: <http://www.cogem.net/index.cfm/nl/genetische-modificatie/wetten-en-regels/>.

2.4.2 Biosecurity

De zorg over mogelijk misbruik van biologische kennis heeft eveneens al een langere geschiedenis die samenhangt met de ontwikkeling van de biotechnologie en lange tijd in het teken heeft gestaan van de mogelijke ontwikkeling van biologische wapens. Sinds de aanslagen van 11 september 2001 richt de aandacht zich, met name in de Verenigde Staten, vooral op de dreiging van bioterrorisme en daarmee ook nadrukkelijker op de rol van kwaadwillende individuen en groeperingen, meer dan van staten. Als gevolg daarvan hebben onderzoekers in de biowetenschappen te maken gekregen met maatregelen en verantwoordelijkheden op het gebied van biosecurity die ervoor moeten zorgen dat kennis niet in verkeerde handen valt. In Nederland heeft de KNAW in verband daarmee een wetenschappelijke gedragscode ontwikkeld voor biosecurity (KNAW 2007).

Een belangrijk kenmerk van de synthetische biologie is het streven om de constructie van biologische bouwstenen en systemen technisch zo veel mogelijk te vereenvoudigen. Daarmee zou het herontwerpen van micro-organismen en ander leven uiteindelijk steeds gemakkelijker kunnen worden, niet alleen voor wetenschappers, maar zelfs misschien voor minder wetenschappelijk geschoolden. Dat heeft de vrees opgeroepen dat juist synthetische biologie een instrument zou kunnen zijn waar kwaadwillende individuen misbruik van kunnen maken. Met behulp van synthetisch DNA zou het, op basis van de vrij toegankelijke informatie over virussen op het internet, in een niet al te verre toekomst relatief gemakkelijk kunnen worden om zelf gevaarlijke virussen te bouwen (Garfinkel et al. 2007). Firma's die op commerciële basis DNA synthetiseren hebben daarom onderlinge afspraken gemaakt over het screenen van bestellingen en van klanten op mogelijke risico's voor misbruik. Tegelijkertijd blijft het voor synthetisch biologen en de ontwikkeling van de wetenschap van cruciaal belang dat kennis en materialen vrijelijk gedeeld kunnen worden.

Biosecurity levert dus een spanningsveld op tussen op (overheids)controle gerichte veiligheidsmaatregelen en het streven naar openheid in de wetenschappelijke gemeenschap. Eind 2010 organiseerde het Rathenau Instituut een workshop over dit thema met wetenschappers uit het veld en mensen die werkzaam zijn op het terrein van biosecurity en biosafety. De workshop leidde onder andere tot de conclusie dat het in Nederland ontbreekt aan een institutioneel mechanisme voor een meer systematische en pro-actieve beoordeling van de biosecurity implicaties van nieuwe (bio)wetenschappelijke en technologische ontwikkelingen (Stemerding et al. 2011).

Het thema van biosecurity werd in het najaar van 2011 plotseling actueel naar aanleiding van een internationale discussie over in Rotterdam uitgevoerd onderzoek naar mogelijkheden om een gevaarlijk vogelgriepvirus overdraagbaar te maken tussen mensen. Doel van het onderzoek is om meer zicht te krijgen op het gevaar voor het ontstaan van een nieuwe wereldwijde griep пандеміе.

Maar het onderzoek riep ook de vraag op naar mogelijk misbruik van deze kennis voor bioterroristische doeleinden. Op grond daarvan adviseerde de Amerikaanse National Science Advisory Board for Biosecurity in eerste instantie om het onderzoek alleen in beperkte vorm te publiceren.

Ook de Tweede Kamer en enkele bewindslieden gingen op initiatief van CDA-Kamerlid Henk-Jan Ormel op 8 maart 2012 met elkaar in debat over deze zaak. Ormel stelde tijdens het debat het volgende: "We praten nu over onderzoek van bestaande virussen, maar ik wijs op de ontwikkelingen rondom synthetische biologie waarbij binnen enkele jaren virussen met zeer gemene eigenschappen gecreëerd kunnen worden."²¹ Hoewel we bij het Rotterdamse onderzoek te maken hebben met klassiek virologisch onderzoek, kunnen we inderdaad stellen dat de vragen die het onderzoek heeft opgeworpen zich in de toekomst, met de ontwikkeling van synthetische biologie, steeds vaker zullen gaan voordoen.

2.5 Bredere vragen

In de inleiding stelden we vast dat Nederlandse politieke partijen de maatschappelijke betekenis en implicaties van synthetische biologie tot nu toe niet of nauwelijks hebben geadviseerd voor hun eigen politieke stroming en achterban. Dat geldt ook voor maatschappelijke organisaties in Nederland. Internationaal zien we wel een levendig debat dat in het teken staat van een gevestigde traditie van reflectie op de ethical, legal and social implications (ELSI) van nieuwe wetenschap en technologie. Dit debat wordt vooral gevoed vanuit academische kring, met incidenteel ook bijdragen van maatschappelijke organisaties. Naast sociaal wetenschappers en ethici, spelen ook natuurwetenschappers en technologiën in ELSI-debatten een actieve rol, soms zelfs een voortrekkersrol. Dat is ook bij synthetische biologie zeker het geval. Daarbij hebben niet alleen potentiële risico's aandacht gekregen, maar ook bredere maatschappelijke vragen die synthetische biologie oproept. Deze paragraaf geeft een indruk van verschillende kwesties die in ELSI-discussies over synthetische biologie naar voren zijn gebracht.

2.5.1 Rechtvaardigheid

Een veelbesproken kwestie in ELSI-debatten bij nieuw opkomende wetenschap en technologie is de vraag in hoeverre de verwachte voordelen en nadelen rechtvaardig worden verdeeld. Daarbij gaat het vooral om internationale rechtvaardigheid. Ook in discussies over synthetische biologie is deze vraag aan de orde. Zo stelt de Presidential Commission for the Study of Bioethical Issues dat: "Emerging technologies like synthetic biology will have global impacts. For this reason, every nation has a responsibility to champion fair and just systems

21 Kamerstukken II 2011, 12 28807 nr. 135. Het Rathenau Instituut heeft voorafgaand aan dit debat de Kamer per brief geadviseerd: http://www.rathenau.nl/uploads/tx_tferathenau/Brief_Vaste_Kamer_VWS_Vogelgriep_8-3-2012.pdf.

to promote wide availability of information and fairly distribute the burdens and benefits of new technologies" (PCSBI 2010, p. 5). Het advies van de European Group of Ethics voegt daaraan toe dat bij een gelijke spreiding van voor- en nadelen niet alleen op maatschappelijke en geografische spreiding moet worden gelet, maar ook op de spreiding tussen generaties. Rechtvaardigheid impliceert volgens de EGE dan ook dat in het synthetische biologie onderzoek en de toepassingen daarvan rekening wordt gehouden met bescherming van het milieu en schaarsheid van natuurlijke grondstoffen (EGE 2009).

De vraag naar rechtvaardigheid is in ELSI-discussies over synthetische biologie met name toegespitst op de kwestie van intellectueel eigendom. Daarbij staan onderzoekers die streven naar soms veelomvattende vormen van patentering tegenover onderzoekers (en ook maatschappelijke organisaties) die juist pleiten voor een opensource-model. Intellectueel eigendom wordt vaak gezien als een belangrijke voorwaarde om nieuwe kennis commercieel te kunnen exploiteren. Het betekent immers dat derden niet zonder toestemming (commercieel) gebruik mogen maken van waardevolle kennis. Maar er zijn ook ervaringen die laten zien dat patenten innovatie aanzienlijk kunnen belemmeren. Henk van den Belt wijst in *Leven als Bouwpakket* op het beroemde 'Gouden Rijst'-project, waarin voor het gebruik van niet minder dan zeventig biotechnologieoctrooien, verspreid over 32 verschillende eigenaars, toestemming moest worden verkregen om überhaupt *freedom to operate* mogelijk te maken (Van den Belt 2009).

Vanuit deze optiek worden ook de brede patenten die Craig Venter op zijn werk heeft aangevraagd, kritisch beoordeeld. Venters aanvraag heeft niet alleen betrekking op het concept van de minimale cel (ook al heeft hij daarvan nog geen werkende versie gemaakt), maar ook op meer generieke instrumenten van de synthetische biologie, zoals het maken van synthetische genomen en het plaatsen hiervan in cellen (Gezondheidsraad 2008). In de bovengenoemde oproep van 111 internationale maatschappelijke organisaties wordt in dit verband een vergelijking gemaakt met de farmaceutische industrie en gewezen op de onrechtvaardige gevolgen van monopolisering door dergelijke vergaande vormen van patentering (Friends of the Earth, CTA & ETC Group 2012). Sprekend voor het standpunt van de critici is ook het label *Microbesoft* dat zij op de bedrijven van Venter hebben geplakt.

De BioBricks Foundation, verantwoordelijk voor de eerder besproken Registry of Standard Biological Parts, is juist opgericht met als doel om standaard biologische onderdelen vrij toegankelijk te houden in de hoop daarmee innovatie in de synthetische biologie te versnellen (Gezondheidsraad 2008). Drew Endy, een van de initiatiefnemers van de BioBricks-beweging, staat dan ook kritisch tegenover vergaande vormen van patentering. Hij vreest een 'balkanisering' van biologische basisfuncties (Van den Belt 2009).

2.5.2 Natuurlijkheid

Noties van ‘cultuur’ en ‘natuur’ drukken manieren uit waarop mensen hun mens-zijn en hun relatie met hun niet-menselijke omgeving ervaren. Daarmee drukken deze noties ook hun stempel op de manier waarop menselijk ingrijpen in deze niet-menselijke omgeving wordt gewaardeerd. Menselijke cultuur staat gelijk aan een lange geschiedenis waarin mensen de natuur naar eigen hand hebben gezet. Over de vraag welk ingrijpen in ‘de natuur’ aanvaardbaar of geëigend is en welke (morele) grenzen daarbij in acht moeten worden genomen, bestaan in de samenleving verschillende opvattingen (De Vriend et al. 2007). Denk bijvoorbeeld aan de discussies over het al dan niet vrijlaten van de gestrande Orka ‘Morgan’ of hoe om te gaan met het ‘wild’ in de Oostvaardersplassen.

Ontwikkelingen in de biotechnologie roepen soms sterke gevoelens op van onnatuurlijkheid en ongemak. Uit een Eurobarometerenquête van 2010 blijkt dat EU-burgers genetisch gemodificeerd (GM)-voedsel (nog altijd) sceptisch beoordelen. Van de EU-burgers is 70% van mening dat GM-voedsel “fundamenteel onnatuurlijk is”. Daarbij geeft 61% aan een ongemakkelijk gevoel te hebben bij GM-voedsel (Eurobarometer 2010). Met synthetische biologie willen onderzoekers nieuwe stappen zetten in een proces van steeds verdergaande beheersing van levensprocessen in de natuur. Dat maakt het heel waarschijnlijk dat veel burgers synthetische biologie en de producten daarvan evenzeer als onnatuurlijk zullen bestempelen. Wat de consequenties daarvan zullen zijn, is vooralsnog een open vraag.

Ook de kwestie van patenteren raakt aan opvattingen over leven en natuur. De vraag of leven gepatenteerd kan worden, is een terugkerend thema in discussies over biotechnologie en zal ongetwijfeld opnieuw worden gesteld bij ontwikkelingen in de synthetische biologie. Onlangs nog stelde de Partij voor de Dieren dit thema aan de orde in een schriftelijk overleg over biotechnologie met de vraag “of het Kabinet het standpunt deelt dat patent op leven ethisch onverantwoord is en dat de genetische rijkdom aan de hele wereld toebehoort”²².

2.5.3 Noties van leven

Wat is leven? Synthetische biologie zou gemakkelijk de indruk kunnen wekken dat leven kan worden gereduceerd tot niets dan DNA. In dat licht kan het idee van *maakbaarheid* van leven weerstand oproepen vanuit de gedachte dat het leven iets bijzonders is: levende wezens zijn met elkaar verbonden en onderscheiden zich van georganiseerde materie doordat ze ‘bestaan’. Veel mensen voelen zich ongemakkelijk bij een reductionistische benadering van wat leven is, die ook ten grondslag lijkt te liggen aan synthetische biologie (De Vriend et al. 2007).

Synthetische biologie raakt ook aan de grens tussen wat als 'levend' en 'niet-levend' moet worden beschouwd (Van den Belt 2009; EGE 2009). Aan levende wezens wordt juist vanwege dit 'leven' intrinsieke waarde toegekend. In de synthetische biologie komen we combinaties van termen tegen die daar moeilijk mee te verenigen zijn. Denk bijvoorbeeld aan de notie van kunstmatig leven of de titel van het COGEM-rapport over synthetische biologie: *Biologische machines?*. Gaat het in de synthetische biologie nog om levende 'wezens' of gaat het slechts om kunstmatig gefabriceerde 'dingen'? Hierbij past de kanttekening dat het vooralsnog gaat om micro-organismen, waar de meeste mensen niet direct warme gevoelens bij krijgen. Maar het is niet uitgesloten dat in de toekomst organismen worden 'gemaakt' met een hoger aabaarheidsgehalte. Zie het scenario dat wordt geschetst in ons vignet Light-Emitting-Fish-Kit (Intermezzo II).



2.5.4 Voor God spelen?

Een vraag die bij synthetische biologie vaak in de mond bestorven ligt, is of we niet 'voor God aan het spelen zijn' omdat we 'leven zouden creëren' (Torgersen et al. 2010). De vraag klinkt ook duidelijk door in de ondertitel, meegegeven door journalist Arno Schrauwers en synthetisch bioloog Bert Poolman aan hun recente boek *Synthetische biologie: De mens als schepper?* Ook de media lijken graag terug te grijpen op deze metafoor. Al in 1999 deed Business Week verslag over het door Venter geïnitieerde onderzoek naar het minimaal genoom onder de titel *'Playing God in the lab'*. Het tijdschrift Newsweek zette *'Playing God'* prominent op de cover bij een rapportage over Venter's werk in mei 2007. Sommige onderzoekers lijken, met enige ironie, het vuurtje nog wat aan te wakkeren. Zo antwoordde Venter's directe collega (en Nobelprijswinnaar) Hamilton Smith ooit op de beschuldiging dat hij en zijn collega's voor God speelden: "Wij spelen niet!" Op zijn beurt verklaarde James Watson, medeontafelaar van het DNA-molecuul, voor een commissie van het Britse Lagerhuis: "Als wetenschappers niet voor God mogen spelen, wie dan wel?" (Van den Belt 2009).

Het is te makkelijk om dit thema, 'spelen voor God', af te doen als pure sensatielust, want synthetische biologie zou wel degelijk op gespannen voet kunnen komen te staan met religieuze opvattingen in onze samenleving. Hoe religieuze burgers, organisaties en politieke partijen synthetische biologie in dit licht zullen duiden, is een interessante vraag.²³ Daarbij moeten we wel bedenken dat de kwestie van al of niet voor God spelen niet alleen religieuze zorgen hoeft uit de drukken. We kunnen het ook zien als een culturele metafoor voor een gevoel van 'onbehagen' dat synthetische biologie in onze samenleving oproept (Dabrock 2009; Kaebnick 2009).

23 We zien bijvoorbeeld dat de Delftse hoogleraar Cees Dekker, moleculair biofysicus en overtuigd christen, geen enkele moeite heeft met zijn rol als schepper naast God, zolang het tenminste om de creatie van microbieel leven en niet om menselijk leven gaat (Van den Belt 2009).

Referenties

Asveld, L. et al. (red.). (2011). *Naar de kern van de bio-economie*. De duurzame beloftes van biomassa in perspectief. Den Haag: Rathenau Instituut. http://www.rathenau.nl/uploads/tx_tferathenau/Rapport_Biobased_Economy_Rathenau_Instituut.pdf

Belt, H. van den. (2009). 'Het leven op de tekentafel'. In: Swierstra, T. et al. (red.). *Leven als bouw pakket*. Den Haag: Rathenau Instituut, pp. 104-119. http://www.rathenau.nl/uploads/tx_tferathenau/Leven_als_bouw pakket.pdf

Carlson, R. (2010). *Biology is Technology. The Promise, Peril and New Business of Engineering Life*. Cambridge: Harvard University Press.

Carothers, J., 'Multi-Use Research Agendas in Synthetic Biology for Global Health', 9 februari 2012. Den Haag: Rathenau Instituut.

Commissie Genetische Modificatie. (2008). *Biologische machines? Het anticiperen op ontwikkelingen in de synthetische biologie. COGEM signalering CGM/080925-01*. Bilthoven: Commissie Genetische Modificatie. <http://www.cogem.net/index.cfm/nl/publicaties/publicatie/biologische-machines>

Cohen, S.N. et al. (1973). 'Construction of Biologically Functional Bacterial Plasmids in Vitro'. In: *PNAS* 70, pp. 3240-3244.

Dabrock, P. (2009). 'Playing God? Synthetic Biology as a Theological and Ethical Challenge'. In: *Systems and Synthetic Biology* 3, no. 3, pp. 47-54.

Dana, G. et al. (2012). 'Synthetic Biology. Four Steps to Avoid a Synthetic-Biology Disaster'. In: *Nature* 483, no. 7387, p. 29.

European Group on Ethics. (2009). *Ethics of Synthetic Biology. Opinion no. 25*. Brussels: European Commission. http://ec.europa.eu/bepa/european-group-ethics/docs/opinion25_en.pdf

EPTA (2011). *Synthetic Biology. Briefing note no. 1*. EPTA [z.p.]. http://www.rathenau.nl/fileadmin/user_upload/rathenau/Projecten/Synthetische_biologie/EPTA_briefingnote_syntheticbiology.pdf

Est, R. van et al. (2007). *Synthetische biologie. Nieuw leven in het biodebat*. Den Haag: Rathenau Instituut. http://www.rathenau.nl/uploads/tx_tferathenau/BAP_Synthetische_biologie_sept_2007.pdf

Est. R. van et al., 'Kunstmatig leven verdient helder debat'. In: *de Volkskrant*, 12 februari 2008. <http://www.volkskrant.nl/vk/nl/2844/Archief/archief/article/detail/898598/2008/02/12/Kunstmatig-leven-verdient-helder-debat.dhtml>

ETC Group. (2010). *Synthia is Alive... and Breeding. Panacea or Pandora's Box?* Ottawa: ETC Group. http://www.etcgroup.org/upload/publication/pdf_file/ETCVenterSynthiaMay202010.pdf

Friends of the Earth, CTA & ETC Group. (2012). *The Principles for the Oversight of Synthetic Biology*. Washington: Friends of the Earth. http://libcloud.s3.amazonaws.com/93/11/7/1204/1/Principles_for_the_oversight_of_synthetic_biology.pdf

Garfinkel, M. et al. (2007). *Synthetic Genomics. Options for Governance*. La Jolla: Synthetic Genomics. <http://www.jcvi.org/cms/fileadmin/site/research/projects/synthetic-genomics-report/synthetic-genomics-report.pdf>

Gibson, D. et al. (2010). 'Creation of a Bacterial Cell Controlled by a Chemically Synthesized Genome'. In: *Science* 329, no. 5987, pp. 52-56.

Gezondheidsraad, RGO & KNAW (2008). *Synthetische biologie: kansen creëren*. Den Haag: Gezondheidsraad. <http://www.gezondheidsraad.nl/nl/adviezen/synthetische-biologie-kansen-cre-ren>

Gezondheidsraad, Commissie Genetische Modificatie & Commissie Biotechnologie bij Dieren. (2010). *Trendanalyse Biotechnologie 2009. Mondiaal momentum*. Den Haag: Gezondheidsraad. <http://www.gezondheidsraad.nl/sites/default/files/Trendanalyse%202009.pdf>

Henderson, M., 'Scientists Create Artificial Life in Laboratory'. In: *The Times*, 21 mei 2010.

International Risk Governance Council. (2010). *Guidelines for the Appropriate Risk Governance of Synthetic Biology*. Geneva: International Risk Governance Council. http://www.irgc.org/IMG/pdf/irgc_SB_final_07jan_web.pdf

Kaebnick, G. (2009). 'Should Moral Objections to Synthetic Biology Affect Public Policy?' In: *Nature Biotechnology* 27, no. 12, pp. 1106-1108.

