

Synthetische Biologie: een inleiding

Ten Geleide

Wat is synthetische biologie eigenlijk? Die vraag stel ik wel eens in geleerd en minder geleerd gezelschap, gewoon om te weten te komen wat men van het onderwerp weet. Doorgaans zijn de antwoorden ronduit teleurstellend, waarbij de mate van geleerdheid er niet zo veel toe doet. Synthetische biologie is echter een belangrijk wetenschapsgebied waarin op dit moment grote en snelle ontwikkelingen plaatsvinden. Deze ontwikkelingen en zich aftekende toekomstperspectief zijn niet alleen spannend, maar roepen ook vragen op over toepasbaarheid en niet in de laatste plaats veiligheid

Om die reden is het een goed idee om de inleidende tekst die we met de European Academies Science Advisory Council (EASAC) hebben laten maken op basis van het rapport 'Realising European Potential in Synthetic Biology: Scientific Opportunities and Good Governance' beschikbaar te stellen aan een breed publiek. Het EASAC rapport bouwde deels voort op een eerder rapport van de KNAW en Raad voor Gezondheidsonderzoek en Gezondheidsraad in 2008 over synthetische biologie.

We hopen dat met deze inleiding in een behoefte wordt voorzien en een bijdrage wordt geleverd aan de wenselijke dialoog tussen wetenschappers en publiek.

Prof. dr. Jos W.M. van der Meer

Vice voorzitter EASAC
Vice president KNAW (2005-2011)

Voorwoord

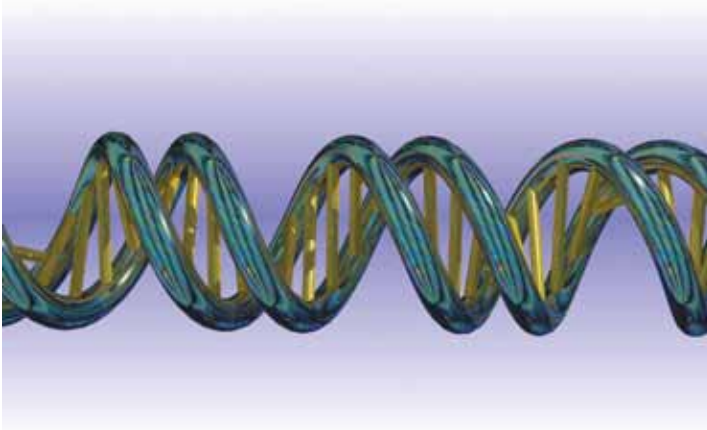
De European Academies Science Advisory Council (EASAC) bestaat uit de nationale academies van wetenschappen van de EU-lidstaten. Via EASAC kan de gehele Europese wetenschap met één stem spreken en kan gezamenlijk advies worden uitgebracht aan Europese beleidsmakers.

Gezien het wetenschappelijke, vernieuwende en commerciële potentieel van de synthetische biologie, heeft EASAC een werkgroep ingesteld van onafhankelijke deskundigen uit de hele EU. De werkgroep heeft een rapport uitgebracht met de titel 'Realising European Potential in Synthetic Biology: Scientific Opportunities and Good Governance'. Het rapport, dat ten dele voortbouwt op eerdere publicaties van de afzonderlijke nationale academies, gaat in op de stand van zaken in de synthetische biologie en zet uiteen waarom en hoe de EU-landen kunnen en moeten bijdragen tot de toekomstige ontwikkeling van dit vakgebied. Het rapport is beschikbaar op de website van EASAC (www.easac.eu).

Dit document is een samenvatting van het volledige EASAC-rapport en geeft een overzicht van de belangrijkste inhoud en conclusies.

Inleiding

Veel recente ontwikkelingen in de biologie hebben niet alleen geleid tot belangstelling, maar ook tot wantrouwen, agressie en soms zelfs angst. Sommige van deze ontwikkelingen, zoals in-vitrofertilisatie, zijn inmiddels op brede of zeer brede schaal aanvaard. Van andere ontwikkelingen, zoals genetische modificatie van organismen of het onderzoek naar menselijke embryonale stamcellen, moeten veel mensen nog worden overtuigd van veiligheid, wenselijkheid of zelfs noodzaak. De synthetische biologie, met als een van de doelen om levende systemen te ontwerpen uit niet-levend materiaal, spreekt tot de verbeelding en heeft zowel in maatschappelijk als in wetenschappelijk opzicht veel te bieden. Uit krantenkoppen blijkt dat sceptische vragen en negatieve reacties niet zijn uitgebleven. Dat de persaandacht tot dusver relatief bescheiden is, komt waarschijnlijk door het feit dat het vakgebied nog in de kinderschoenen staat. Als er meer vooruitgang wordt geboekt in de synthetische biologie, zullen de controversen vermoedelijk toenemen. Dat is één van de redenen waarom de auteurs van het EASAC-rapport pleiten voor een dialoog tussen wetenschappers



Beeld: Peter Artymiuk/Wellcome Images

Model van een DNA-dubbele helix

en het publiek over de toekomst van de technologie en de potentiële voordelen ervan. Een dergelijke uitwisseling van ideeën, gebaseerd op wetenschappelijke inzichten, biedt de beste kans op een situatie waarin het publiek zich een realistisch oordeel kan vormen over de – soms sensationeel gepresenteerde – risico's. Dit korte document is bedoeld als bijdrage aan die dialoog.