Koninklijke Akademie van Wetenschappen. (2007). *Een gedragscode voor Biosecurity*. Amsterdam: Koninklijke Akademie van Wetenschappen. http://www.knaw.nl/Content/Internet_KNAW/publicaties/pdf/20071069.pdf

Koninklijke Akademie van Wetenschappen. (2011). *Strategische verkenning nieuwe biologie*. Amsterdam: Koninklijke Akademie van Wetenschappen.

Parliamentary Office of Science and Technology. (2008). *Synthetic Biology. Postnote no. 298*. London: Parliamentary Office of Science and Technology. <http://www.parliament.uk/documents/post/postpn298.pdf>

Presidential Commission for the Study of Bioethical Issues. (2010). *New Directions. The Ethics of Synthetic Biology and Emerging Technologies*. Washington: Presidential Commission for the Study of Bioethical Issues. <http://www.bioethics.gov/documents/synthetic-biology/PCSBi-Synthetic-Biology-Report-12.16.10.pdf>

Runco, L. & J. Coleman. (2011). 'Harnessing DNA Synthesis to Develop Rapid Responses to Emerging and Pandemic Pathogens'. In: *Journal of Pathogens*.

Schmidt, M. (2010). 'Xenobiology: A New Form of Life as the Ultimate Biosafety Tool'. In: *BioEssays* 32, no. 4, pp. 322-331.

Schrauwers, A. & B. Poolman (2011). *Synthetische biologie. De mens als schepper?* Diemen: Veen Magazines.

Stemerding, D. et al. (2011). *Implementing Biosecurity in (Bio-)Scientific Research in the Netherlands*. Den Haag: Rathenau Instituut. http://www.rathenau.nl/uploads/tx_tferathenau/Rathenau_Policy_brief_-_biosecurity_and_bio-scientific_research_Nov_2011_-_2.pdf

Swierstra, T. et al. (2009). *Leven als bouw pakket*. Zoetermeer: Uitgeverij Klement. <http://www.rathenau.nl/publicaties/leven-als-bouwpakket.html>

Torgersen, H. et al. (2010). 'Engineering of Living Artefacts: Synthetic Biology'. In: Van Est, R. et al. (red.). *Making Perfect Life. Bioengineering (in) the 21st Century. Monitoring Report Phase II*. Brussels: STOA. http://www.rathenau.nl/uploads/tx_tferathenau/Making_Perfect_Life_-_Monitoring_Report_-_Phase_II.pdf

Vriend, H. de et al. (2007). *Leven Maken. Maatschappelijke reflectie op de opkomst van synthetische biologie*. Den Haag: Rathenau Instituut. http://www.rathenau.nl/uploads/tx_tferathenau/Leven_Maken.pdf

Wang, H. et al. (2009). 'Programming Cells by Multiplex Genome Engineering and Accelerated Evolution'. In: *Nature* 460, no. 7257, pp. 894-898.

Intermezzo



This land is your land,
this land is my land

This land is your land, this land is my land

Synthetische biologie kan mogelijk op twee manieren bijdragen aan de ontwikkeling van biobrandstoffen. Ten eerste is het mogelijk om met behulp van synthetisch DNA enzymen zo aan te passen dat ze biomassa veel efficiënter kunnen afbreken dan traditionele methodes. Door het ontwerp van deze synthetische enzymen op slimme manier af te stemmen op specifieke soorten biomassa (zoals houtsnippers, maisstengels of suikerriet) kan biomassa veel sneller worden afgebroken tot suikers, die vervolgens vergist kunnen worden tot ethanol of andere soorten brandstof. Een tweede aanpak is het creëren van synthetische organismen (zoals synthetische algen) die zonlicht, water en meststoffen direct kunnen omzetten in brandstof. Wetenschappers proberen deze organismen (ook wel chemicaliënfabriekjes genoemd) zo aan te passen dat de olie die ze voortbrengen chemisch gezien vergelijkbaar (of zelfs identiek) is aan de olie die momenteel gebruikt wordt voor transport en de energievoorziening. Voor de productie van biomassa en de directe productie van biobrandstof met algen zijn grote landoppervlaktes (en ondiepe wateren) nodig. Waar moeten we dit land vinden, en onder welke voorwaarden zal het gekocht worden?

ETC Group. (2010). The New Biomasssters. Synthetic Biology and the Next Assault on Biodiversity and Livelihoods. <http://www.etcgroup.org/en/node/5232>

Vermoeid keek hij naar de demonstranten onder het raam. Dit is wel het top-punt van ironie, dacht hij. Ik had er zelf kunnen staan, al leuzen roepend en zwaaiend met spandoeken. Ik ben het volledig met ze eens. Maar ze protesteren wel tegen mij.

Jarenlang had de wereld zich zorgen gemaakt over de uitputting van fossiele brandstoffen. Maar dankzij synthetisch biologen zoals hijzelf was dat nu verleden tijd. Hij en zijn collega's hadden bijgedragen aan de ontwikkeling van nieuwe vormen van bio-olie, die niet meer geproduceerd werden uit de eetbare delen van planten (zoals suikerriet of mais), maar uit nutteloze biomassa (stengels, snoeihout), of door algen. Het succes van hun bio-olie was ongekend. Het kon in overvloed en op een schone manier geproduceerd worden en was goedkoop. Belangrijker nog: het had ervoor gezorgd dat geïndustrialiseerde landen niet meer afhankelijk waren van landen die weliswaar grote voorraden fossiele olie, maar ook twijfelachtige politieke regimes hadden.

Om op grote schaal bio-olie te produceren, waren vanzelfsprekend enorme gebieden land en ondiep water nodig. Dus hielden grote bedrijven zich jaren-



lang bezig met het opkopen van grote stukken land en water in Afrika en Zuid-Amerika. Let wel, ze kochten geen productieve gebieden die gebruikt konden worden voor industriële landbouw, maar alleen onbeduidende, ongebruikte, verwilderde en verlaten grond. Dus niemand schonk er veel aandacht aan. Maar de laatste jaren waren er kritische rapporten verschenen, waaruit bleek dat deze zogenaamd nutteloze gebieden – natuurlijk bosgebied, grasland, woestijn en moeras – bewoond waren door talloze inheemse gemeenschappen, die onderhand door hun eigen, vaak corrupte regeringen van hun land verdreven waren. Leefgebieden die lokale gemeenschappen eeuwenlang een bestaan hadden geboden, waren in een paar jaar tijd vernietigd. In plaats van kleine boeren de mogelijkheid te geven van eigen nieuwe bedrijvigheid, werden ze verleid of gedwongen om hun land te verkopen en zich te laten inhuren als tijdelijke arbeidskrachten, waarmee ze afhankelijk werden van de internationale markt-economie.

Verder had de aanleg van de grote monoculturen wereldwijd bijgedragen aan de vernietiging van waardevolle ecosystemen. Mariene ecosystemen en ook uiterst kwetsbare levensgemeenschappen in moerasgebieden en woestijnen waren geruïneerd door de commerciële kweek van algen en het zaaien van nieuwe droogteresistente planten en grassoorten. Sommige rapporten stelden zelfs dat de komst van bio-olie de klimaatverandering juist had verergerd, doordat er ecosystemen waren vernietigd die een cruciale rol speelden als het ging om klimaatregulering.

Maar waarom komen ze met al die ellende bij mij?, vroeg hij zich af. Dachten deze demonstranten nu echt dat hij al die narigheid had gewild, dat hij het soms leuk vond? Natuurlijk niet! Als burger deelde hij hun bezorgdheid, en ja, iemand moest iets doen aan de situatie van de slachtoffers van deze ontwikkeling. Maar dat was iets voor politici. Als wetenschapper voelde hij geen enkele wroeging of spijt. Wetenschap en technologie brengen goede dingen voort, het is de samenleving die er vervolgens een potje van maakt.

Hij opende het raam en schreeuwde: "Ga liever demonstreren tegen de politiek in plaats van mij de schuld te geven! Ik ben slechts een wetenschapper. Ik ben niet verantwoordelijk voor wat mensen met mijn uitvindingen doen!"



```

<?xml version="1.0"?>
<Envelope xmlns="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/">
  <Body>
    <Security xmlns="http://schemas.xmlsoap.org/ws/2004/08/secext">
      <BinarySecurityToken xmlns="http://schemas.xmlsoap.org/ws/2004/08/secext" type="text/xml" value="**"/>
    </Security>
  </Body>
</Envelope>

```


The background of the entire page is a dark, abstract composition. It features numerous vertical bars of varying heights and widths, some in shades of orange and red at the top, transitioning into shades of teal and blue towards the bottom. Overlaid on these bars is a faint, glowing grid of binary code (0s and 1s) in a light green or cyan color. The overall effect is a sense of digital depth and complexity.

Meeting of Young Minds

3

3 Meeting of Young Minds

Politici van de toekomst en wetenschappers van de toekomst in debat over synthetische biologie

Op vrijdagavond 30 september 2011 organiseerde het Rathenau Instituut een Meeting of Young Minds. Nederlandse Politieke Jongeren Organisaties (PJO's) gingen die avond in debat over synthetische biologie, met elkaar en met studenten van iGEM, de internationale Genetically Engineered Machines-competitie. In de aanloop naar het debat hadden de PJO's zich verdiept in de maatschappelijke discussie over synthetische biologie en een eigen visie met stellingen op papier gezet. Uit deze stellingen selecteerde het Rathenau Instituut drie thema's waarover de PJO's duidelijk van mening bleken te verschillen. Dat leidde tot drie debatrondes met elk een eigen thema: *promises*, *regulation* en *ownership*. In elk ronde stonden woordvoerders van twee verschillende PJO's tegenover elkaar. Na een eerste confrontatie tussen beide woordvoerders konden ook andere PJO's en iGEM-studenten zich in het debat mengen.



Wat hopen, verwachten en vrezen toekomstige politici en wetenschappers van synthetische biologie als technologie van de toekomst? Als antwoord op deze vraag presenteren we in dit hoofdstuk een analyse van het debat tijdens de Meeting of Young Minds. We kijken allereerst naar de verschillende grondhoudingen tegenover wetenschap en technologie die naar voren komen in de visies van de PJO's op synthetische biologie. Daarbij gebruiken we een *typologie van grondhoudingen* die is gemaakt op basis van onderzoek naar de beleving van wetenschap en technologie onder burgers. Vervolgens duiden we de thema's die in het debat aan de orde zijn gekomen met behulp van meer algemene *gevoelige snaren* die in publieke debatten over wetenschap en technologie te

herkennen zijn. In de conclusie vergelijken we het gevoerde debat met de bestaande internationale ELSI discussie over synthetische biologie.

3.1 Verschillende grondhoudingen

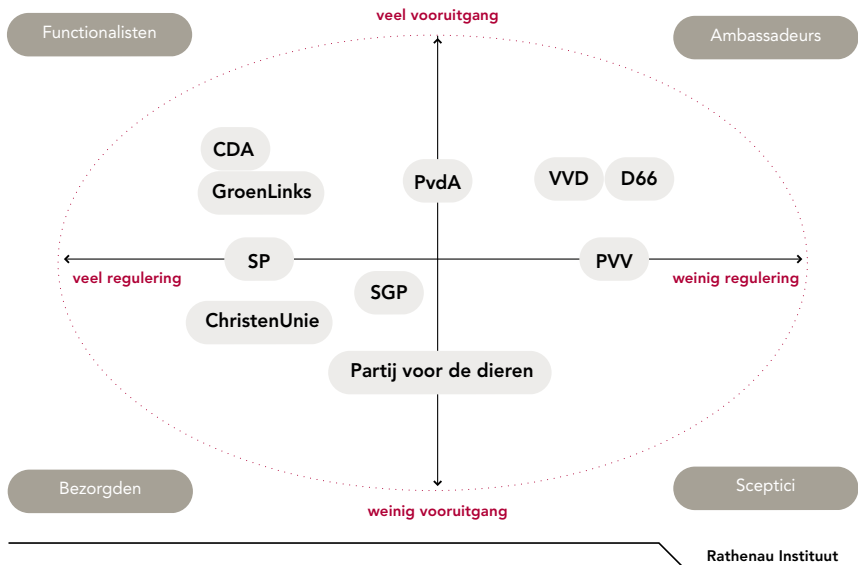
In maatschappelijke debatten over nieuwe technologieën komen we verschillende grondhoudingen tegen. Daarbij maakt het voor de houdingen die worden ingenomen niet zoveel uit om wat voor soort technologie het precies gaat. Het Rathenau Instituut heeft deze grondhoudingen onlangs in kaart gebracht in een studie waarin ruim duizend Nederlanders om oordelen over technologie is gevraagd (Brom et al. 2011). Er laten zich vier groepen onderscheiden: ambassadeurs, functionalisten, bezorgden en sceptici.

De ambassadeurs zien vooral de voordelen van technologie en vinden dat de ontwikkeling ervan zo min mogelijk moet worden gehinderd door wetten en regels. Functionalisten vinden eveneens dat technologische vooruitgang veel mogelijkheden biedt, maar willen mensen effectief beschermen tegen de negatieve gevolgen van technologische ontwikkelingen. Bezorgden hechten niet alleen groot belang aan de bescherming van mensen, maar vinden ook dat er grenzen zijn aan technologische ontwikkelingen die nooit mogen worden overschreden. Sceptici zijn er niet van overtuigd dat technologie tot maatschappelijke vooruitgang leidt en vinden het ook niet nodig om burgers tegen negatieve gevolgen te beschermen.

De verschillen tussen deze grondhoudingen laten twee belangrijke scheidslijnen zien. Allereerst de mate waarin men vindt dat wetenschap en technologie voor maatschappelijke vooruitgang zorgen. Bij de ambassadeurs en functionalisten is het vertrouwen in wetenschappelijke vooruitgang groot, bij de bezorgden en sceptici is dat een stuk minder. Onderling verschillen ambassadeurs en functionalisten in de mate waarin ze aan regulering hechten en hetzelfde geldt voor bezorgden en sceptici.

De studie waarin deze grondhoudingen in kaart zijn gebracht, laat ook verbanden zien met politieke voorkeuren. De voorkeur van ambassadeurs gaat relatief vaak uit naar D66 of VVD. Functionalisten voelen zich relatief vaak thuis bij een van de linkse of christelijke partijen. Bezorgden vinden we bij alle partijen, maar zijn relatief sterk vertegenwoordigd bij de ChristenUnie en de Partij voor de Dieren. Sceptici hebben vaak geen uitgesproken politieke voorkeur. Figuur 3.1 laat zien hoe de verschillende grondhoudingen verbonden zijn met het politieke spectrum.

Figuur 3.1 Grondhoudingen tegenover technologie en politieke voorkeuren
(in aangepaste vorm ontleend aan Brom et al. 2011)



3.2 Politieke jongeren aan het woord

Vinden we deze grondhoudingen nu ook terug in het debat tijdens de Meeting of Young Minds? Synthetische biologie is een technologie van de toekomst, waarvan toepassingen wel beloofd worden, maar nog niet concreet zichtbaar zijn. Juist dan zullen verwachtingen sterk gekleurd worden door algemene grondhoudingen tegenover nieuwe technologieën. Dat blijkt bij de politieke jongeren inderdaad het geval.

Ambassadeurs en functionalisten

"Denk je eens in wat het effect zal zijn op innovatie als je alles wilt tegenhouden totdat je zeker weet dat het tot een geweldige uitvinding leidt waarmee de honger kan worden opgelost of zoiets (...) Ik zou zeggen dat synthetische biologie enorme kansen biedt en dat er nu eenmaal geen wereld bestaat zonder risico's."
(Jonge Democraten)

Hier is een echte ambassadeur aan het woord. Technologische innovatie kan veel moois opleveren, maar moet dan wel de ruimte krijgen. Wie aan nieuwe technologie bij voorbaat beperkingen wil opleggen, geeft vooruitgang geen kans. Voor veel politieke jongeren is de belofte van technologische vooruitgang inspirerend en aantrekkelijk. Maar sommige woordvoerders benadrukten, vanuit een meer functionalistische houding, ook de mogelijke keerzijden.

“Toen ik voor het eerst hoorde van synthetische biologie, dacht ik, wow, dat is geweldig, dan wordt het echt mogelijk om biobrandstof te gaan maken en misschien zelfs het klimaatprobleem aan te pakken (...) maar het zette me ook aan het denken over de horrorscenario's als het in handen valt van mensen met verkeerde bedoelingen, zoals bioterrorisme. Mijn stelling is: we kunnen de ontwikkeling van technologie niet stoppen (...) We moeten niet bang zijn voor de dingen die we niet weten. We moeten kijken naar wat deze nieuwe technologieën voor ons in de samenleving kunnen betekenen en we moeten ze op een veilige en verantwoordelijke manier gebruiken.” (DWARS)



Scan de QR code om een indruk te krijgen van het debat

Voor een ambassadeur is openheid het beste wapen tegen misbruik van kennis, omdat je nu eenmaal niet alles kunt voorzien wat er zou kunnen gebeuren.

“Je moet vertrouwen hebben in wetenschappers. Wij denken dat wetenschappers er doorgaans niet op uit zijn om superwapens te maken of ander onheil te stichten (...) het beste wapen tegen misbruik is transparantie.” (Jonge Democraten)

Ook als functionalist kun je natuurlijk niet tegen transparantie zijn. Toch is er wel degelijk reden voor voorzichtigheid.

“Wij vinden het heel goed om zo veel mogelijk openheid te hebben (...) maar openheid tegenover de buitenwereld kan ook heel gevaarlijk zijn, want met die kennis zou iemand als Ahmadinejad van Iran kunnen werken aan nieuwe manieren van oorlog voeren.” (DWARS)

Regulering is voor de functionalist dus geboden, vanwege veiligheid, maar ook vanwege ethische gevolgen. Maar of regulering nodig is, moet wel van geval tot geval bekeken worden.

“Dus niet zomaar zeggen: dit gebied van wetenschap is goed en is dus toegestaan, en dit veld van wetenschap is slecht en moet verboden worden.” (Jonge Socialisten)

Bezorgden en sceptici

Bezorgden waren er ook onder de woordvoerders van de PJO's. Bij hen zien we veel meer terughoudendheid tegenover synthetische biologie. Als je wetenschappers zomaar hun gang laat gaan is het straks misschien te laat om negatieve gevolgen te voorkomen. Wetenschappers worden vooral gedreven door nieuwsgierigheid en hoopvolle verwachtingen over nieuwe ontdekkingen. Terwijl ambassadeurs geloven in transparantie zien bezorgden eerder het omgekeerde.

“Wetenschappers hebben de neiging alles geheim te houden tot het grote moment van publicatie aangebroken is. Tot het zover is zullen ze informatie zo

V.l.n.r. Christian van 't Hof (moderator), Eline van Nistelrooij (DWARS), David Zomerdijk (Jonge Socialisten) en Mark Ruitenbeek (CDJA)



min mogelijk delen. Dus als de publicatie er eenmaal is dan is het onderzoek al gedaan en loop je eigenlijk achter de feiten aan.” (CDJA)

Politici zullen vanaf het begin grenzen moeten stellen aan technologische ontwikkelingen juist als de gevolgen van die ontwikkelingen niet te overzien zijn.

“Je moet wetenschappers geen blanco cheque geven. Eerst moet je bediscussieren en vaststellen welke ontwikkelingen de mensheid zich kan veroorloven (...) We moeten van synthetische biologie geen paradijs verwachten (...) misschien komen de verwachtingen wel helemaal niet uit. Mijn stelling is dat je als politicus de verantwoordelijkheid hebt om dingen te controleren.” (SGP Jongeren & Perspectief)

Zeker als het gaat om het veranderen van de eigenschappen van DNA op fundamenteel niveau staat voor bezorgden voorzichtigheid voorop. Wat als we de natuur veranderen op manieren waarvan we de gevolgen niet altijd meer begrijpen?

“Sommige biologen zien het als het verbeteren van de natuur. Wij vinden dit geen wenselijke ontwikkeling en we vinden dat dit alleen bij uitzondering moet worden toegestaan (...) alleen bijvoorbeeld voor de ontwikkeling van nieuwe medicijnen voor hele ernstige ziekten (...) Als je het hebt over synthetische biologie in de zin van het doelgericht bouwen en verbeteren van organismen, gaat dat denk ik toch heel ver en dan moet je heel strikt zijn in je regulering.” (CDJA)

Hoe ver wil je gaan met maakbaarheid in de synthetische biologie? Leuvense iGEM-studenten hebben geprobeerd om bacteriën te maken die ijsgroei bevorderen. Stel, zo vroeg een van hen zich af, dat je daarmee de ijsberen zou kunnen redden? Voor bezorgden is dit een nogal verontrustend idee.

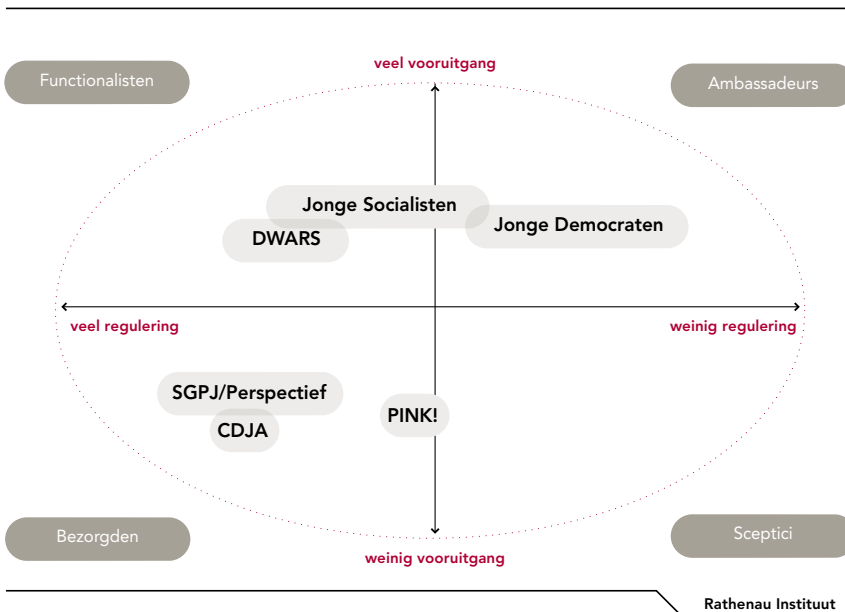
"Ik zou me dan toch vooral afvragen wat dat voor effect zou hebben op het klimaat, als we nieuwe ijskappen op de Noordpool gaan maken. Nee, echt (...) daar geloof ik niet in." (PINK!)

De houding van de scepticus zullen we onder politieke jongeren niet zo gauw tegenkomen. Sceptici verwachten immers niet alleen weinig van technologie, maar ook niet veel van politiek. Toch beluisterden we ook bij de bezorgden zo nu en dan een wat sceptisch geluid.

"Individen en ook individuele wetenschappers doen soms fantastische dingen, maar waar we veel minder goed in zijn, is om de samenleving als geheel in een gewenste richting te sturen (...) Denken we dan wel te weten hoe we de natuur moeten perfectioneren? (...) Voordat we beginnen met het maken van natuur 2.0 wordt het toch hoog tijd om eerst het origineel te leren waarderen (...) Met technologie op zichzelf is niks verkeerd. Ooit kunnen we met synthetische biologie misschien hele mooie dingen doen. Maar goede technologie plus slechte politiek staat gelijk aan een slechte uitkomst." (PINK!)

Figuur 3.1 liet een samenhang zien tussen grondhoudingen en politieke voorkeuren. Als we kijken naar de grondhoudingen bij de PJO's tegenover synthetische biologie, vinden we deze samenhang in veel opzichten terug, zoals Figuur 3.2 laat zien.

Figuur 3.2 Grondhoudingen tegenover synthetische biologie en PJO's



De Jonge Democraten manifesteerden zich als uitgesproken ambassadeurs tijdens de Meeting of Young Minds. Zowel de GroenLinks-jongeren van DWARS als de Jonge Socialisten stelden zich overwegend functionalistisch op. Tot de bezorgden behoorden het CDJA, de gemeenschappelijk vertegenwoordigde jongeren van de SGP en PerspectieF (ChristenUnie), en de jongeren van de Partij voor de Dieren PINK!. Vergeleken met het beeld in Figuur 1 is de positie van de CDJA in dit rijtje verrassend, aangezien het CDA volgens de genoemde studie naar grondhoudingen het meest door functionaristen wordt omarmd. Dat is interessant, want het laat zien dat de stellingname van de PJO's niet alleen door politiek gekleurde grondhoudingen wordt bepaald, maar ook meer specifiek wordt ingekleurd door kenmerken van de synthetische biologie als nieuwe 'levenstechnologie'. Juist waar technologie gaat raken aan het leven zelf, kunnen we verwachten dat bij de christelijke partijen bezorgdheid meer de boven- toon gaat voeren.

3.3. Gevoelige snaren

De uiteenlopende waardering van synthetische biologie vanuit verschillende grondhoudingen, en de specifieke inkleuring van deze grondhoudingen in het debat tijdens de Meeting of Young Minds, belichten we hier verder aan de hand van maatschappelijke en ethische kernthema's die in publieke discussies over nieuw opkomende technologieën te vinden zijn.

In de afgelopen jaren zijn verschillende studies verschenen naar publieksoptvattingen over nanotechnologie. In een van deze studies hebben de onderzoekers op basis van een serie focusgroepdiscussies vijf thema's geïdentificeerd die zij beschouwen als diep in onze cultuur verankerde vormen van betekenisgeving die steeds terugkeren in publieke discussies over wetenschap en technologie (Macnaghten et al. 2010):

1. Wees op de hoede voor wat je begeert.
2. De doos van Pandora.
3. Niet knoeien met de natuur.
4. Achter de schermen.
5. De rijken worden rijker en de armen steeds armer.

Deze thema's verwoorden vooral de zorgen die mensen uiten over nieuw opkomende technologieën zoals nanotechnologie. Ze laten, met andere woorden, de 'gevoelige snaren' zien in discussies over wetenschap en technologie. Het thema 'Wees op je hoede voor wat je begeert' gaat over de beloften van nieuwe wetenschap en technologie die vaak even verleidelijk als gevaarlijk zijn. 'De doos van Pandora' verwijst naar de mogelijk onbeheersbare gevolgen van nieuwe wetenschap en technologie. 'Niet knoeien met de natuur' drukt de overtuiging uit dat er natuurlijke grenzen en ordeningen zijn waar wetenschappers en technologen niet straffeloos aan voorbij kunnen gaan. 'Achter de schermen'

verwoordt een gevoel van machteloosheid tegenover wetenschappelijke en technologische ontwikkelingen die zich buiten het eigen gezichtsveld voltrekken en zich niet laten stuiten. Ten slotte is er het thema van 'De rijken worden rijker en de armen steeds armer'. Binnen dit thema heerst de overtuiging dat wetenschap en technologie in dienst staan van commerciële belangen en bestaande vormen van ongelijkheid versterken.

Bovengenoemde thema's zijn in het debat tijdens de Meeting of Young Minds duidelijk te herkennen. Maar vanuit de verschillende grondhoudingen tegenover wetenschap en technologie kunnen we uiteraard ook verschillende reacties verwachten op deze thema's van zowel politieke jongeren als toekomstige wetenschappers in het debat. Onderstaande bespreking van de genoemde thema's laat dat duidelijk zien.

Wees op je hoede

Moeten we inderdaad op onze hoede zijn tegenover de beloftes van de synthetische biologie? We zagen dat voor veel politieke jongeren de belofte van technologische vooruitgang juist inspirerend en aantrekkelijk is. Dat is zeker ook het geval bij de iGEM studenten voor wie synthetische biologie te mooi is om niet te gebruiken.

"Willen we onszelf echt de kans ontnemen die synthetische biologie ons biedt om de schade ongedaan te maken die we aan onze planeet hebben toegebracht?" (iGEM student Imperial College Londen)

En bovendien, weten we wat er gaat gebeuren als we niet gebruikmaken van synthetische biologie? Het is niet altijd verstandig om je te laten weerhouden door de mogelijke risico's.

"Zelfs als het meer risico oplevert, worden we er met zijn allen ook beter van en dat is toch een belangrijk punt om bij stil te staan als het gaat om een technologie zoals synthetische biologie." (Jonge Socialisten)

Vanuit het standpunt van de bezorgden past ons daarentegen eerder bescheidenheid. We moeten niet van alles willen, alleen maar omdat we het kunnen. En misschien kunnen we ook heel goed zonder synthetische biologie.

"Soms laat je je meeslepen door het enorme potentieel van een nieuwe ontdekking en ben je blind voor de risico's en de gevolgen voor het grotere geheel. Daar moet je voorzichtig mee zijn (...) probeer risico's zo veel mogelijk te mijden en als het niet anders kan, blijf ook dan op je hoede." (CDJA)

“Voor veel van de problemen waar we voor staan, hebben we deze technologie zelfs helemaal niet nodig. De honger in de derde wereld is geen kwestie van productie, maar van verdeling van voedsel. Voor onze milieuproblemen hebben we de oplossingen eveneens voor handen. We moeten ze alleen ook gebruiken.” (PINK!)

Een van de iGEM-deelnemers was het hier niet mee eens.

“Waarom kunnen we geen manier uitvinden om al onze fouten op een veel snellere manier op te lossen dan we zouden kunnen als we eerst iedereen ervan moeten overtuigen om hun gedrag te veranderen?” (iGEM-student KU Leuven)

Wetenschappers moeten hand uitsteken naar politiek en samenleving

Synthetische biologie zal onze blik op de wereld en de ‘maakbaarheid’ daarvan ingrijpend veranderen – en heeft dat volgens sommigen zelfs al gedaan. Maar politici en beleidsmakers hebben nog nauwelijks oog voor de maatschappelijke impact van dit nieuwe wetenschappelijke terrein.

iGEM, de internationale synthetische biologie studentencompetitie, laat zien wat synthetische biologie in potentie vermag: het milieu redden, de brandstofcrisis oplossen en geavanceerde medicijnen ontwikkelen. Natuurlijk, veel van die verregaande ideeën zullen nooit van de grond komen. Toch heeft iGEM tal van uitstekende, innovatieve ideeën opgeleverd en een aantal daarvan zal vast ook worden gerealiseerd.

Misschien duurt het nog jaren voordat de werkelijke potentie van synthetische biologie ten volle duidelijk wordt. En misschien zal het de wetenschap en de

samenleving ook op andere manieren veranderen dan we nu denken. Toch moeten we ons nu al voorbereiden op wat ons te wachten staat. De opgave daarbij is: enerzijds innovatie alle ruimte geven, anderzijds zorgen voor veilig en maatschappelijk verantwoord onderzoek.

Synthetische biologie zal ons voor belangrijke ethische en wetenschappelijke vragen stellen. Het publiek kan daar heel anders tegenaan kijken dan wetenschappers. iGEM laat zien dat jonge wetenschappers oog hebben voor de maatschappelijke uitdagingen en vraagstukken die met synthetische biologie verbonden zijn. Maar wat we nodig hebben is een dialoog tussen wetenschappers, politici en de samenleving.

Rebekka Bauer

Lid iGEM Team Imperial College
London: Project AuxIn, finalist 2011

Doos van Pandora

Ook voor wie gelooft in de zegeningen van technologische vooruitgang, blijft er vaak de angst voor gevolgen die niet zijn te overzien. Tegen 'synthetische bacteriën' met nuttige toepassingen die goed opgesloten zitten in een reactorvat hebben de meeste PJO's geen overwegende bezwaren. Maar dat wordt anders als we synthetische organismen echt gaan loslaten.

"Wij zijn uiterst terughoudend over het vrijlaten van producten in het milieu omdat dit schadelijk kan zijn voor ecosystemen. Dat kan grote gevolgen hebben die we niet kunnen voorspellen." (DWARS)

Zoals we zagen willen sommige PJO's niet alleen de producten, maar ook de kennis van synthetische biologie aan banden kunnen leggen, als het gevaar dreigt dat die kennis in verkeerde handen valt. En dan is er nog de vraag hoe ver we willen gaan bij het herontwerpen van de natuur.

"Ik vraag me af waar voor jullie de grens ligt vanaf het werken met micro-leven naar het werken met menselijke cellen, het maken van combinaties van cellen en het verbeteren van mensen." (iGEM-student Universiteit Potsdam)

Deze vraag is door de meeste PJO's niet echt beantwoord, maar voor bezorgden ligt hier duidelijk een grens.

"Bij eencelligen in het lab kun je overzien wat je doet (...) hoewel we dan nog steeds vinden dat je de technieken van synthetische biologie niet lichtvaardig moet gebruiken. Ga je naar grotere organismen zoals muizen en laboratoriumratten, die kunnen ontsnappen (...) dan worden de risico's groter en moet je ook meer strikte regulering hebben. En kom je bij de mens, dat is voor mij echt een stap te ver. We mogen geen gebruikmaken van menselijke embryonale stamcellen in dit veld." (CDJA)



iGEM deelnemer Rebekka Bauer neemt het woord tijdens het debat

Niet knoeien met de natuur

Als technologie waarin het 'maken' van leven aan de horizon verschijnt, roept synthetische biologie bij uitstek de vraag op wat leven eigenlijk is. Is er iets dat leven een bijzondere status geeft waardoor we er niet zomaar over kunnen beschikken? Een van de PJO's had daar uitgesproken opvattingen over, althans voor zover het gaat om leven op cellulair niveau.

"De moderne biologie laat ons zien dat de eigenschappen van het leven worden bepaald door moleculen, moleculen die zichzelf aansturen. We praten in wezen over een nano-machine ... Dat betekent dat leven op zichzelf geen bijzondere morele status heeft ten opzichte van andere machines. En dat brengt ons op de stelling dat een cel niets anders is dan een machine die we kunnen maken en veranderen." (Jonge Democraten)

We hebben al gezien dat de gedachte van maakbaarheid van leven en van natuur niet door alle PJO's met enthousiasme werd ontvangen. Ook al kennen we aan leven op zichzelf geen bijzondere morele status toe, het gaat om meer dan een verschijnsel op cellulair niveau.

"Als het om meercellige organismen gaat die pijn kunnen voelen, kunnen zien, hun omgeving kunnen ervaren en doelgericht zijn, zoals dieren of mensen, dan maakt leven echt verschil. Ik zou graag willen weten wie steun zou willen geven aan een verbod op biotechnologie en ook synthetische biologie bij dieren (...) en dan hebben we natuurlijk ook nog planten en eencelligen (...) dan nog vind ik het wat te gemakkelijk om te zeggen dat die niets meer zijn dan een machine die we naar goeddunken kunnen veranderen en maken, want je moet je altijd nog afvragen wat de gevolgen zijn." (PINK!)

Leven op aarde heeft zich ontwikkeld tot een delicaat en uitgebalanceerd geheel van soorten die elkaar in evenwicht houden.

"Vanuit christelijk democratisch perspectief zien we het als Gods schepping die wij als rentmeesters moeten bewaren voor de volgende generatie. Als zaaiers van wetenschappen geven jullie denk ik de voorkeur aan de Darwinistische benadering (...) ook vanuit die benadering gaat het om een evenwicht dat in miljarden jaren tot stand is gekomen (...) evenwichten die heel delicaat zijn en zich gemakkelijk laten verstoren." (CDJA)

Maar, zo betoogde een van de iGEM-deelnemers, ook op dit niveau kunnen de ambities van de synthetische biologie in termen van maakbaarheid worden gedefinieerd.

"Synthetische biologie streeft ernaar om de natuur goed te leren gebruiken voor onze eigen doeleinden. Als politicus zou je graag een samenleving willen

hebben die evolueert en met synthetische biologie kunnen we die evolutie leren beheersen.” (iGEM-student Descartes Universiteit Parijs)

En bovendien, is dat niet iets wat we eigenlijk al heel lang doen?

“De gevolgen van het veranderen van de natuur door biotechnologie en door synthetische biologie zijn niet noodzakelijkerwijs en fundamenteel verschillend van traditionele veredeling of traditionele genetische modificatie (...) Dus, ik zie hier eerder continuïteit dan een fundamenteel verschil.” (Jonge Democraten)

De gedachte dat mensen de natuur al heel lang naar eigen hand hebben gezet, is echter voor sommige PJO's eerder reden voor bezorgdheid dan voor geruststelling. Menselijke hoogmoed ligt op de loer.

“Mijn stelling is vooral een antwoord op het idee dat wij als mensen de natuur kunnen verbeteren. Wat ik zeker niet wil beweren, is dat de natuur zonder gebreken is. Als overtuigd evolutionist weet ik maar al te goed dat de natuur in veel opzichten onvolmaakt is. Maar ik denk dat het van dwaasheid zou getuigen om te geloven dat de mensheid dat eenvoudig kan veranderen (...) We moeten ons hoeden voor het idee dat we alles beter weten en zomaar kunnen vervolmaken.” (PINK!)

Achter de schermen

In het Meeting of Young Minds debat kwamen twee visies op technologieontwikkeling tegenover elkaar te staan. Volgens sommige PJO's laat technologieontwikkeling zich niet stoppen. Bij anderen leeft de vrees om overvallen te worden door ontwikkelingen die we niet hebben zien aankomen. Als antwoord daarop hoorden we pleidooien voor openheid en vertrouwen. Niet alleen bij de ambassadeurs onder de PJO's, maar ook in de reacties van iGEM teams.

“Er is zoveel wantrouwen tegen wetenschap en wetenschappers. Als je voor je eigen leven op dokters vertrouwt, waarom dan ook niet vertrouwen op wetenschappers?” (iGEM student Universiteit Freiburg)

Voor de meer bezorgden onder de PJO's is het niet alleen een kwestie van vertrouwen, maar ook van politieke verantwoordelijkheid om sturing te geven aan wetenschappelijke en technologische ontwikkelingen. Of moeten politici toch vooral ruimte geven aan wetenschappers en technologen?

“Als overheid en politiek moeten we niet zomaar accepteren wat er gaande is. Wij stoppen voor een belangrijk deel geld in deze ontwikkelingen en moeten dus ook weten wat we ermee willen. Alleen maar zien wat er gebeurt en het laten gebeuren, dat is me wat te makkelijk en passief.” (CDJA)

"Als politici moet je erg voorzichtig zijn met bij voorbaat te zeggen welke kennis wel en niet ontwikkeld mag worden. Je loopt groot gevaar dat je de wetenschap daarmee teveel aan banden legt. Dat lijkt me niet wenselijk en als je dat zou doen zijn er altijd nog private organisaties die onderzoek doen in de synthetische biologie." (DWARS)

Is dit meningsverschil te overbruggen? Een gedragscode voor synthetisch biologen, zoals voorgesteld door een van de iGEM-teams? Breed samengestelde commissies waarin ontwikkelingen in de synthetische biologie besproken kunnen worden, zoals gesuggereerd door sommige PJO's? Of moeten we het hebben van meer publieke betrokkenheid, zoals bepleit door een van de iGEM-deelnemers?

"Het gaat hier, denk ik, echt om het vinden van het juiste evenwicht. We moeten onze verwachtingen van synthetische biologie goed zien te managen. Het is waar dat sommigen van ons te optimistisch zijn over de mogelijkheden van deze technologie (...) Openheid is daarom heel belangrijk en in Groot-Brittannië doen we dat door het publiek erbij te betrekken, als politiek instrument om mensen bewust te maken." (iGEM-student University College Londen)

De rijken worden rijker

Het streven naar maakbaarheid van het leven roept ook de vraag op naar het eigendom daarvan. Als leven een machine is, zoals betoogd door een van de PJO's, dan is er weinig ruimte voor misverstand over het antwoord op deze vraag.

"Wij denken dat uit deze analyse logisch volgt, als je kunstmatig leven hebt, als je er in geslaagd bent om in het lab leven te maken, en we weten dat het nog lang niet zo ver is, dan moet je dat leven als uitvinding kunnen patenteren." (Jonge Democraten)

Een andere PJO-vertegenwoordiger zag hier een typisch voorbeeld in van een politiek woordenspel: maak van leven een machine en laat daar dan noodzakelijkerwijs uit volgen dat leven gepatenteerd kan worden.

"Stel, dat er in de internationale gemeenschap van synthetisch biologen iets gevonden wordt – laten we zeggen, een therapie voor een bepaalde ziekte, zoals aids – en die vinding wordt gepatenteerd in de Verenigde Staten. En vervolgens wordt het voor veel geld verkocht in Afrikaanse landen die het hard nodig hebben. Wil jij beweren dat dit eerlijk is, dat er geen ethische bezwaren zijn tegen die manier om leven te patenteren?" (DWARS)

Het probleem werd niet ontkend, maar niet gezien als vraagstuk dat specifiek met synthetische biologie te maken heeft. Bij iGEM-studenten ontlokte het een

hartstochtelijk pleidooi voor 'open source' als model voor de synthetische biologie. Toch kwam daarop een van hen in het geweer.