Wat is synthetische biologie?

Synthetische biologie past technologische principes op de biologie toe. Daarbij kan het gaan om het herontwerpen van een levend systeem zodat het iets gaat doen dat het van nature niet doet, bijvoorbeeld het aanmaken van een bepaalde stof. Nog ambitieuzer zijn de verder gaande pogingen om volledig nieuwe levende systemen te maken, waarbij men leven maakt uit niet-levend materiaal.

Het veranderen van levende organismen – zoals met behulp van recombinant-DNA-technologie ('genetische modificatie') – is op zichzelf niet nieuw. De synthetische biologie heeft dus een overlap met andere wetenschappelijke disciplines. Maar de uiteindelijke ambitie van dit vakgebied is groter, namelijk het ontwerpen van levende organismen die tegemoetkomen aan de wensen en behoeften van de mens.

Het onderzoek in de synthetische biologie is nog maar tien jaar oud. De eerste onderzoeksgroep Synthetische Biologie bij een belangrijke onderzoeksinstituting (het Lawrence Berkely National Laboratory in de VS) werd geopend in 2003. Hoewel het onderzoek in eerste instantie werd gedomineerd door Amerikaanse wetenschappers, zijn er tegenwoordig ook actieve Europese onderzoeksgroepen.

De ontwikkelingen gaan snel. Een recente mijlpaal werd in 2010 bereikt toen onderzoekers onder leiding van de Amerikaanse bioloog Craig Venter beschreven hoe ze een synthetisch genoom (een nieuwe set van genetische instructies), hadden getransplanteerd in een dragercel. Hoewel geroemd als de eerste geslaagde poging om leven te maken, was dit strikt genomen niet het geval. Het DNA dat de set van genetische instructies vormde en dat door Venter en zijn collega's werd gebruikt, was inderdaad afkomstig uit niet-levend materiaal, maar de cel waarin dit DNA werd overgebracht, was in feite het omhulsel van een bestaande bacterie *Mycoplasma mycoides*, waaruit men de oorspronkelijke inhoud had verwijderd. Wat de onderzoekers hadden gedaan, was zoiets als het plaatsen van een nieuwe motor in een auto, maar een nieuwe auto hadden ze niet gebouwd. Desondanks was het onderzoek een belangrijke illustratie van de mogelijkheden die de synthetische biologie biedt.

Waarom synthetische biologie?

Voor sommige wetenschappers is technologie een doel op zich: een nieuwe manier om levende systemen te bestuderen en te ontdekken hoe ze werken. Omdat synthetische systemen veel eenvoudiger kunnen worden gemaakt dan hun natuurlijke tegenhangers, kunnen onderzoekers dus experimenten doen die anders lastig uit te voeren en misschien onmogelijk te interpreteren zouden zijn.

Voor de samenleving ligt het belang van de synthetische biologie in het maatschappelijke en commerciële potentieel ervan. Volgens een recente schatting zou de markt voor synthetische biologie in 2013 wereldwijd 2,4 miljard dollar kunnen bedragen, met toepassingen uiteenlopend van de geneeskunde tot de landbouw. Enkele mogelijke toepassingen zijn:

- *Energie*
Op maat gemaakte microben om waterstof en andere brandstoffen te produceren of om een artificiële fotosynthese uit te voeren.
- *Geneeskunde*
Het vervaardigen van geneesmiddelen, vaccins en diagnostica, en het maken van nieuw weefsel.
- *Milieu*
Het opsporen van vervuilende stoffen, en de afbraak of verwijdering daarvan uit het milieu.
- *Chemische industrie*
Het produceren van fijn- of bulkchemicaliën, inclusief eiwitten als alternatief voor natuurlijke of bestaande synthetische vezels.
- *Landbouw*
Nieuwe voedseladditieven.



Beeld: Thomas Deerinck, NCMIR / Science Photo Library

Rasterelektronenmicroscopische kleurenafbelding van synthetische mycoplasma bacteriën

De vraag is welke van deze toepassingen als eerste haar intrede zal doen op de markt; biobrandstoffen worden door veel deskundigen als goede kanshebber beschouwd. De synthetische biologie kan bijdragen tot een snellere ontwikkeling van biobrandstoffen van de 'tweede generatie', die kunnen worden gemaakt uit landbouwfval en plantenresten en dus niet met consumptiegewassen hoeven te concurreren om landbouwgrond.

Wat verwachten we van de synthetische biologie?