"Ik wil jullie graag een andere kant van het probleem laten zien, omdat er hier maar een persoon zich echt voor het patenteren heeft uitgesproken en jullie voor de rest allemaal voor open source zijn. Maar weten jullie wel hoe open source eigenlijk ontstaan is? Het komt uit de wereld van de informatietechnologie waar je niet meer dan een paar honderd of duizend dollar nodig hebt om een computer te kopen en zelf te gaan programmeren. Dat is iets heel anders dan synthetische biologie, waar je praat over faciliteiten van miljoenen dollars. Iedereen ziet patenten als een manier voor bedrijven om geld te verdienen, maar om eerlijk te zijn, we hebben als onderzoekers patenten hard nodig om ons werk te kunnen doen, om betaald te kunnen worden." (iGEM-student University College Londen)

Een andere iGEM-student zag in open source slechts een deel van het antwoord op de vraag hoe technologie nuttig kan worden gemaakt voor mensen in verschillende delen van de wereld.

"Je kunt technologie niet zomaar ontwikkelen en zeggen: 'Dit is wat we kunnen maken, en gebruik het nu maar.' Ik denk dat je heel goed moet kijken naar de situatie in verschillende delen van de wereld en je afvragen hoe je die situatie kunt verbeteren, hoe mensen in de praktijk het beste gebruik kunnen maken van een technologie. En ik denk dat er veel hulporganisaties zijn die daarmee al veel ervaring hebben en dat het voor ons heel goed en belangrijk is om daarmee samen te werken. Veel iGEM-teams proberen dat al te doen, al is dat misschien nog niet zo zichtbaar." (iGEM-student Imperial College Londen)

3.4 Conclusie: lessen van het debat

De besproken thema's hebben ons niet alleen meer zicht gegeven op de visies van de verschillende PJO's en iGEM-studenten op de synthetische biologie, maar laten ook gevoelige snaren zien in maatschappelijke debatten over wetenschap en technologie. Deze snaren resoneren met politieke kwesties die spelen bij elke nieuwe wetenschappelijke en technologische ontwikkeling. Hoe gaan we om met beloften en risico's? Hoe ver gaan we met interventies in onze (natuurlijke) omgeving? Hoeveel vrijheid staan we toe aan wetenschappers en technologen? Hoe vinden we een balans tussen commerciële belangen en een rechtvaardige ontwikkeling?

Wat ter sprake kwam tijdens de Meeting of Young Minds is dus in veel opzichten niet specifiek voor synthetische biologie. Het zijn vooral algemene grondhoudingen die de verschillende posities in het debat bepalen. De Meeting of Young Minds laat echter ook zien dat juist een technologie als synthetische biologie in het debat gevoelige snaren raakt. Visies op synthetische biologie

Nu leven maken om nieuw leven

"Mijns inziens is een door de overheid te stimuleren dialoog pas zinvol wanneer deze zich kan concentreren op concrete, goed af te bakenen toepassingen, die binnen redelijke termijn in het verschiet liggen." Dat schreef EZ-minister Maria van de Hoeven op 17 december 2009 op vragen van de SGP over de zogeheten NBIC-technologieën, waar ook synthetische biologie toe wordt gerekend.

Wie de zoektermen 'debat synthetische biologie' op Google intikt vindt zegge en schrijve tien treffers, de meeste uit 2007 en 2008. Op de site van de Tweede Kamer komt het onderwerp niet voor en ook stukken van ministeries over synthetische biologie zijn schaars. In de 'Trendanalyse biotechnologie 2009' komt synthetische biologie er bekaaid af: achttien summieri regeltjes in een rapport van 144 bladzijden.

In Nederland is er nauwelijks debat over synthetische biologie en dat is vreemd. Het klopt dat er nog amper concrete toepassingen zijn, maar waarom zouden we daar op moeten wachten met de maatschappelijke discussie? Zeker als je bedenkt dat synthetische biologie letterlijk

ingrijpende gevolgen kan hebben voor mens en maatschappij. Het kan gaan om waterstofbacteriën of dieselschimmels, maar ook om een sterk verbeterde versie van de mens. Of, om de boel even op scherp te zetten, een alles verzengend virus. Waarom praten we er dan amper over?

Nu voltrekken de ontwikkelingen rond synthetische biologie zich in de stilte van wetenschappelijke laboratoria. Het onderwerp is echter veel te belangrijk om alleen aan wetenschappers over te laten. Het gaat ons allemaal aan. Het is aan de politiek het debat over synthetische biologie nu op de maatschappelijke agenda te zetten: als kans voor onze zo vurig gewenste, maar door de overheid voortdurend gefnuikte, kennis-economie en als discussieonderwerp voor het grote publiek.

In de Volkskrant van 12 februari 2008 stond de kop "Kunstmatig leven verdient helder debat". Dat debat is er nooit gekomen. Laten we dus liever nu dan morgen leven maken om nieuw leven!

Arno Schrauwers
Wetenschapsjournalist

worden in hoge mate gekleurd door opvattingen over leven en natuur. Synthetische biologie raakt bovendien sterk aan opvattingen over eigendom en commercialisering van kennis. Deze opvattingen resoneren deels ook met elkaar.

Het onderzoek naar grondhoudingen laat zien dat bij technologieën waar ethische overwegingen een belangrijke rol spelen, de weerstand bij de bezorgden en functionalisten relatief groot is. Juist waar synthetische biologie in het bijzonder ethisch gevoelige snaren raakt van leven, natuur en mondiale rechtvaardigheid, kunnen we dus relatief veel maatschappelijke weerstand verwachten tegen deze technologie. Wel zal bij functionalisten deze weerstand vermoedelijk minder groot zijn naarmate synthetische biologie meer bijdraagt aan maatschappelijke en economische vooruitgang.

Wat kunnen we leren van het Meeting of Young Minds-debat in vergelijking met het al lopende internationale ELSI-debat over synthetische biologie zoals beschreven in het voorgaande hoofdstuk? In ELSI-debatten ligt het accent vaak in eerste instantie op mogelijke toepassingen van nieuwe technologieën en op mogelijke risico's voor mens en milieu. Deze vraagstukken hebben ook in het lopende debat over synthetische biologie tot nu toe de meeste aandacht gekregen. Bredere maatschappelijke en ethische vraagstukken zijn in het debat wel benoemd, maar nog relatief weinig besproken. De Meeting of Young Minds heeft niet alleen een podium geboden aan politici en wetenschappers van de toekomst om een actieve bijdrage te leveren aan het lopende debat, maar heeft ook laten zien dat juist bredere maatschappelijke en ethische vraagstukken een gevoelige snaar raken in de meningsvorming over synthetische biologie.

Als we kijken naar de gevoerde ELSI-discussie in Nederland, zien we dat de inbreng van bestaande beleidsadviserende organen in de discussie over synthetische biologie tot nu toe beperkt is geweest. In de rapporten die een aantal jaren geleden zijn uitgebracht door de Gezondheidsraad en de COGEM richt de aandacht zich primair op kansen en risico's van synthetische biologie. Wat betreft bredere maatschappelijke en ethische vraagstukken, ligt er dus nog een belangrijke politieke uitdaging. We hopen dat de Meeting of Young Minds een inspirerende stap zal blijken te zijn in een doorgaand proces van politieke en publieke meningsvorming.

Met dank aan de volgende woordvoerders in het debat:*Politieke jongeren*

Pablo Moleman (PINK!)

Eline van Nistelrooij (DWARS)

Mark Ruitenbeek (CDJA)

Arjan van de Waerd (SGP-jongeren & Perspectief)

Gijsbert Werner (Jonge Democraten)

David Zomerdijk (Jonge Socialisten)

iGEM-studenten

Rebekka Bauer (Imperial College London)

Alfred Ho (University College London)

Paul Kaufman (Universiteit Potsdam)

Edward Kwarteng (Descartes Universiteit Parijs)

Rüdiger Trojok (Universiteit Freiburg)

Katrien Vandermeeren (Katholieke Universiteit Leuven)

ReferentiesBrom, F.W.A. et al. (2011). *Beleving van technologie en wetenschap.**Een segmentatieonderzoek.* Den Haag: Rathenau Instituut.<http://www.rathenau.nl/publicaties/beleving-van-technologie-en-wetenschap.html>Macnaghten, P. et al. (2010). 'Narrative and public engagement. Some findings from the DEEPEN project'. In: Schomberg, R. von et al. (red.). *Understanding public debate on nanotechnologies. Options for framing public policy.* Brussel: Europese Commissie.http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/understanding-public-debate-on-nanotechnologies_en.pdf

Intermezzo



'Ontwerp je eigen
lichtgevende vis'



'Ontwerp je eigen lichtgevende vis'

Synthetische biologie kan mogelijk bijdragen aan een toekomst waarin we op een speelse manier onze eigen levensvormen kunnen creëren.

Onderzoekers zijn erin geslaagd om dieren met specifieke eigenschappen te creëren door genen in dierembryo's in te brengen die voor deze eigenschappen coderen. Een van de eerste toepassingen daarvan, tegenwoordig te koop, is een 'GloFish®': een vis waarvan de huid licht geeft in het donker. Er bestaan ook glow-in-the-dark-varkens en Turkse angorakatten met een eiwit dat ervoor zorgt dat hun huid gloeit onder ultraviolet licht.

<http://www.glofish.com/> <http://www.dailytech.com/South+Korean+Scientists+Clone+Glowing+Cat/article10042.htm>

"Kijk, mijn vader heeft me een bouwpakket voor een lichtgevende vis gegeven!" Anne houdt een felgekleurde doos vast, waarop staat: Light-Emitting Fish (LEF) – Create your own special toy! Haar klasgenootjes drommen nieuwsgierig om haar heen.

"Wat is het?"

"Kun je daar een vis mee maken?"

"Leeft-ie dan ook?"

"En geeft-ie licht?"

"Is het echt speelgoed?"

Ze blijven vragen stellen en allemaal willen ze antwoord. Gelukkig weet Anne wel wat over synthetische biologie. Annes vader is bio-ingenieur, en de laatste jaren heeft hij gewerkt aan de ontwikkeling van bouwpakketten waarmee mensen hun huisdier kunnen aanpassen. De LEF was het eerste product dat echt op de markt werd gebracht. Voor haar twaalfde verjaardag heeft hij haar een van de eerste prototypes cadeau gegeven. En wat hij van tevoren al had gedacht, kwam uit: het maakte behoorlijk wat indruk op haar klasgenootjes!

"Je hebt een vis nodig die eitjes legt," vertelt Anne, "en dan moet je het spul uit dit pakket in de eitjes injecteren. Dat spul noemen ze BioBricks. Die bricks zijn verantwoordelijk voor de kleur, geur en andere eigenschappen. Dit pakket heeft bricks die je vis laten gloeien. Dus als je vis uit het eitje komt, dan geeft-ie licht in het donker! Ze gaan ook bouwpakketten maken waarmee je vissen een kleur naar keuze kunt geven."

"Wow, dat is gaaf!"

"Dat wil ik ook!"

"Mijn vader zegt dat ik het zaterdag mag doen, als hij thuis is om me te helpen. Als het werkt dan neem ik er eentje mee voor het aquarium op school!"

Een paar maanden later

"Wat is er met je lichtgevende vis gebeurd, Anne?" vraagt juffrouw Chantal.

"Had je ons niet beloofd om er eentje mee te nemen voor het aquarium op school?"

"Eh... ja, misschien wel... Maar ik heb er geen meer."

"O, hoe komt dat? Werkte je bouwpakket niet?"

"Jawel! De vissen gaven zelfs zoveel licht dat mijn vader een doek over het aquarium moest leggen als-ie een dutje wilde doen op de bank! Eerst vond ik ze echt wel schattig. Maar na een paar weken vond ik er niet zoveel meer aan en hebben we ze weggedaan."

"O, dat is jammer... Heb je ze vrijgelaten in de vijver in de buurt?"

"Nee, van mijn vader mochten we ze niet buiten loslaten. Dus we moesten ze bij het chemisch afval doen."

"Maar... dat is echt vreselijk! Je kunt levende wezens niet zomaar weggooien, alsof ze een blik verf zijn."

"Het is toch gewoon speelgoed, juf? Mijn vader zegt dat de pakketten waarmee je gekleurde katten kunt maken, bijna klaar zijn. Zal ik hem vragen of ik er eentje kan hebben voor school?"

"Dat is lief van je, Anne. Maar ik denk niet dat we een kat nodig hebben op school, welke kleur die ook heeft."

Juf Chantal rondt het gesprek af en zet de kinderen weer aan het werk. Terwijl zij bezig zijn met hun geschiedenisproject, denkt de lerares na over het gesprek van daarnet. Anne is eigenlijk een lief meisje, dat altijd oog heeft voor anderen. En de andere kinderen hadden ook helemaal niet geschokt gereageerd. Ze zucht; het is typisch voor deze tijd. De samenleving is tegenwoordig gek van synthetische biologie! Ze vindt dat het onderwerp te belangrijk is om te laten liggen, en maakt een notitie dat ze het op de agenda moet zetten voor de vergadering van het docententeam, volgende maand. Als de verkoop van zulke pakketten niet verboden kan worden, dan kunnen scholen kinderen op zijn minst leren dat er een verschil is tussen speelgoed en levende wezens!





Ter afsluiting: een pleidooi
voor politieke en
maatschappelijke
meningsvorming

4



4 Ter afsluiting: een pleidooi voor politieke en maatschappelijke meningsvorming

Als nieuwe ingenieurswetenschap roept synthetische biologie niet alleen hoge verwachtingen op, maar ook een veelheid aan vraagstukken over mogelijke risico's, het eigendom van kennis en het maken van leven. Voor een belangrijk deel hebben de genoemde vraagstukken betrekking op ontwikkelingen die mogelijk in de toekomst gaan spelen en in hoge mate onzeker zijn. Dit zijn geen kwesties die zich gemakkelijk lenen voor een parlementair of publiek debat. Toch zullen deze vraagstukken, naarmate de synthetische biologie zich verder ontwikkelt, steeds meer, en soms ook plotseling, actueel kunnen worden. Een voorbeeld is de opgelaaide discussie over het onderzoek in Rotterdam naar het vogelgriepvirus. Het gaat hier weliswaar niet om synthetische biologie, maar het vraagstuk van mogelijk misbruik dat dit onderzoek heeft opgeroepen, zal met de ontwikkeling van synthetische biologie waarschijnlijk vaker opduiken.

Op het moment dat dit soort discussies ontstaan, is er behoefte aan politieke en maatschappelijke duiding van de vraagstukken waar het om gaat. Deze publicatie is daarom een pleidooi voor meer politieke en maatschappelijke meningsvorming over synthetische biologie, als voorbereiding op discussies die in de toekomst ongetwijfeld gaan komen. Met het Meeting of Young Minds-debat heeft het Rathenau Instituut daaraan een bijdrage willen leveren. Het is echter niet de bedoeling dat het daarbij blijft. De lopende internationale ELSI-discussie heeft al veel materiaal opgeleverd over de vraagstukken die synthetische biologie opwerpt. Waar het nu op aankomt is een verdere doordenking daarvan vanuit het perspectief van partijpolitieke en maatschappelijke organisaties als opmaat voor een bredere maatschappelijke discussie. In dit afsluitende hoofdstuk doen we daarvoor suggesties aan de hand van onze ervaringen met technology assessment (TA) en de tot nu gevoerde discussies over synthetische biologie.

4.1 Ervaringen met technology assessment

In de TA-praktijk laten zich drie benaderingen onderscheiden die alle drie ook te herkennen zijn in activiteiten met betrekking tot synthetische biologie. Een benadering die al een lange traditie heeft richt zich op *pro-actieve regulering* van mogelijke risico's van nieuwe wetenschappelijke en technologische ontwikkelingen. In het geval van de synthetische biologie gaat het hierbij om vraagstukken van biosafety en biosecurity. Geleidelijk aan is in de TA-praktijk echter ook meer aandacht gekomen voor bredere maatschappelijke en ethische (ELSI) vraagstukken en voor een benadering die zich richt op *publieke discussie* over deze vraagstukken. In een aantal landen heeft dit geleid tot vragenlijstonder-

zoek naar publieke opvattingen over synthetische biologie en tot incidentele op dialoog gerichte initiatieven in de vorm van focusgroepen. Ten slotte is er een vorm van TA ontstaan die bijdraagt aan reflectie op de ontwikkeling en maatschappelijke inbedding van technologie in *directe wisselwerking met wetenschappers en technologen*. Voorbeelden daarvan in het veld van de synthetische biologie zijn schaars. Het meest vermeldenswaard is het *human practices*-onderdeel van de iGEM-projecten, waarin de (jonge) onderzoekers niet alleen reflecteren op de maatschappelijke aspecten van hun werk, maar vaak ook actief het publiek opzoeken om te informeren of om de discussie aan te gaan.

Deze verschillende activiteiten dragen allemaal bij aan een proces van politieke en maatschappelijke meningsvorming, maar het ontbreekt in de praktijk vaak aan verbinding daartussen. Pro-actieve regulering richt zich vooral op de politiek, terwijl initiatieven gericht op publieke discussie of op interactie met wetenschappers veel minder binding hebben met politieke besluitvorming. Meer directe betrokkenheid van partijpolitieke en maatschappelijke organisaties zou kunnen helpen om een verbinding tussen deze verschillende activiteiten tot stand te brengen en kunnen bijdragen aan een agenda voor een breed gedragen en pro-actief proces van meningsvorming over synthetische biologie vanuit politiek en maatschappelijk perspectief.

In 2007 heeft het Rathenau Instituut in een Bericht aan het Parlement over synthetische biologie aanbevelingen gedaan met betrekking tot bioveiligheid, misbruik en bioterrorisme, octrooiëring, en ethiek en maatschappij (zie kader). Deze aanbevelingen richtten zich indertijd op de overheid. Ons pleidooi richt zich nu op een breder proces van politieke en maatschappelijke meningsvorming. Uitgaande van de drie genoemde TA-benaderingen onderscheiden we hieronder drie belangrijke thema's die in dit proces centraal zouden moeten staan: (1) risico's en regulering, (2) samenleving en natuur, en (3) onderzoek en innovatie. Elk van deze thema's is voor synthetische biologie verbonden met meer specifieke vraagstukken en met belangrijke waarden die daarbij in het geding zijn. Dat levert een agenda op van meer of minder uitgewerkte vraagstukken die in een proces van politieke en maatschappelijke meningsvorming verder kunnen worden opgepakt en die in de Meeting of Young Minds ook al op verschillende manieren aan de orde zijn gesteld.

Aanbevelingen uit het Bericht aan het Parlement (2007)

Biologische veiligheid:

- *Het ministerie van VROM dient op korte termijn onderzoek naar de veiligheidsrisico's van de synthetische biologie te starten;*
- *en moet op Europees niveau de vraag agenderen of bestaande regelgeving moet worden aangepast;*

Misbruik en bioterrorisme:

- de Nationaal Coördinator Terrorismebestrijding dient het initiatief te nemen tot (inter)nationale samenwerking om bioterrorisme met synthetisch biologische agentia te voorkomen;
- het ministerie van OCW moet het veiligheidsbewustzijn van biotechnologieonderzoekers vergroten;

Intellectueel eigendom:

- de ministeries van EZ en OCW moeten onderzoeken of bij publiek gefinancierd gentechnologisch onderzoek opensource-benaderingen kunnen worden betrokken;

Ethiek en Maatschappij:

- de overheid dient ruimte te scheppen voor maatschappelijke betrokkenheid en reflectie op fundamenteel ethische vragen. Dit vereist geen regulering, maar facilitering.

4.2 Risico's en regulering

TA-praktijken richtten zich van oudsher op mogelijke risico's van technologie en de regulering daarvan. Op het gebied van synthetische biologie gaat het om vraagstukken van biosafety en van biosecurity. Naast veiligheid als waarde is hierbij ook de vraag in het geding hoe moet worden omgegaan met risico's die in hoge mate onzeker zijn. Volgens het voorzorgprincipe moeten dit soort risico's zoveel mogelijk worden uitgesloten. Het Meeting of Young Minds-debat liet zien dat vanuit verschillende grondhoudingen tegenover technologie dit principe zeer verschillend gewaardeerd wordt.

Biosafety vraagstukken op het gebied van synthetische biologie vallen onder de bestaande regelgeving voor risicobeoordeling van genetisch gemodificeerde organismen (GMO's). In Nederland is de COGEM verantwoordelijk voor de advisering over de toepassing van deze regelgeving. De ontwikkeling van de synthetische biologie roept daarbij in het bijzonder twee vraagstukken op. Een eerste vraagstuk is in hoeverre de bestaande GMO-regelgeving nog als toereikend kan worden beschouwd om toekomstige ontwikkelingen op het gebied van synthetische biologie te kunnen beoordelen. Een tweede daarmee samenhangend vraagstuk is hoe tijdig kan worden voorzien in de kennis die nodig is om nieuwe ontwikkelingen in de synthetische biologie goed te kunnen beoordelen. Deze vraagstukken zullen met name gaan spelen in situaties waarin 'synthetische organismen' in het milieu worden gebracht. Gezien de onzekerheden die inherent zijn aan dit soort ontwikkelingen, zullen maatschappelijke discussies over deze vraagstukken zich naar alle waarschijnlijkheid toespitsen op de betekenis die aan de waarde van voorzorg moet worden toegekend.

Biosecurity vraagstukken zijn in de synthetische biologie aan de orde gesteld omdat de nagestreefde ingenieursaanpak misbruik voor bioterroristische doeleinden in de hand zouden kunnen werken. Tot nu toe ligt de nadruk bij de aanpak van deze vraagstukken op zelfregulering. Zo zijn er op internationaal niveau tussen producenten van synthetisch DNA afspraken gemaakt over screening van bestellingen. Ook van wetenschappers in het lab wordt verwacht dat zij alert zijn op mogelijk misbruik van kennis en materialen. In verband daarmee is in Nederland door de KNAW een gedragscode ontwikkeld voor biosecurity. Deze gedragscode wordt echter niet actief ondersteund en het is niet duidelijk in hoeverre de code bijdraagt aan biosecurity bewustzijn onder wetenschappers.

In de KNAW-gedragscode wordt verondersteld dat regelgeving op het gebied van biosafety ook bijdraagt aan biosecurity. Een Policy Brief van het Rathenau Instituut over dit onderwerp heeft daar vraagtekens bij geplaatst, omdat het bij biosafety en biosecurity in een aantal opzichten om wezenlijk verschillende zaken gaat.²⁴ De zorg voor biosafety gaat uit van vertrouwen en openheid, terwijl de zorg voor biosecurity juist gebaseerd is op georganiseerd wantrouwen en geheimhouding. Aandacht voor biosafety draagt dus niet zondermeer bij aan biosecurity. In de genoemde Policy Brief is ook opgemerkt dat het in Nederland ontbreekt aan een voorziening op basis waarvan de biosecurity implicaties van ontwikkelingen op het gebied van de levenswetenschappen en synthetische biologie gesignaleerd kunnen worden, zoals de COGEM doet voor biosafety.

Belangrijke aandachtspunten op het gebied van risico's en regulering:

- *Hoe houdbaar is de bestaande GMO-regelgeving voor de beoordeling van biosafety-risico's van de synthetische biologie en hoe is tijdig te voorzien in de benodigde kennis voor de beoordeling van deze risico's in de toekomst?*
- *Hoe zorgen we voor tijdige signalering van biosecurity-risico's van de synthetische biologie en in hoeverre vertrouwen we op zelfregulering van bedrijven en wetenschappers bij de omgang met deze risico's?*
- *Welk gewicht kennen we toe aan het voorzorgprincipe bij de beoordeling van de biosafety en biosecurity risico's van synthetische biologie?*

24 http://www.rathenau.nl/uploads/tx_tferathenau/Rathenau_Policy_brief_-_biosecurity_and_bioscientific_research_Nov_2011_-_2.pdf

4.3 Samenleving en natuur

Vertrouwen in de veiligheid van synthetische biologie is een belangrijke voorwaarde voor de maatschappelijke aanvaarding daarvan. De Meeting of Young Minds heeft echter laten zien dat daarnaast ook andere waarden van groot belang zijn. In publieke discussies over synthetische biologie zullen de waarden van rechtvaardigheid, duurzaamheid en natuurlijkheid mogelijk een doorslaggevende rol spelen voor het draagvlak dat synthetische biologie zal weten te verwerven. Drie kwesties zouden daarbij aanleiding kunnen geven tot publieke discussie en weerstand tegen synthetische biologie.

De al langer gevoerde discussie over *patentering* in de biotechnologie is ook nadrukkelijk aan de orde in de synthetische biologie, waarbij 'open source' door de grondleggers van de Biobricks Foundation als wezenlijk wordt gezien voor het succes van een op vrij beschikbare biologische bouwstenen gebaseerde ingenieursbenadering. Daartegenover staan Amerikaanse bedrijven als Synthetic Genomics en Amyris die werken aan commerciële toepassingen van synthetische biologie op basis van patenten. De belangrijkste zorg van maatschappelijke organisaties in deze discussie is een dreigende monopolisering van kennis door een klein aantal mondiaal opererende bedrijven, waaronder de bestaande oliegi-giganten die flink investeren in de ontwikkeling van nieuwe biobrandstoffen. Kwesties van monopolisering zouden het draagvlak voor synthetische biologie kunnen ondermijnen, zoals we dat ook zien in het GMO-debat. De dominantie van een bedrijf als Monsanto heeft aanzienlijk bijgedragen aan de bestaande maatschappelijke weerstand tegen GMO's.

Een kwestie die hiermee samenhangt is de manier waarop commercialisering van synthetische biologie kan bijdragen aan nieuwe vormen van wereldwijde *exploitatie* van grondstoffen in de vorm van plantaardige en andere bronnen van biomassa. Als deze exploitatie beslag gaat leggen op grote hoeveelheden grond in ontwikkelingslanden voor de ontwikkeling van een bio-based economy in Europa en andere geïndustrialiseerde of industrialiserende regio's, zou dit niet alleen ten koste kunnen gaan van noodzakelijke voedselproductie, maar ook kunnen leiden tot versterking van bestaande economische ongelijkheden in de wereld. Ook hierover spreken maatschappelijke organisaties nu al nadrukkelijk hun bezorgdheid uit.

Tegelijkertijd heerst ook de overtuiging dat nieuwe vormen van bio-based productie juist kunnen bijdragen aan duurzaamheid, een overtuiging die bijvoorbeeld door een Nederlands bedrijf als DSM met veel verve wordt uitgedragen. Synthetische biologie zou daarin een belangrijke rol kunnen vervullen met toepassingen die het mogelijk maken om biomassa veel slimmer en efficiënter te gebruiken. Bijvoorbeeld door benutting van plantaardig materiaal dat nu als afval overblijft of van algen als bron van biomassa die tot nu toe nog nauwelijks wordt gebruikt. Dat vergt echter wel nieuwe en ingrijpendere vormen van modificatie en *maakbaarheid* van planten en algen als uitgangsmateriaal voor duur-

zame vormen van bio-based productie. De waarde van duurzaamheid staat hierbij dus op gespannen voet met die van natuurlijkheid. Dit zou, met name vanuit religieus geïnspireerde opvattingen, een punt van zorg en discussie kunnen worden in de publieke waardering voor synthetische biologie.

Belangrijke aandachtspunten op het gebied van samenleving en natuur:

- *Hoe gaan we om met de spanning tussen de bestaande praktijk van patenteren in de biotechnologie en het streven naar innovatie in de synthetische biologie op basis van gelijke toegang tot kennis?*
- *Hoe scheppen we waarborgen voor een ontwikkeling van de synthetische biologie die voldoet aan criteria van mondiale – ecologische en sociale – duurzaamheid?*
- *In hoeverre vraagt een op duurzaamheid gerichte ontwikkeling van de synthetische biologie ook om respect voor natuurlijkheid en leven?*

4.4 Onderzoek en innovatie

Synthetische biologie bevindt zich nog in de fase van het laboratoriumonderzoek. De beloften daarvan kunnen alleen worden waargemaakt op basis van wereldwijde investeringen in onderzoek en innovatie op dit gebied. Daarbij zullen verwachtingen voortdurend moeten worden bijgesteld en komen onderzoekers en geldschietters steeds weer voor nieuwe keuzes en beslissingen te staan. De Meeting of Young Minds heeft laten zien dat ook hierbij belangrijke waarden in het geding zijn, zoals de vrijheid van onderzoek, openheid en vertrouwen. Daarbij werd vooral gepleit voor transparantie.

Vraag is hoe die transparantie het beste bereikt kan worden. Het gaat niet alleen om het zichtbaar maken van ontwikkelingen die in de synthetische biologie gaande zijn, maar ook om de politieke en maatschappelijke duiding daarvan. Wat zijn belangrijke keuzes die in het onderzoek (kunnen) worden gemaakt, welke overwegingen zijn daarbij van belang en wat zouden de gemaakte keuzes kunnen betekenen voor toekomstige innovaties en ontwikkelingen in de samenleving? De politieke en maatschappelijke meningsvorming over dit soort vragen zou gediend zijn met de uitwerking en doordenking van roadmaps en scenario's waarin voor synthetische biologie, in samenhang met maatschappelijke ontwikkelingen, mogelijke toekomst worden geschetst waarbij de betekenis en implicaties daarvan tastbaar worden gemaakt.

Dit vraagt om meer directe wisselwerking tussen wetenschappers, partijpolitieke en maatschappelijke organisaties als basis voor toekomstgerichte politieke en

maatschappelijke verkenningen van synthetische biologie. Die wisselwerking bestaat tot op zekere hoogte al in de vorm van ELSI-discussies en wordt ook op verschillende manieren gezocht door studenten en onderzoekers die actief zijn in de groeiende iGEM-community binnen de synthetische biologie. De iGEM-community draagt hiermee in belangrijke mate bij aan een cultuur van openheid in de internationale gemeenschap van synbio-onderzoekers. Deze cultuur van openheid kunnen we zien als een uitgestoken hand vanuit de wetenschap naar de samenleving en biedt kansen voor meer betrokkenheid van partijpolitieke en maatschappelijke organisaties in een gemeenschappelijk proces van politieke en maatschappelijke meningsvorming.

Belangrijke aandachtspunten op het gebied van onderzoek en innovatie

- *Wat zijn belangrijke prioriteiten voor innovatie in de synthetische biologie?*
- *Wat zijn daarbij maatschappelijk wenselijke scenario's voor de toekomstige ontwikkeling van de synthetische biologie?*

4.5 Een verbindend perspectief

Synthetische biologie mag weliswaar in veel opzichten nog in de kinderschoenen staan en bij het grote publiek nog onbekend zijn, voor een politieke en maatschappelijke duiding daarvan is het zeker niet te vroeg. We investeren immers nu al in de synthetische biologie in de hoop op een betere toekomst. Als we in de politiek en de samenleving straks niet overvallen willen worden door de vraagstukken die synthetische biologie oproept, is het belangrijk om daarop voorbereid te zijn. In het voorgaande hebben we daarom verschillende kwesties genoemd als agenda voor het door ons bepleite proces van politieke en maatschappelijke meningsvorming. Partijpolitieke en maatschappelijke organisaties kunnen hierbij het voortouw nemen in het anticiperen op deze vraagstukken, waarbij wij in het bijzonder een rol zien weggelegd voor wetenschappelijke bureaus en andere denktanks binnen deze organisaties. De politieke jongerenorganisaties zijn daarbij al aan zet geweest (zie bijlage).

Ook in een ander opzicht is het belangrijk dat partijpolitieke en maatschappelijke organisaties een actieve rol spelen in het debat over synthetische biologie. Tot nu toe speelt dit debat zich af in verschillende arena's die tot op zekere hoogte samenvallen met de drie onderscheiden TA benaderingen. Een belangrijke arena voor kwesties van risico's en regulering zijn nationale en internationale instanties die een rol spelen bij (zelf)regulering op het gebied van biosafety en biosecurity, evenals meer algemene gezaghebbende adviescommissies zoals de International Risk Governance Council (IRGC), de Amerikaanse National Scientific Advisory Board for Biosecurity (NSABB), en de European Group on

Ethics (EGE). Een deels hiermee verbonden, maar ook te onderscheiden arena wordt gevormd door wetenschappers van verschillende pluimage die betrokken zijn bij discussies waarin de maatschappelijke betekenis en implicaties van synthetische biologie worden besproken vanuit een overwegend academisch ELSI-perspectief. Ten slotte heeft een internationale coalitie van maatschappelijke organisaties zich al een aantal malen opgeworpen als arena voor een publiek debat over synthetische biologie, met als belangrijkste woordvoerders de ETC Group en Friends of the Earth.

Als bijdrage aan een proces van politieke en maatschappelijke meningsvorming zijn de activiteiten in elk van deze arena's belangrijk, maar ze moeten ook, zoals we in het voorgaande hebben bepleit, op elkaar betrokken worden.

Maatschappelijke organisaties zoals de ETC Group en Friends of the Earth richten zich, vanuit een voornamelijk kritisch en antagonistisch standpunt, op het mobiliseren van de publieke opinie. Partijpolitieke en maatschappelijke organisaties kunnen en moeten in de visie van het Rathenau Instituut juist ook een belangrijke rol spelen in het op elkaar betrekken en verbinden van de debatten die in de verschillende arena's gaande zijn. Op die manier kunnen deze organisaties bijdragen aan een proces van 'maatschappelijk verantwoord innoveren' dat voor de synthetische biologie, en andere opkomende gebieden van wetenschap en technologie, nadrukkelijk wordt nagestreefd in het kader van het Europese innovatiebeleid.

Bijlage





Pamfletten van de Politieke Jongerenorganisaties

Ter voorbereiding op het Meeting of Young Minds-debat heeft het Rathenau Instituut de politieke jongerenorganisaties verzocht om politieke pamfletten op te stellen met een kernachtige verwoording van hun visie op synthetische biologie. Om deze visie concreter te maken, hebben we de PJO's tevens gevraagd om de pamfletten te voorzien van enige stellingen. Deze stellingen vormden de basis voor de inrichting van het debat. Uiteraard hebben de PJO's niet alle punten die in de pamfletten worden genoemd in kunnen brengen in het debat. Om een completer beeld te geven van de verschillende visies van de PJO's hebben we de politieke pamfletten als bijlage opgenomen. Ze staan in de volgorde waarin de sprekers aan bod kwamen tijdens het Meeting of Young Minds-debat.



Visiestuk Synthetische Biologie

Een DWARSe visie op de toekomst van synthetische biologie¹

Introductie

Synthetische biologie

De laatste jaren komt er in de wetenschap steeds meer aandacht voor synthetische biologie. Synthetische biologie is de stap die in de moleculaire biologie logischerwijs volgt op genetische modificatie. Er is echter geen eenduidige definitie. Het Rathenau Instituut hanteert de volgende: 'Onderzoekers omschrijven synthetische biologie als een nieuwe vorm van biotechnologie, waarbij het modifieren van bestaande, natuurlijke levensvormen geleidelijk overgaat in het gericht ontwerpen van nieuwe kunstmatige levensvormen'.² Het belangrijkste verschil met genetische modificatie (GM) is dat de DNA-sequenties een levenloze oorsprong kunnen hebben. Dit heeft grotere potenties dan GM omdat het ontwerpen van cellen niet meer afhankelijk is van natuurlijke DNA-bronnen. Door de cellen als kleine fabrieken te beschouwen die wij zelf kunnen programmeren, is het mogelijk om ze voor de mensheid nuttige materialen te laten produceren. Hierbij valt te denken aan de ontwikkeling van biobrandstoffen, medicijnen, kleurstoffen, industriële toepassingen en meer. Ook zouden cellen kunnen worden ingezet om specifieke kankercellen te doden, zonder dat er bij de behandeling zware chemokuren nodig zijn. Enerzijds zou men kunnen stellen dat de ontwikkeling zeer succesvol is. De mogelijkheden zijn in theorie enorm. Maar het is ook onduidelijk wat er nu écht praktisch haalbaar is met synthetische biologie.

Naast het enthousiasme spelen ook potentiële risico's een rol bij synthetische biologie. Ontwikkelingen in de synthetische biologie kunnen namelijk ook de deur openen naar de ontwikkeling van nieuwe biologische wapens. Daarnaast kan de aardse biodiversiteit bedreigd worden door toepassingen buiten het lab. Hierbij kan gedacht worden aan het (onbedoeld) kruisen van gesynthetiseerde gewassen met verwante, natuurlijke gewassen. Door de maatschappelijke toepassing van synthetische biologie kan de discussie over de definitie van het leven oplaaien en onrust veroorzaken.

Politiek

Hoewel synthetische biologie nog in de kinderschoenen staat ontwikkelt deze zich razend snel. Een goede weergave hiervan is het aantal deelnemers aan iGEM.³ Toen deze

1 Deze tekst is niet het politieke pamflet, maar een nadere uitwerking hiervan in een visiestuk dat in maart 2012 door de leden van DWARS werd aangenomen (red.).

2 De Vriend et al (2007), *Leven Maken*, Rathenau Instituut, Den Haag p. 9.

3 iGEM: international Genetically Engineered Machines competition, wereldwijde synthetische biologie wedstrijd voor multidisciplinaire studententeams. Ieder team (her)ontwerpt een organisme zodanig dat het een bepaalde functie kan vervullen. (<http://igem.org>).

internationale competitie in 2004 begon waren er slechts vijf teams aanwezig. Zes jaar later, in 2010, is het een wereldwijde competitie geworden van maar liefst honderddertig teams. Deze competitie gaat gepaard met het bedrijfsleven en universiteiten. In de politiek speelt synthetische biologie echter nauwelijks.⁴ Op enkele Kamervragen na is er geen aandacht in de Tweede Kamer geweest voor dit onderwerp, terwijl zowel de snelle groei als de mogelijkheden van deze wetenschappelijke tak vragen om politieke aandacht.

Rathenau Instituut en DWARS

Om de politiek en deze groeiende wetenschappelijke tak bij elkaar te brengen, heeft het Rathenau Instituut de Meeting of Young Minds georganiseerd.⁵ Hierbij zijn op een pro-actieve wijze iGEM-teams en Politieke Jongerenorganisaties betrokken geraakt bij het vormen van een politieke visie over synthetische biologie. Uit deze visievorming is een visiedocument ontstaan. Dit document is de politieke visie van DWARS, Groenlinkse Jongeren over synthetische biologie. Het doel hiervan is enerzijds om synthetische biologie op de politieke agenda te zetten en anderzijds een basis visie uit te tekenen, zodat de toekomst synthetische biologie op een gepaste wijze tegemoet kan zien. De projectgroep synthetische biologie is onderdeel van de Commissie Groen van DWARS, Groenlinkse Jongeren. In dit visiestuk wordt naar de projectgroep synthetische biologie verwezen als de Commissie.

DWARS en synthetische biologie

Synthetische Biologie en groene, progressieve politiek

Binnen de politiek is er nauwelijks aandacht voor synthetische biologie en binnen GroenLinks is dit niet anders. Wanneer de zoekterm 'synthetische biologie' op de GroenLinks-website wordt ingevuld, komen er twee resultaten uit 2009.⁶ Ondertussen is in 2010 de eerste cel gemaakt die zichzelf reproduceert met 100% gesynthetiseerde DNA-strengen.⁷ Synthetische biologie heeft zich sindsdien alleen maar doorontwikkeld. Het meest nauw verwante discussiepunt is GM – aangezien synthetische biologie daar simpelweg een verlengstuk van is. Binnen GroenLinks roept GM dezelfde weerstand op als kernenergie. De Commissie wil synthetische biologie niet op deze manier afschrijven. In plaats daarvan is het veel interessanter om na te gaan waar de toepassingen van GM tekortschieten. En waar synthetische biologie dan wél van maatschappelijk nut kan zijn. Het op voorhand afschrijven van synthetische biologie is een gemiste kans en past wat de Commissie betreft niet binnen het progressieve karakter van GroenLinks. Een kritische, maar doortastende en nuchtere invalshoek is veel beter op zijn plaats. Zeker wanneer synthetische biologie mogelijkheden biedt die mensenlevens kan redden.

Culturele en levensbeschouwelijke waarden

Binnen de Commissie roept de discussie over de ethiek van het maakbare leven weinig culturele en levensbeschouwelijke weerstand op. Omdat er vanuit deze waarden geen bezwaren zijn, is er voor een meer praktische benadering gekozen. De vraag moet volgens

4 Mondelinge mededeling op Rathenaudag in de TU-Delft over synthetische biologie, Chantal Gilliard.

5 Om een indruk te krijgen van wat zich die dag heeft afgespeeld, zie: http://www.youtube.com/watch?v=CyOj3g_nyLM en <http://www.youtube.com/watch?v=g5YPUFUayTo&feature=related>

6 Zie Groenlinks website, <http://www.groenlinks.nl>, zie ook bij standpunten.

7 <http://www.guardian.co.uk/science/2010/may/20/craig-venter-synthetic-life-form>.



de Commissie niet gaan over het wel of niet implementeren van synthetische biologie. De ontwikkeling van synthetische biologie is namelijk een 'ongoing process'. Het is wel goed als er wordt gediscussieerd over de ethiek van de maakbaarheid van het leven. Dit houdt de samenleving op scherp en kan een bijdrage leveren aan de regulering van de toepassing van synthetische biologie. Dit neemt echter niet weg dat over het onderzoek van synthetische biologie moet worden nagedacht voor die discussie er is.

Biodiversiteit

De Commissie acht het belang van biodiversiteit zeer groot. Synthetische biologie biedt de mogelijkheid om de natuurlijke processen van biodiversiteit te veranderen. Naast het (gemakkelijker) verkrijgen van stoffen of micro-organismen die nuttig zijn voor mensen, bestaat ook het gevaar dat de natuurlijke biodiversiteit vervuild kan raken. De effecten op ecosystemen door micro-organismen kunnen enorm zijn. Daarom wil de Commissie dat het onderzoek binnen controleerbare omstandigheden plaatsvindt. Niet in de vrije natuur. Levenloze producten verkregen uit gesynthetiseerde micro-organismen vallen niet onder deze categorie, omdat deze zichzelf niet kunnen reproduceren en/of dezelfde eigenschappen hebben als (vergelijkbare) natuurlijke stoffen.

Vijf Visiepunten

In samenwerking met het Rathenau Instituut en het iGEM-team Amsterdam 2011 is de Commissie in de afgelopen zomer bezig geweest met het creëren van een visie. Met de eerder genoemde overwegingen is de Commissie gekomen tot een vijftal punten die richting zouden moeten geven aan de discussie over synthetische biologie – en de rol van de politiek daarin. Deze vijf punten vormen de visie. De Commissie is van mening dat deze een goede basis vormen voor de discussie over de implementatie van synthetische biologie in de moderne maatschappij.

1 Synthetische biologie is een wetenschap die niet volledig 'open source' zou moeten zijn. In plaats daarvan is een 'community source'-systeem beter op zijn plaats

Open source betekent dat alle informatie op het web staat. Dat bevordert de wetenschappelijke ontwikkelingen van synthetische biologie. Ondanks de goede bedoelingen die de meeste wetenschappers hebben, is de Commissie hier huiverig voor. De reden hiervoor is, is dat zo onduidelijk is wie de openbare informatie gebruikt en waarvoor deze informatie gebruikt wordt. De Commissie is van mening dat sommige informatie – hoewel van (groot) belang bij bepaalde onderzoeken - beter een beperkt bereik heeft. Een voorbeeld van risicovolle publicatie van wetenschappelijk onderzoek is de synthetisering van het Spaanse griepvirus. Voor een gezonde ontwikkeling van de synthetische biologie ziet de Commissie wel in dat een *cross-over* van informatie tussen wetenschappers van belang is om tot nieuwe ontwikkelingen, inzichten en toepassingen te kunnen komen, ook op het gebied van bioveiligheid.

Daarom is de Commissie voor wat betreft de algemene informatievoorziening voor een 'community source' systeem. Dit houdt in dat alleen gescreende wetenschappers en

andere belanghebbenden toegang hebben tot informatie met betrekking tot ontwikkelingen en onderzoek binnen de synthetische biologie. Omdat veruit de meeste informatie-uitwisseling digitaal bewerkt wordt, is synthetische biologie hier geschikt voor. Door de informatie binnen een vertrouwelijke community te houden, kan het risico dat informatie in de verkeerde handen valt worden geminimaliseerd. Dit kan door een gedragscode te ondertekenen, via certificering en/of via wetgeving - zoals bedoeld in punt 5.

2 Gezien de maatschappelijke impact die synthetische biologie kan gaan hebben, is de Commissie van mening dat een politieke invloed noodzakelijk is voor een gezonde toepassing van deze wetenschap. Flexibiliteit en communicatie zijn daarbij de sleutelwoorden.

De Commissie is voor een politieke regulering van de synthetische biologie. Wanneer regulering enkel aan de wetenschap zelf wordt overgelaten, bestaat de dreiging van maatschappelijk wantrouwen tegenover de ontwikkeling van synthetische biologie. Hoewel de synthetische biologie kansen biedt voor de samenleving, bestaan er ook bedreigingen. De Commissie staat er echter voor in dat de potentiële bedreigingen niet alle kansen moeten doen wegnemen. Deze bedreigingen moeten wel zeer serieus worden genomen. Daartegenover staat dat de politiek zich niet te veel bezig moet willen houden met gedetailleerde wet- en regelgeving, omdat politieke besluitvorming vaak traag verloopt. Daardoor bestaat de kans dat wet- en regelgeving zijn doel kan gaan missen en onnodig gecompliceerd kan worden. Of juist te vrij. De Commissie wil dat er een politiek kader wordt opgesteld waarbinnen wetenschappelijk onderzoek kan plaatsvinden. Wetenschappers zijn binnen dit kader vrij wat betreft onderzoek. Het kader wordt ondersteund door een onafhankelijk instituut, die enerzijds de politiek kan adviseren over verdere ontwikkeling van dit kader en anderzijds de maatschappelijke reacties op ontwikkelingen binnen synthetische biologie kan inschatten. Hiermee wordt een starre besluitvorming voorkomen en kan het politieke kader flexibel meeveren met de wetenschappelijke ontwikkelingen. De materie is zeer complex en juist daarom is maatschappelijke vertrouwen zeer belangrijk. Daarom is het belangrijk dat naast synthetisch biologen ook sociologen en wetenschapsfilosofen bij dit instituut betrokken worden. Zo kunnen maatschappelijk relevante ontwikkelingen goed worden gecommuniceerd en kan er worden voorspeld hoe deze ontwikkelingen ontvangen worden door het publiek.

3 Vanuit levensbeschouwelijke en culturele waarden kan de ontwikkeling van synthetische biologie (existentiële) vragen oproepen. Deze worden in overweging genomen bij gevoelige toepassingen, maar mogen niet per sé de doorslag vormen bij beoordeling van de voortzetting van bepaald wetenschappelijk onderzoek.

Synthetische biologie is een nieuwe techniek die veel kansen biedt voor de samenleving, maar waarbij ook ethische kwesties om de hoek komen kijken. Vanuit levensbeschouwelijk perspectief dient zich bijvoorbeeld de vraag aan of wij als mensen het recht hebben om de ontwikkeling van leven te beïnvloeden. Dit speelt voornamelijk vanuit religieuze hoek. De vraag vanuit de ethiek dient zich aan in hoeverre men daarin mag gaan. Maar

los van persoonlijke uitgangspunten hierin, zijn deze ontwikkelingen niet tegen te houden. De technologie is al realiteit en het is veel relevanter in te gaan op de mogelijke toepassingen hiervan. De vraag moet dus niet langer zijn óf we iets met synthetische biologie moeten, maar hoe we synthetische biologie het beste kunnen toepassen. Binnen de praktische toepassingen spelen ethische kwesties wel een rol, maar wetenschappers zijn binnen het in visiepunt 2 genoemde kader vrij om onderzoek te doen. Wat de Commissie betreft zijn toepassingen in de gezondheidszorg niet uitgesloten. Bij toepassingen in de vrije natuur ligt er voor de Commissie echter wel de grens, aangezien de effecten op ecosystemen heel slecht in te schatten zijn. Dat wil niet zeggen dat producten van synthetische biologie niet gebruikt kunnen worden buiten het lab. Biobrandstoffen zijn hiervan een goed voorbeeld. Het product kan zichzelf immers niet reproduceren, terwijl het efficiënt produceren van biobrandstoffen wel een voorwaarde kan zijn voor een duurzame samenleving. Het in visiepunt 2 genoemde instituut kan helpen bij het aansturen, aanmoedigen of blokkeren van praktische toepassingen van synthetische biologie.

4 Vanuit juridisch en commercieel perspectief zijn er grote fouten gemaakt bij de toepassing van genetisch gemodificeerde producten. De Commissie wil mogelijke zich herhalende misstanden bij synthetische biologie graag voor zijn.

Om te voorkomen dat bepaalde combinaties van DNA voor ongewenste doeleinden gebruikt wordt, zal de DNA-markt tot op zekere hoogte gereguleerd moeten worden. De Commissie stelt daarom voor om aan de kant van de aanbieders een gedragscode op te stellen, waarin onder andere opgenomen wordt dat alle orders worden gescreend. Indien risicovolle DNA-sequenties besteld worden, wordt nadere inspectie verricht. De gedragscode wordt vastgelegd in Europese regelgeving. Deze wordt gemonitord door de betreffende Eurocommissaris en een onafhankelijke instantie. Het afnemen van DNA is alleen mogelijk als de afnemer in het 'community source-systeem' zit (zie ook punt 1). Hierdoor wordt zoveel als mogelijk gewaarborgd dat DNA niet in verkeerde handen terecht komt en voor maatschappelijk ongewenste doeleinden toegepast wordt. De gedragscode dient wel bescheiden te blijven. Het moet namelijk een hulpmiddel zijn bij het onderzoek naar (toepassingen van) synthetische biologie en geen afschrikmiddel. Het is voorstelbaar dat bepaalde apparatuur ook een risico kan vormen. Ook hierover dient er na beoordeling mogelijk extra toezicht gehouden te worden.

5 Om een rol op het wereldtoneel te blijven spelen is het belangrijk dat niet afzonderlijke Lidstaten, maar Europa als geheel een rol speelt. Hier is een rol weggelegd voor de Europese Unie – door wetenschappelijke samenwerking op het gebied van synthetische biologie tussen landen te bevorderen.

Binnen de Europese Unie bestaan er vanuit levensbeschouwelijke oogpunten controverses omtrent synthetische biologie. Het is echter wel belangrijk dat Europa ondanks deze onderlinge controverses een internationaal concurrerende en vooruitstrevende speler

blijft op het gebied van synthetische biologie. Momenteel komen ongeveer 24%⁸ van de wetenschappelijke publicaties over synthetische biologie uit Europa. De Europese Unie biedt grote kansen in het versterken van de kennis en wetenschap. Daarnaast is ontwikkeling van en samenwerking tussen wetenschappers binnen synthetische biologie binnen de EU met zijn bestaande wet- en regelgeving beter te controleren dan in landen als China of India. Omdat de toekomst van synthetische biologie nog onzeker is, is het verstandig vooruitstrevend te blijven. Dat biedt namelijk de meeste kans op risicopreventie en kennis.

Hoewel de Commissie andere levensbeschouwingen- en overtuigingen respecteert, vindt de Commissie ook dat er geen beroep op een ethisch monopolie kan worden gedaan om ontwikkelingen op dit gebied stop te zetten. Ondanks dat de huidige wet- en regelgeving op het gebied van synthetische biologie voorlopig voldoende is⁹, is het niet ondenkbaar dat in de toekomst extra wet- en regelgeving noodzakelijk is om de ontwikkeling en veiligheid van synthetische biologie te waarborgen. In dat geval wil de Commissie dat er een minimumwetgeving voor de gehele Europese Unie wordt ingesteld. Voor individuele Lidstaten moet het mogelijk zijn om deze minimale wetgeving verder op te rekken – al naar gelang de sociale en culturele waarden. Europese ontwikkelingen op het gebied van synthetische biologie worden hiermee niet door individuele Lidstaten stilgezet. Daarnaast biedt dit een kans tot het versterken van de onderlinge samenwerking tussen Lidstaten op het gebied van veiligheid, ontwikkeling en internationale concurrentiekracht. De 'community source'-benadering (zie punt 1) is hierbij een uitstekend hulpmiddel.

Conclusie

Synthetische biologie is *booming*. De afgelopen jaren zijn de ontwikkelingen binnen deze wetenschap zeer snel gegaan.¹⁰ De eerste cel met 100% gesynthetiseerd DNA is reeds geproduceerd. Binnen de politiek is er nog nauwelijks aandacht voor. De onlangs gepubliceerde synthese van het vogelgriepvirus heeft de discussie over synthetische biologie doen oplaaien. De snelle ontwikkeling alsook de maatschappelijke discussie vragen om politieke aandacht.

Over de beloften en toekomstdromen van synthetische biologie valt nog weinig te zeggen. Concrete voorbeelden van grootschalige toepassingen van synthetische biologie bestaan nog niet. Op kleine schaal verschijnen er wel binnen het lab toepasbare mogelijkheden. Lab-experimenten laten wel zien dat synthetische biologie veel mogelijkheden biedt op tal van maatschappelijke terreinen. Het zou zomaar kunnen dat er een doorbraak geforceerd wordt. Dan kunnen de ontwikkelingen zomaar snel gaan – zonder dat de politiek klaar is voor een antwoord. Hierdoor kan de ontwikkeling van een bepaalde toepassing genegeerd worden, terwijl daar grote risico's aan zitten. Minstens net zo erg is als een medische toepassing in een impulsieve reactie wordt geblokkeerd, terwijl deze juist perspectieven biedt voor chronisch zieken.

8 De Vriend et al. (2007) p.45.

9 EASAC (2010) Realising European potential in synthetic biology: scientific opportunities and good governance, EASEC policy report 13.

10 Zie: <http://www.c2w.nl/hoef-je-vogelgriep-gevaarlijk-maakt.177812.lynx>.



Het antwoord van de Commissie op de maatschappelijke omgang met synthetische biologie is uiteengezet in de vijf visiepunten in dit visiestuk. Daaruit zijn de volgende conclusies te trekken:

- De Commissie beveelt aan om de overheid een rol te laten spelen bij de toepassing van synthetische biologie. Deze rol moet bescheiden zijn.
- Er moet een kader komen waarbinnen wetenschappers vrij zijn om onderzoek te doen. Dit kader moet goed kunnen meeveren met de tijd.
- Er moet een instituut komen dat maatschappelijke respons van bepaalde ontwikkelingen en toepassingen kan meten. Dit instituut communiceert ook de ontwikkelingen op het gebied van synthetische biologie naar de maatschappij – onder andere door voorlichting.
- Culturele en levensbeschouwelijke waarden, zoals die van religie, moeten geen onderzoek kunnen blokkeren. Om dat te beoordelen wordt er een kader opgesteld.
- De wetenschappelijke kennis op het gebied van synthetische biologie moet binnen een ‘community source’ systeem worden gehouden. Dit moet enerzijds bijdragen aan de veiligheid van synthetische biologie en anderzijds de uitwisseling van kennis doen bevorderen.
- Een grote rol is weggelegd voor de Europese Unie. De Europese Unie moet een universele, minimale, maar doeltreffende wet- en regelgeving bieden. Daarnaast biedt de Europese Unie de kans om uitwisseling van kennis tussen de Lidstaten te vergroten.
- En daarmee blijft Europa een belangrijke, internationale speler op het gebied van synthetische biologie.

De projectgroep Synthetische Biologie vormt een onderdeel van Commissie Groen en wordt gevormd door:

Roel van Bezouw	(secretaris Commissie Groen)	Auteur
Rein Zwart	(voorzitter Commissie Groen)	Co-auteur
Djoke Hendriks	(moleculair biologisch expert van DWARS)	Co-auteur
Eline van Nistelrooij	(ex-voorzitter DWARS)	

Dit stuk is gereviseerd door:

Wouter Langhout
Karlien Wouters



De wetenschappelijke ontwikkelingen van de laatste decennia hebben onze wereld en onze voorstellingen daarvan drastisch veranderd. Ze hebben geleid tot voorspoed en een beter begrip van alles wat we kunnen begrijpen. Tegelijkertijd heeft het onze visie op de mens veranderd. Onze voorouders geloofden dat zij deel waren van de schepping, tegenwoordig hebben we de neiging om te denken dat we zélf scheppers zijn. Het gebruik van synthetische biologie is een duidelijk voorbeeld van een gebied waar wetenschappers zichzelf als scheppers zien. Als christelijke politici willen we ten eerste duidelijk maken dat wij God zien als de schepper van alles wat bestaat. Deze gedachte heeft een duidelijke invloed op hoe wij over synthetische biologie denken. Als mensen hebben wij het Bijbelse mandaat om Gods schepping te 'cultiveren en te behouden'. Dat betekent dat we gebruik moeten maken van de kansen en het talent om onderzoek te doen en nieuwe dingen te maken. Het 'behouden' brengt echter tegelijkertijd beschouwing en langetermijndenken met zich mee. Die gedachten maken synthetische biologie een ethische kwestie. Als mensen dragen we een grote verantwoordelijkheid.

Technologische ontwikkeling zou samen moeten gaan met de ontwikkeling van ethische beoordelingen. Technologische vooruitgang wordt gedreven door verwachtingen van toekomstige mogelijkheden, maar dreigingen en nadelen vormen geen intrinsiek onderdeel van onderzoek en ontwikkeling. Een complete inschatting van de praktische, pragmatische en technische gevolgen kan vrij lastig zijn. Het beschouwen van de diepere, fundamentele en morele kwesties is echter nóg ingewikkelder. Tot nu toe is er nog geen algemeen geldende christelijke beoordeling van synthetische biologie. De Bijbel biedt weliswaar zeer waardevolle richtlijnen voor wetenschappers en politici, maar geeft geen duidelijk 'ja' of 'nee' over synthetische biologie. Daarbij komt dat synthetische biologie verschillende toepassingen kent, die voortkomen uit verschillende motivaties. Het is erg voorbarig om Bijbelteksten toe te passen op het onderwerp van biobricks. Als de christelijke politici van de toekomst zijn we terughoudend met het trekken van conclusies zonder op de schouders van ethische reuzen te staan, zoals de bekende christelijke wetenschapper Newton het zei. We betreuren het dat we nog geen duidelijke christelijke visie op synthetische biologie kunnen geven. We zijn het dit onderwerp en de daarbij betrokken waarden echter verplicht om dieper op de materie in te gaan voordat we een ethisch eindoordeel kunnen geven, laat staan een politiek voorstel.

Ondanks dat we de schoonheid en de uniciteit van de het leven waarderen, zien we ervan af om bijvoorbeeld morele beperkingen uit te spreken over het definiëren en creëren van leven. Om een gegrond standpunt in te nemen, dat niet berust op de specifieke ethiek van synthetische biologie, zullen we enkele ideeën over andere technologieën extrapoleren.



Christelijk of niet; een ethische beoordeling van synthetische biologie moet duidelijk betrekking hebben op de realiteit van het dagelijks leven. We moeten kijken naar technologieën die vroeger, meer nog dan synthetische biologie nu, zelfs in sciencefiction een droom leken. We vinden het onverstandig om de risico's te bagatelliseren van om het even welke ontdekking die tot uitsterven van al het leven zou kunnen leiden. In plaats daarvan zouden we moeten nadenken over de lessen die we vandaag en gisteren geleerd hebben. Dat is niet alleen nog steeds erg veilig, maar ook van belang voor de langere termijn.

Om eerlijk te zijn: we zijn niet erg optimistisch over het vermogen van de mens om op een verantwoorde manier om te gaan met nieuwe technologie. In het verleden heeft het verbond tussen nieuwe technologieën en de markteconomie tot enorme catastrofes geleid. Denk bijvoorbeeld aan de oorsprong van de economische crisis, of aan andere problemen waarmee de gehele mensheid geconfronteerd wordt. Door de mens veroorzaakte catastrofes zijn geen incidenten; vaak onderstrepen ze onderstrepen de aard van veel mensen. Als je nadenkt over al het uitdrukkelijke kwaad dat – generatie na generatie – nog steeds voortleeft, kun je je verbazen over de mogelijkheden voor een Plan B voor onze (bio)veiligheid, onze omgeving en ons welzijn in het algemeen. Dat biedt meer ruimte om te genieten, om van het leven te houden. Anders gezegd: we zijn optimistischer over de mogelijkheden van synthetische biologie dan over het toepassen van deze mogelijkheden om een beter wereld en een betere toekomst te creëren. Deze visie betekent niet dat we de technologie op zich verwerpen, maar dat we de potentiële invloed ervan inzien. De aard van technologische ontwikkeling vraagt om een normatieve beschouwing. Technologie kan natuurlijk erg nuttig zijn bij het aanpakken van ernstige problemen, maar als we ons alleen bezig houden met technische oplossingen dan zal ons gebrek aan controle over de realiteit en kwade neigingen snel genoeg de kop opsteken. Technologie kan helpen bij het aanpakken van uitdagingen, maar problemen zijn niet technologisch; ze zijn immaterieel – noem het spiritueel of ideologisch. Technologie brengt geen paradijs tot stand; het zal eerder leiden tot instrumentalisatie en uitbuiting van mensen en hun omgeving.

We willen afsluiten met de opmerking dat we waardering hebben voor het enthousiasme om ontdekkingen te doen en wetenschap in te zetten om de kwaliteit van leven te bevorderen. In dat opzicht behandelen we synthetische biologie niet anders dan andere vormen van wetenschap. We zijn ons bewust van de mogelijkheden die synthetische biologie biedt voor waardevolle toepassingen en het maken van nieuwe dingen. Synthetische biologie kan bijdragen aan bewonderenswaardige doelen, zoals het verminderen van voedselschaarste, vervuiling en schaarsheid van bronnen. Maar tegelijkertijd concluderen we dat er voor het gebruik van synthetische biologie geen toereikend ethisch kader is. De aard van technologische ontwikkeling vraagt om een dergelijk kader. Technologie kan enorm bruikbaar zijn bij het aanpakken van sociale uitdagingen, maar de bijkomende complexiteit en risico's vereisen dat er op een verantwoorde manier mee om wordt gegaan. Zolang er geen helderheid bestaat over de maatschappelijke impact en het ethische kader zijn we terughoudend over het onderzoek naar en de toepassingen van synthetische biologie.

Voorstellen:

- Beschouwingen over de immateriële kant van synthetische biologie zijn moeilijker, maar tevens belangrijker dan die over de materiële kant.
- Technologie kan helpen bij het oplossen van uitdagingen, maar problemen zijn immaterieel en niet technologisch.
- De wetenschap hoeft geen herschepping van de natuur te zijn. (Een variatie op Wetenschap en menselijke waarden)
- Wetenschap is een manier om te proberen jezelf niet voor de gek te houden (Richard Feynman). We moeten onszelf niet voor de gek houden en onze mogelijkheid om het leven te hervormen niet overschatten.
- Goede theorieën over het gebruik van technologie verbreden de geest, terwijl mislukkingen ons laten verzanden in dogmatisme en tunnelvisie over de voordelen van synbio (Een variatie op Stephen Jay Gould)
- Bij de beschouwing op synbio zouden synbio-ontwikkelaars niet de leiding moeten nemen, omdat zij bevooroordeeld zijn door de positieve kanten van hun technologie.



Feiten

In het DNA ligt alle informatie nodig voor het leven in een cel/organisme opgeslagen. Met het bestuderen van het DNA is het mogelijk om delen verantwoordelijk voor bepaalde eigenschappen uit het DNA te verwijderen of toe te voegen. Bij organismen met een korte levensduur en een of enkele cellen (meestal van bacteriële oorsprong) is het zelfs mogelijk om veel DNA, en daarmee eigenschappen, uit de cel te verwijderen, zonder dat deze sterft. Vervolgens kan het DNA worden 'gevuld' met wenselijke genen. Hierdoor kan een cel worden gebouwd met (vrijwel) uitsluitend wenselijke eigenschappen.

Het beïnvloeden van levende organismen biedt veel kansen. Stoffen die mensen met een genetische ziekte niet kunnen maken, kunnen bijvoorbeeld door aangepaste cellen of in dieren worden geproduceerd. Hiermee kunnen deze ziekten worden geholpen. Ook zijn er toepassingen denkbaar waarbij bacteriële cellen zo worden aangepast dat ze vervuild water kunnen schoonmaken of bepaalde grondstoffen voor de industrie kunnen produceren, te denken valt bijvoorbeeld aan het maken van olie-achtige producten uit plantaardige grondstoffen (suikers). Doordat gebruik wordt gemaakt van levende organismen zijn de grondstoffen en afvalproducten biologisch makkelijk te verkrijgen respectievelijk af te breken. Het milieu wordt hierdoor veel minder belast.

Schadelijke toepassingen zijn echter ook denkbaar. Kennis van ziekten geeft ook de mogelijkheid om nog schadelijkere ziektekiemen te bouwen en te gebruiken als biologisch wapen. Verder kan een aangepast organisme in uitzonderlijke gevallen in de natuur onbeperkt doorgroeien, omdat er geen natuurlijke vijanden zijn. We willen hierbij wel vermelden dat indien een wapen gebouwd moet worden er veel eenvoudigere en voordeligere mogelijkheden te bedenken zijn om groepen mensen schade te berokkenen dan via deze biologische technieken. Gebruik als wapen of gebruik in het kader van een terroristische aanslag achten we dan ook niet waarschijnlijk, maar het kan niet worden uitgesloten.

De huidige regelgeving staat toe dat lagere organismen binnen biologische laboratoria genetisch worden gemanipuleerd. Op dit moment is dit toegestaan voor alle planten, alle virussen, alle bacteriën en alle dieren, met uitzondering van de gewervelden (diersoorten met ruggenwervels, zoals vissen, zoogdieren en amfibieën). Voor de gewervelden is het onder voorwaarden toegestaan om ze te betrekken in experimenten en ze genetisch aan te passen. Bij gewervelden moet hiervoor echter worden voldaan aan strengere voorwaarden en worden alle experimenten vooraf voorgelegd aan een zogenaamde Dier Ethische Commissie. Deze commissie toetst op het belang van het dier versus het belang van het experiment. Het lidmaatschap van een dergelijke DEC is in veel gevallen een nevenfunctie met een zeer beperkte bezoldiging en zonder ambtelijke ondersteuning. Genetisch gemanipuleerde

organismen mogen in beginsel niet levend in de natuur terecht komen, tenzij de ministers van landbouw en milieu (meestal dezelfde persoon) ontheffing verlenen.

Overwegingen

Er zijn veel ernstige ziekten en met biologische technieken kunnen wij deze ziekten bestrijden. Het geeft vooral mogelijkheden voor aandoeningen waar wij anders weinig of niets aan zouden kunnen doen. Het ontwikkelen van medicijnen is belangrijk en het nalaten van het ontwikkelen van medicatie is ethisch bezwaarlijk.

Anderzijds zijn het leven en de natuur prachtig zoals ze zijn. Vanuit christelijk perspectief betreft het Gods schepping en hier moeten wij als mensen op een verantwoordelijke wijze mee omgaan. Vanuit darwinistisch perspectief betreft de natuur een delicaat evenwicht wat in de loop van honderden miljoenen jaren is ontstaan en ook hier dienen wij uiterst zorgvuldig mee om te gaan. Het morrelen aan de bouwstenen van het leven is derhalve ook ethisch bezwaarlijk, zowel vanuit christelijk als vanuit wetenschappelijk perspectief.

De benadering waarmee christendemocraten dergelijke dilemma's proberen op te lossen is de zogenaamde deontologische benadering. Dit houdt in dat bij het beslissen over de inzet van bijvoorbeeld biotechnologie rekening gehouden moet worden met algemeen geldende principes, zoals gerechtigheid, die al gelden vóórdat er gekeken wordt naar de praktische consequenties.

Eén van die algemeen geldende principes is zojuist genoemd, namelijk rentmeesterschap. Dit betekent dat één generatie niet zomaar haar voorkeuren mag opleggen aan toekomstige generaties. Dit principe heeft brede implicaties. Zo is het in kaart brengen van de gevolgen van sommige biotechnologieën momenteel nog niet goed mogelijk, bijvoorbeeld bij kiembaangentechnologie. Bovendien is de mens niet perfect rationeel. Derhalve is voorzichtigheid geboden bij ingrepen die langdurige gevolgen hebben voor mens en natuur.

Een ander belangrijk principe is de notie van transcendentie. Het kan nooit uitgesloten worden, wetenschappelijk noch levensbeschouwelijk, dat de natuur meer dimensies en aspecten kent dan de menselijk waarneembare dimensies en aspecten. Het is voor christendemocraten dan ook onacceptabel om de natuur alleen maar als een machine te beschouwen en/of te behandelen. De natuur op zich heeft intrinsieke waarde. Hierdoor wordt het voorzichtigheidsbeginsel nog eens kracht bijgezet.

Wanneer biotechnologie rechtstreeks ingrijpt in menselijk leven is een ander christendemocratisch principe van belang, namelijk: de beschermwaardigheid van het leven. Een mensenleven is net als de natuur niet louter materieel, een verzameling cellen z gezegd, maar ook een uniek persoon in wording (potentialiteit). Daarbij geldt: elke mens telt. Als gevolg van deze redenering achten christendemocraten instrumentalisering van menselijk leven – dat wil zeggen: het inzetten van menselijk leven ten koste van ander menselijk leven – onaanvaardbaar. Het gebruik van embryonale stamcellen is om die reden problematisch: het embryo – een uniek persoon in wording – is weliswaar solidair met een zieke, maar het is wel een

gedwongen vorm van solidariteit. Het zelfbeschikkingsrecht van de een staat niet gelijk aan een plicht van 'de andere(n)' om voorzieningen te treffen.

Er is derhalve regelmatig sprake van tegenstrijdige belangen. Enerzijds moeten de farmaceutische industrie en de wetenschap de mogelijkheid krijgen om op zoek te gaan naar geneesmiddelen. Ook toenemende schaarste in voedsel en grondstoffen schept de noodzaak om op zoek te gaan naar alternatieven die mogelijk ook in de richting van de synthetische biologie kunnen worden gezocht. Voor een kennis economie zoals Nederland biedt een dergelijke kennisintensieve industrie ook economische kansen. Anderzijds is het riskant om het delicate evenwicht binnen de natuur te belasten en moeten wij ons bij elke stap afvragen of bovenstaande mogelijkheden en de belasting van schepping en milieu opwegen tegen de kansen op winst, zowel op economisch vlak als op het gebied van de volksgezondheid.

Waar willen we naartoe?

Bovenstaande principes leiden ertoe dat er in de christendemocratische optiek genetische manipulatie niet wenselijk is en niet zou moeten worden toegestaan, tenzij het de enige beschikbare oplossing biedt voor een belangrijk maatschappelijk probleem. Bijvoorbeeld bij het zoeken naar nieuwe medicatie voor (op dit moment) ongeneeslijk ziekten of bij het opruimen van ernstige milieuvervuiling zou, bij uitzondering, het gebruik van genetische manipulatie kunnen worden toegestaan. Dit impliceert dat het CDJA een voorstander is van strikte regulering op biotechnologisch gebied.

Ook pleiten wij voor stringente regelgeving omtrent het kloneren van menselijk leven en het gebruik van embryonale stamcellen. De huidige wet hanteert de regel dat inbreuk op de beschermwaardigheid van het leven alleen acceptabel is als er geen andere mogelijkheden zijn. Echter, dit betekent dat er toch relatief eenvoudig inbreuk gemaakt kan worden op de beschermwaardigheid van het leven. Daarom zou de wet op dit punt aangescherpt moeten worden, zodat inbreuk alleen mogelijk is in absolute noodgevallen.

Het van groot belang dat iedereen die werkt met synthetische biologie zich terdege bewust is van de ethische kant en dit bewustzijn meeneemt bij het doen van de experimenten. Het aandeel ethiek binnen de wetenschappelijke opleidingen dient derhalve te worden vergroot (die is nu slechts zeer beperkt aanwezig en te vaak optioneel). Je zou kunnen denken aan het verplicht stellen van een examen om te mogen werken met moleculair biologische technieken, zoals nu ook al verplicht is om met proefdieren te mogen werken. Binnen een dergelijke cursus kun je de ethische aspecten en de risico's uitgebreid aan de orde stellen.

De huidige regelgeving met betrekking tot het isoleren van genetisch gemodificeerde organismen (GGO) binnen een laboratorium is noodzakelijk en moet onverkort worden gehandhaafd.

Genetische modificatie moet worden verboden voor experimenten waarvoor een redelijk alternatief beschikbaar is. Handhaving van dit verbod zal in de praktijk alleen realistisch zijn bij experimenten op hogere diersoorten.

Bij experimenten op gewervelde dieren en mensen moet per geval worden gekeken naar de noodzaak versus het belang van het dier/de proefpersoon en het belang van de wetenschap. Om extra procedures te vermijden is het wenselijk deze taak onder te brengen bij de bestaande ethische commissies.

Concreet betekent dit dat deze commissies er een taak bij krijgen. Zij moeten niet langer alleen toetsen op het belang van het experiment versus het welzijn van het dier/de proefpersoon, maar zij moeten ook de toepassing van genetische modificatie in het oog gaan houden. Het is wenselijk dat dergelijke commissies voldoende expertise in huis hebben om deze nieuwe taak te kunnen vervullen. Daarnaast is het wenselijk dat de leden van een DEC voldoende (financiële) onafhankelijkheid krijgen. Zij zijn op dit moment veelal afhankelijk van de directies van de laboratoria voor de hoeveelheid uren die zij kunnen besteden aan de evaluatie van een experiment en voor de ambtelijke ondersteuning. Verder zijn zij veelal afhankelijk van de aanvragers van de dierproef voor het verkrijgen van voldoende achtergrond informatie. Het is zaak deze commissies een meer onafhankelijke rol te geven, en het functioneren van de verschillende lokale commissies periodiek op landelijk niveau te evalueren. Dit zou kunnen worden opgelost door de aanvragers van een dierproef per aanvraag een bedrag te laten betalen. Dergelijke kosten zijn tegelijk een wenselijke prikkel om het aantal proeven terug te brengen en te zoeken naar alternatieven.

Tot slot vindt nu in veel gevallen uitsluitend toetsing vooraf plaats bij experimenten die worden aangevraagd bij een DEC. In het algemeen is het wenselijk ook achteraf na te gaan of een experiment gelopen is conform de aannames in de aanvraag.

Gezien de frequentie waarbij DNA/moleculaire technieken worden toegepast, met name bij eencelligen, in de huidige wetenschap is het praktisch niet haalbaar om elk experiment afzonderlijk te toetsen. Te veel aan vertragende bureaucratie moet, zeker binnen een internationaal zeer dynamische tak van wetenschap, worden vermeden. Tegelijk moet er worden geborgd dat de wetenschappers zelf zich bewust zijn van de ethische vraagstukken binnen hun terrein en is het van belang om vooral de meer controversiële experimenten zorgvuldig te toetsen. We verwachten dat dit met deze maatregelen op adequate wijze kan plaatsvinden.

CDJA

Mark Ruitenbeek, voorzitter werkgroep Volksgezondheid, Welzijn en Sport
Paul Schenderling, oud-dagelijks bestuurslid CDJA en hoofdredacteur Christendemocraat.nl

Resolutie Genetische Manipulatie / Synthetische Biologie

Concluderende dat:

1. Het in toenemende mate mogelijk is de eigenschappen van organismen te veranderen door wijzigingen aan te brengen in het DNA;
2. dit verschillende ethische vragen oproept;
3. dat deze vragen tot op heden onvoldoende aan bod zijn gekomen, doordat de wetenschap zich sneller ontwikkelt dan de politieke en publieke discussie;

4. wetenschappers vaak niet of onvoldoende ethisch geschoold zijn;
5. er in toenemende mate behoefte is aan enige mate van onafhankelijke toetsing van biologische experimenten, waarbij genetische modificatie wordt toegepast. Met name experimenten waarbij gewervelde dieren genetisch worden aangepast zijn controversieel.
6. de dier ethische commissie weinig middelen heeft om de achtergronden van een aanvraag te onderzoeken en de leden geen volledige bezoldiging van rijkswege ontvangen.

Overwegende dat:

1. De mens gehouden is als een goed rentmeester voor de schepping te zorgen;
2. de mens niet is staat is alle consequenties van zijn handelen te overzien en dus met gepaste terughoudendheid dient te handelen in dergelijke aangelegenheden;
3. genetische modificatie van organismen een breed scala aan mogelijkheden biedt op het gebied van geneesmiddelontwikkeling en op het gebied van de milieuvriendelijke productie van grondstoffen voor de industrie;
4. onafhankelijke toetsing van experimenten waarbij genetische modificatie wordt toegepast wenselijk is;
5. door het grote aantal experimenten en de internationale competitie niet alle experimenten vooraf getoetst kunnen worden.

Spreekt uit dat:

1. Genetische modificatie moet worden verboden als via een andere weg dezelfde wetenschappelijke vraag kan worden beantwoord. Dit kan bij experimenten op lagere organismen middels incidentele controle van labjournaals achteraf worden beoordeeld.
2. Genetische modificatie moet worden verboden, tenzij het een belangrijk en spoedeisend maatschappelijk probleem oplost en er geen alternatief bekend is. Onder deze uitzonderingen verstaat het CDJA in ieder geval de ontwikkeling van geneesmiddelen, het aanpakken van milieuvervuiling en het vinden van alternatieven voor fossiele brandstoffen.
3. Genetische modificatie van menselijke cellen en de productie van embryonale stamcellen alleen mogelijk dient te zijn, indien de minister hier expliciet toestemming voor heeft verleend. Hij moet dit per geval bekijken en de Tweede Kamer vooraf informeren over zijn voorgenomen besluit. De huidige regelgeving omtrent het kloneren van menselijke cellen en de productie van embryonale stamcellen moet derhalve worden aangescherpt.
4. Het noodzakelijk is om experimenten waarbij genetische modificatie van gewervelde dier soorten nodig is in alle gevallen vooraf en achteraf door een onafhankelijke commissie te laten toetsen. In deze toetsing moet de onwenselijkheid van de techniek worden afgewogen tegen het belang van het experiment en tegen de kans op succes van het experiment.
5. De dier ethische commissie voldoende middelen krijgt om haar taken goed en onafhankelijk uit te voeren.
6. Het vak ethiek een prominentere plaats in dient te nemen in scholing van academici actief op het gebied van synthetische biologie.

En gaat over tot de orde van de dag.





De Jonge Socialisten beschouwen synthetische biologie als een tak van wetenschap die veel potentie heeft, bijvoorbeeld voor de gezondheidszorg en milieudoelinden. We zien echter ook problemen met betrekking tot synthetische biologie: ethische vragen aangaande synthetisch leven en problemen met de veiligheid rondom synthetische biologie. In dit pamflet komt aan de orde hoe we de positieve mogelijkheden van synthetische biologie kunnen stimuleren, met welke aspecten we moeite hebben en hoe met deze problemen omgegaan kan worden. Omdat synthetische biologie zoveel mogelijkheden biedt, is het belangrijk dat Nederland meegaat, of zelfs de leiding neemt, in het onderzoek in de synthetische biologie. De regering moet daarom het onderzoek niet onnodig belemmeren met bureaucratie, en beslissingen aangaande synthetische biologie laten maken door onbevooroordeelde specialisten op dit terrein. De bestaande overheidsregulering op het gebied van onderzoek is meer dan voldoende: op dit moment worden dezelfde standaarden toegepast als in het onderzoeksgebied van de genetische modificatie (GM), en deze standaarden volstaan. Afzonderlijke regulering is niet nodig.

De meest gevoelige dimensie van synthetische biologie is waarschijnlijk de ethische dimensie. Omdat elk geval anders is, moeten we de ethische vragen rondom synthetische biologie niet in zijn geheel bekijken, maar we elk geval afzonderlijk beschouwen. Verder zullen er toepassingen en onderzoeken zijn die soms controversieel zijn, terwijl diezelfde toepassingen en onderzoeken op een ander moment wél positief worden gezien. De beste manier om hiermee om te gaan is volgens ons om te wachten tot de publieke opinie verandert in het voordeel van het onderzoek, in plaats van onderzoek te doen dat niet strookt met de publieke opinie.

Natuurlijk is er, zoals bij bijna elke technologie, sprake van een 'dual use-probleem'. Hoewel we het risico op misbruik erg serieus nemen, is het erg lastig om misbruik te voorkomen en in het bijzonder om daar het onderzoek niet door te vertragen. Een ander lastig probleem waar we rekening mee moeten houden is de risicofactor die synthetische biologie met zich meebrengt. Er zijn veel zaken die mis kunnen gaan, zoals de uitbraak van een synthetisch virus. Deze problemen kunnen we het beste aanpakken door meer helderheid te creëren, in plaats van door het onderzoek naar synthetische biologie te staken.

Samengevat: de Jonge Socialisten willen het onderzoek naar synthetische biologie stimuleren door regelgeving te beperken. Verder moeten alle ethische kwesties rondom synthetische biologie individueel bekeken worden, moeten we bij beslissingen over ethische kwesties rekening houden met de publieke opinie en helderheid garanderen.

Ideeën voor stellingname:

- 1 Bij ethische kwesties moet over elk geval afzonderlijk beslist worden, niet over synthetische biologie als geheel – simpelweg omdat synthetische biologie een zeer dynamisch onderwerp is. Het is mogelijk om voorstander van synthetische biologie te zijn als het gaat om het ontwikkelen van nieuwe medicijnen, en tegenstander als het gaat om het creëren van levend speelgoed of gevaarlijke ziekten.
- 2 Hoewel onderzoek naar synthetische biologie mogelijk gevaarlijke gevolgen kan hebben, moeten we er toch mee doorgaan, alsmede met onderzoek naar andere potentieel schadelijke *technologieën*.

Ten eerste: als we zouden stoppen met alle technologieën die mogelijk gevaarlijk zouden kunnen zijn, dan kunnen we met bijna elke technologie stoppen. Ten tweede: we hechten veel waarde aan academische vrijheid, en willen deze graag bewaren (enkele extremen uitgezonderd). Ten derde: hoewel synthetische biologie potentiële gevaren met zich meebrengt, biedt het ook positieve mogelijkheden.

- 3 Instanties die zich bezighouden met synthetische biologie moeten onder streng toezicht staan van de overheid (bijvoorbeeld aangaande nieuwe projecten, veiligheid of hygiëne). Hoewel instanties academische vrijheid moeten hebben, moet onderzoek wel op verantwoorde wijze uitgevoerd worden. Daarom moet een overheidsinstantie toezicht houden op onderzoek in de synthetische biologie, om onverantwoord onderzoek te voorkomen.
- 4 We moedigen instanties aan om hun ontdekkingen vrijelijk te delen, maar elke persoon en instantie moet het recht hebben om zijn of haar ontdekkingen te patenteren.

We moedigen instituties aan om hun ontdekkingen te delen zonder daarvoor kosten in rekening te brengen bij de gebruikers. Dit zal het onderzoek naar synthetische biologie versnellen, wat tot nuttige en wellicht levensreddende toepassingen kan leiden. Aan de andere kant moeten onderzoekers het recht hebben om hun bevindingen te kunnen patenteren; zij hebben immers het recht op intellectueel eigendom en het patenteren van ontdekkingen valt hier tevens onder (hoewel er in sommige gevallen uitzonderingen gemaakt kunnen worden om vrijelijk gebruik te maken van intellectuele eigendom).

- 5 Synthetische biologie en genetische modificatie moeten als één geheel gereguleerd worden (dat wil zeggen dat de regels met betrekking tot veiligheid en hygiëne gelijk gesteld moeten worden voor synthetische biologie en GM). De mogelijke gevaren van de uitbraak van een gemodificeerd organisme immers gelijk aan de mogelijke gevaren van de uitbraak van een synthetisch organisme; daarom kunnen wat betreft veiligheidskwesties dezelfde regels worden toegepast.



Volgens velen staat de wereld een hele reeks aan nieuwe ontwikkelingen op het gebied van biotechnologie te wachten. In plaats van het verbeteren van bestaande levensvormen houdt synthetische biologie in dat we zelf leven maken. Met behulp van dit soort biotechnologie kunnen we in de toekomst organismen creëren die voor geheel nieuwe doeleinden gebruikt kunnen worden.

De Jonge Democraten juichen deze ontwikkeling toe. Voor het oplossen van de grote vraagstukken van deze tijd hebben we technologie nodig. Synthetische biologie kan een belangrijke rol spelen bij de aanpak van mondiale problemen zoals voedselschaarste, onze toekomstige energievoorziening en milieuvervuiling. Problemen als bevolkingsgroei, klimaatverandering en de mondiale crisis op het gebied van biodiversiteit betekenen dat we het ons niet kunnen veroorloven om tijd te verliezen of welke innovatie dan ook uit te sluiten.

De Jonge Democraten zijn van mening dat biotechnologie in het algemeen, en synthetische biologie in het bijzonder, gelijkgesteld moet worden aan andere toegepaste wetenschappen, en niet begrensd worden door speciale beperkingen. Ondanks dit uitgangspunt, zijn we ons er wel degelijk van bewust dat synthetische biologie vragen oproept over biosecurity en biosafety, intellectueel eigendom en ethiek. In de volgende alinea's gaan we in op deze vragen.

De jonge democraten zijn niet van mening dat synthetische biologie speciale ethische problemen oproept. Leven op zichzelf is niet per se ethisch beladen. Naar onze mening zijn er geen goede redenen voor een moratorium op het veranderen, scheppen en herscheppen van leven, enkel en alleen omdat het om 'leven' gaat. De hedendaagse wetenschap laat zien dat het fenomeen 'leven' een kwestie van op elkaar inwerkende moleculen is, net als elke andere nanomachine. Daarmee is leven een fysiek fenomeen, dat kan en moet het onderworpen worden aan onderzoek en ontwikkeling. Dat wil niet zeggen dat we bepaalde levensvormen, zoals een mensenleven, niet speciale bescherming waard vinden, maar wel dat synthetische biologie ethisch gezien niet wezenlijk anders is dan andere vormen van nanotechnologie.

Een wetenschapper of uitvinder kan, wanneer hij of zij iets nieuws heeft ontwikkeld of een uitvinding heeft gedaan, het intellectuele eigendom daarvan claimen. Een nieuwe uitvinding ontstaat altijd door het herschikken van bestaande natuurelementen en moleculen. Wat dit betreft is er geen verschil tussen een synthetische cel en een nanomachine. Beide zijn door wetenschappers gemaakt uit basismaterialen, en vormen in feite dus eerder een uitvinding dan een ontdekking. Daarom vinden wij dat synthetisch leven niet verschilt van welke andere fysieke machine dan ook – en daarom ook dat het gepatenteerd moet kunnen worden. We beseffen dat het moeilijk zal zijn om een grens te trekken tussen nieuw ontwikkelde levensvormen en verschillende fases van gemodificeerde levensvormen. Op dit punt zal er daarom gekeken moeten worden naar individuele gevallen en zal jurisprudentie zich aandienen.



Als het over bioveiligheid gaat, kunnen we een onderscheid maken tussen veiligheid in onderzoekslaboratoria en de veiligheid op het gebied van toepassingen van de technologie. Er zijn verschillende betrouwbare manieren om organismen te beperken tot een leven in het lab, en daarom is het vooral de tweede categorie die ons zorgen baart. Gezien de mogelijkheden die synthetische biologie biedt voor het welzijn van de samenleving, zijn we bereid om deze risico's, binnen bepaalde grenzen, te accepteren. In principe vertrouwen we erop dat wetenschappers verantwoorde keuzes maken. Een zeer uitgebreide regelgeving op dit gebied is daarom niet nodig, en zal vanwege de hoge snelheid van de ontwikkelingen in het onderzoek vaak ook niet voldoen. Wetenschappers moeten echter laten zien dat ze ons vertrouwen verdienen, en aantonen dat ze de nodige veiligheidsprocedures hanteren. We denken aan een beoordeling achteraf van onderzoek in de synthetische biologie. Deze moet elke twee jaar vernieuwd worden en zal toegekend worden door een commissie bestaande uit ecologen, toxicologen, biotechnologen en ethici.

Net als andere vormen van technologie kan synthetische biologie voor verkeerde doeleinden gebruikt worden. De ontwikkeling van biologische wapens is, vanwege de lage kosten, een mogelijk risico. Bij het beschouwen van dit risico moeten we ons echter realiseren dat het redelijk moeilijk is om pathogeniciteit te bereiken. Het is onwaarschijnlijk dat er op de korte en middellange termijn organismen geproduceerd kunnen worden die schadelijker zijn dan de vele giftige organismen die al in de natuur bestaan, zoals antrax of de pest. Daarbij is het erg moeilijk om een specifiek pathogeen geïsoleerd in te brengen bij een beperkte groep mensen. Hoewel we de risico's van bioterrorisme dus niet al te groot inschatten, is het toch belangrijk om rekening te houden met dergelijke gevaren. Het beperken van de verspreiding van kennis of het uitgebreid screenen van wetenschappers is volgens ons echter niet het antwoord. Om schadelijke ontwikkelingen tegen te gaan is openheid een betere oplossing. Schadelijke praktijken komen zo aan het licht en de wetenschappelijke gemeenschap heeft de kans om snel met tegenstrategieën te komen.

Stellingen:

- 1 Synthetische biologie biedt ongekeende mogelijkheden voor de mensheid, die we niet aan ons voorbij kunnen laten gaan.
2. Een cel is niks meer dan een machine, die we mogen veranderen en creëren.
3. Leven heeft geen speciale (juridische) status, en kan dus gepatenteerd worden.
4. Er zijn geen technologieën die geen risico's met zich meebrengen, wel is er de verplichting om deze risico's te minimaliseren.
5. Heb vertrouwen in wetenschappers. Zij dragen de grootste verantwoordelijkheid op het gebied van veiligheid en zijn ook onderwerp van kritische evaluaties achteraf.
6. Transparantie is het beste middel tegen misbruik.



De Homer Simpson in ons allen

Waarom de natuur niet verbeterd hoeft te worden met synthetische biologie

Een veelgehoord argument voor synthetische biologie is dat het ons in staat stelt om de fouten der natuur te herstellen. Zo zouden we sterkere gewassen kunnen produceren, of vee dat beter bestand is tegen stress. We zouden zelfs onze eigen fout om de dodo uit te roeien terug kunnen draaien. Of micro-organismen maken die nieuwe ijskappen kunnen bouwen op de Noordpool. En waarom zouden we het daarbij laten? We zouden van allerlei pijnlijke tekortkomingen van het leven af kunnen komen, zoals de verstandskies en misschien zelfs weeën bij de bevalling. Hoewel het verleidelijk klinkt, denk ik dat het onverstandig is om dit te doen. Het is veel meer van belang dat we goed naar onze prioriteiten gaan kijken.

Laat ik eerst dit zeggen: ik geloof niet dat de natuur perfect is. Als evolutionist weet ik dat de natuur vele tekortkomingen heeft. Maar het zou naïef zijn om te denken dat de mens die simpelweg kan uitwissen. Dat niet alleen, het kan zelfs rampzalige gevolgen hebben. Ik zeg dit vanwege een van de opvallendste gebreken van de natuur: de menselijke geest zelf. Onze rede is beperkt.

Grote denkers hebben ons verteld dat onze economie bepaald zou moeten worden door ons rationele, zelfdienende gedrag. De homo economicus. De mensen op Wall Street bleken inderdaad zelfdienend te zijn - maar niet altijd even rationeel. Het bracht onze economie naar de afgrond. Even grote denkers hebben ons verteld dat in moderne kerncentrales de kans op een nucleaire ramp ongeveer één op een triljoen was. Maar in 2010 gebeurde het toch, in een kerncentrale in Japan, en niet voor het eerst. Dat lag niet aan gebrekkige technologie, maar aan menselijke fouten. Dit komt doordat we allemaal een kleine, innerlijke Homer Simpson hebben. Wanneer we te maken krijgen met een nieuwe technologie, dan moeten we onszelf afvragen of we wel in staat zijn om daar op een veilige manier mee om te gaan.

Natuurlijk hebben we als mensheid geweldige dingen bereikt met behulp van technologie. We hebben apparaten gemaakt die onze levens makkelijker en aangenamer maken. We hebben wereldwijde communicatiesystemen gemaakt, en zijn zelfs naar de maan geweest. Toch lijken we niet in staat om iets te doen aan wereldwijde problemen zoals de klimaatverandering, of om een manier te vinden om de welvaart eerlijker te verdelen. We zijn nauwelijks in staat om de globale samenleving in een gewenste richting te sturen. Hoe kan dat? Ik zou zeggen dat het komt doordat onze genialiteit vooral naar voren komt in het werk van uitzonderlijke individuen, en dat onze irrationaliteit duidelijk wordt wanneer we falen om ons als een groep te gedragen. We prefereren over het algemeen de korte termijn boven de lange termijn, de makkelijke weg boven de moeilijke, en onze eigen bevrediging boven het gezamenlijke belang. Wanneer een nieuwe technologie beschikbaar wordt, doet de samenleving ermee wat ze wil, en



de gevolgen daarvan zijn vaak moeilijk te voorspellen. Het is al eerder gezegd dat een technologie op zich nooit goed of slecht is. Of technologie wel of niet wenselijk is, wordt bepaald door hoe de samenleving die toepast. Technologie zal nooit voor een perfecte wereld kunnen zorgen zolang mensen imperfecte keuzes maken. Om een idee te krijgen hoe de samenleving om zal gaan met de synthetische biologie, kunnen we kijken naar hoe we in het verleden gebruik hebben gemaakt van traditionele fokmethoden.

We kunnen bijvoorbeeld kijken naar de dieren die we voor onze voedselvoorziening gebruikten: kippen die zo veel eieren leggen dat hun botten broos en breekbaar worden. Varkens die meer biggetjes krijgen dan het aantal tepels dat ze hebben. Koeien met zulke grote uiers dat ze niet fatsoenlijk kunnen gaan liggen. Maar zelfs onze huisdieren waar we zoveel van houden lijden aan erfelijke ziektes. Perzische katten met platte neusjes waar ze nauwelijks door kunnen ademen. Hondenrassen met ziektes zoals het wobblersyndroom of reverse sneezing. We kunnen dieren zo veranderen dat ze aan onze wensen voldoen, maar het is erg lastig om te weten (vooral vooraf) wat zo'n verandering voor het dier betekent. Weten wij echt wel hoe we de natuur kunnen verbeteren?

Ook wat betreft het onder controle houden van technologieën scoren we niet zo goed. Genetisch gemanipuleerde voedselingrediënten zijn in zo'n rap tempo verspreid dat consumenten in feite verplicht worden om voedsel te consumeren dat genetisch gemanipuleerde organismen bevat. In bijna elk winkelwagentje liggen producten die genetisch gemanipuleerde soja bevatten – en dat terwijl de meerderheid van de mensen in Europa dit niet in hun eten wil hebben en de langetermijneffecten op de biodiversiteit onduidelijk zijn.

We weten nauwelijks wat goed is voor onszelf, maar denken wel te weten wat goed is voor de natuur. In de arrogantie waarmee we denken onze eigen, verbeterde versie van de natuur te kunnen maken, lijken we niet stil te staan bij de rijkdom die de conventionele natuur ons te bieden heeft. Veel van onze medicijnen worden ons aangereikt door de natuur. Van alle eetbare planten die de aarde te bieden heeft, gebruiken wij naar schatting nog niet eens één procent. We hebben deze planten gemanipuleerd om ze in grote monoculturen te kunnen verbouwen. Drie daarvan – rijst, mais en tarwe – vormen 60% van de planten die we dagelijks eten. De diversiteit van het leven op aarde – met name diep in de zee en in de regenwouden – heeft nog zoveel te bieden waar we geen weet van hebben. En toch lijken we het allemaal met een enorme snelheid te verwoesten. Voordat we beginnen met het creëren van Natuur 2.0, is het tijd dat we eerst eens het origineel leren te waarderen.

Zijn we er klaar voor om met synthetische biologie om te gaan? Hoewel synthetische biologie veelbelovend is, brengt het ook de nodige risico's met zich mee. Daarbij hebben we het niet eens nodig om de vele problemen op te lossen waar we op dit moment mee geconfronteerd worden. De honger in derdewereldlanden is geen kwestie van een productietekort, maar van een probleem met de distributie. Waarom richten we ons dan zo sterk op het vergroten van de voedselopbrengsten? Hetzelfde geldt voor milieuvraagstukken. De oplossing ligt binnen handbereik en is te vinden in het aanpassen van ons gedrag en onze consumptiepatronen. Toch blijven we, ten koste van onszelf, proberen de wereld om ons heen te veranderen. Het is niet de natuur die wij moeten verbeteren, maar onszelf.

Over de auteurs

Virgil Rerimassie LLM, MA (1986) werkt vanaf februari 2011 als onderzoeker bij de afdeling Technology Assessment van het Rathenau Instituut. Hij werkt aan projecten over opkomende technologieën als synthetische biologie en nanotechnologie. Virgil studeerde Nederlands Recht aan de Universiteit van Maastricht en specialiseerde zich in het staats- en bestuursrecht. Aan dezelfde universiteit studeerde hij tevens 'European Studies on Society, Science and Technology' (ESST). Voordat hij aan de slag ging bij het Rathenau Instituut, was Virgil werkzaam als rijkstraineë bij het ministerie van VROM.

Dr. Dirk Stemering (1951) is sinds oktober 2008 als senior onderzoeker werkzaam bij de afdeling Technology Assessment van het Rathenau Instituut. Hij houdt zich bezig met ontwikkelingen op het gebied van de biotechnologie, genomics en synthetische biologie. Dirk is opgeleid als bioloog en promoveerde aan de Universiteit Maastricht op een proefschrift over de geschiedenis van de biologie. Sindsdien heeft Dirk zich als universitair docent en onderzoeker aan de Universiteit Twente op uiteenlopende manieren bezig gehouden met vraagstukken op het snijvlak van biowetenschap en samenleving. Als lid van twee commissies van de Gezondheidsraad heeft Dirk meegewerkt aan adviezen op het terrein van preconceptiezorg (2007) en bevolkingsonderzoek (2008).

Wie was Rathenau?

Het Rathenau Instituut is genoemd naar professor dr. G.W. Rathenau (1911-1989). Rathenau was achtereenvolgens hoogleraar experimentele natuurkunde in Amsterdam, directeur van het natuurkundig laboratorium van Philips in Eindhoven en lid van de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid. Hij kreeg landelijke bekendheid als voorzitter van de commissie die in 1978 de maatschappelijke gevolgen van de opkomst van micro-elektronica moest onderzoeken. Een van de aanbevelingen in het rapport was de wens te komen tot een systematische bestudering van de maatschappelijke betekenis van technologie. De activiteiten van Rathenau hebben ertoe bijgedragen dat in 1986 de Nederlandse Organisatie voor Technologisch Aspectenonderzoek (NOTA) werd opgericht. NOTA is op 2 juni 1994 omgedoopt in Rathenau Instituut.



Een goedkoop malariamedicijn dat geproduceerd wordt door kunstmatige bacteriën, genetisch gemodificeerde superalgen die biobrandstoffen maken, het terugbrengen van uitgestorven diersoorten, of zelfs het creëren van kunstmatig leven. Synthetische biologie belooft een wereld aan mogelijkheden, maar waar willen we als samenleving naartoe met dit nieuwe wetenschapsgebied?

Vijf jaar nadat het Rathenau Instituut het rapport *Leven maken* publiceerde, maken we opnieuw de balans op. Van een politiek en maatschappelijk debat over synthetische biologie is het nog nauwelijks gekomen. Daarom organiseerde het Rathenau Instituut afgelopen jaar een *Meeting of Young Minds*: een debat tussen 'synthetisch biologen van de toekomst' en 'Nederlandse politici van de toekomst'.

Het resultaat was een levendige en leerzame discussie waarvan we in deze publicatie verslag doen. Daarnaast geven we een overzicht van de laatste ontwikkelingen in de synthetische biologie en van omstreden maatschappelijke kwesties die dit boeiende nieuwe wetenschapsgebied heeft opgeroepen. Met *Politiek over leven* nodigt het Rathenau Instituut partijpolitieke en maatschappelijke organisaties uit om actief bij te dragen aan de publieke meningsvorming over synthetische biologie.

ISBN 978-90-77364-43-7



9 789077 364437 >