Uit een recente studie in opdracht van de Britse Royal Academy of Engineering naar de perceptie van de synthetische biologie bij het publiek bleek dat de kennis over de synthetische biologie beperkt is. Maar nadat mensen informatie hadden gekregen over synthetische biologie, waren ze zeer geïnteresseerd in het vooruitzicht dat er micro-organismen zouden kunnen worden ontwikkeld voor de productie van biobrandstoffen en geneesmiddelen. Er was echter ook sprake van bezorgdheid, bijvoorbeeld over het bewust vrijlaten van kunstmatige organismen in het milieu om vervuiling te bestrijden. En hoewel men vond dat er regelgeving moest komen voor de synthetische biologie, beseftte men ook dat een teveel aan regelgeving een verstikkend effect zou kunnen hebben op de ontwikkeling van het vakgebied.

Waarom heeft EASAC een rapport geschreven over synthetische biologie?

Een toenemend aantal wetenschappers in de EU houdt zich bezig met synthetische biologie, en diverse leden van EASAC hebben er de afgelopen tijd wetenschappelijke bijeenkomsten over georganiseerd of artikelen over gepubliceerd. Het is echter beslist noodzakelijk om meer onderzoek te stimuleren en om een samenhangende strategie op EU-niveau vast te stellen. Het is om die redenen, en vanwege de snelheid waarmee de synthetische biologie zich ontwikkelt, dat EASAC de analyses en gezichtspunten van een aantal van haar lidorganisaties in een rapport heeft gebundeld.

Het rapport gaat ook in op enkele beleidsthema's: de bijdrage die de synthetische biologie kan leveren aan de economische groei; de wetenschappelijke en technische uitdagingen die overwonnen moeten worden om alle kansen te benutten; de noodzakelijke scholing en investeringen in onderzoek en ontwikkeling; de te verwachten obstakels,

waaronder onbegrip of felle weerstand onder het publiek; de eventuele behoefte aan nieuwe regelgeving op het gebied van biologische veiligheid en productontwikkeling; en de perspectieven voor de Europese synthetische biologie gezien de wereldwijde concurrentie.

Wat voor onderzoek willen de wetenschappers doen?

In de synthetische biologie is sprake van verschillende doelen en methoden. Sommige daarvan worden gedeeld met andere takken van de biologie, waardoor een zuivere definitie van synthetische biologie onmogelijk is.

Sommige wetenschappers streven ernaar een groep moleculen samen te stellen die kunnen samenwerken om bijvoorbeeld een nieuwe chemische stof te maken. Deze groep moleculen zou in een levend organisme kunnen worden ingebracht om dat organisme te veranderen en het iets anders te laten maken dan normaal. Er zijn ook wetenschappers die verder willen gaan en volledig nieuwe, zichzelf in stand houdende en zichzelf voortplantende kunstmatige organismen willen ontwerpen.

Het EASAC-rapport beschrijft enkele voorbeelden van de verschillende soorten aanpak die in de synthetische biologie worden toegepast.

Minimale genomen

Het doel hier is om vast te stellen hoeveel genen een organisme minimaal nodig heeft om te overleven. Het meeste onderzoek is uitgevoerd op bacteriën waarvan de genen achtereenvolgens werden uitgeschakeld, zodat duidelijk wordt welke noodzakelijk zijn voor het voortbestaan en welke niet. Volgens de eerste schattingen zou het minimum aantal 500 tot 800 genen zijn, maar uit recenter onderzoek blijkt dat 300 tot 400 genen al voldoende zijn. Met deze kennis wordt het mogelijk om 'celfabrieken' te ontwerpen en te bouwen. De output van deze fabrieken zal afhangen van welke extra genen er worden toegevoegd aan het minimaal vereiste aantal om het organisme in leven te houden. Als precies bekend is welke genen waarvoor verantwoordelijk zijn, kan de biotechnoloog niet alleen nieuwe en gespecialiseerde organismen ontwerpen door ongewenste genen te elimineren, maar ook geheel nieuwe kunstmatige organismen bouwen. Men zou zich voor de toekomst een soort kerngenoom kunnen voorstellen dat vanuit voorraad

verkrijgbaar is. Biotechnologen kunnen aan dit kerngenoom dan die elementen toevoegen die nodig zijn om het een specifieke taak te laten uitvoeren. Een veelbesproken voorbeeld is een bacterie die is ontworpen om waterstof of een andere brandstof te produceren. Het aantal mogelijke toepassingen is immens.

Orthogonale biosystemen

De genetische informatie die alle levende systemen nodig hebben om te functioneren, wordt in gecodeerde vorm opgeslagen in de specifieke volgorde van de vier soorten bouwstenen die samen de lange ketens van DNA-moleculen vormen. Onderzoekers hebben op verschillende manieren geëxperimenteerd om het systeem zodanig te veranderen dat het instructies kan verwerken voor het produceren van soorten eiwitten die niet in de natuur voorkomen. Een nog radicaler idee is om alternatieven voor DNA te synthetiseren en te gebruiken om een heel nieuw soort genetisch materiaal te maken. Zo'n alternatief molecuul moet eigenschappen hebben die vergelijkbaar zijn met die van DNA (zoals informatieopslag, vermogen om zichzelf te repliceren, enz.) en moet zich op een vergelijkbare manier gedragen. Het zou kunnen zijn dat er geen interactie mogelijk is tussen levende organismen die op een dergelijk alternatief berusten en gewone (op DNA gebaseerde) vormen van leven. Dit zou potentiële veiligheidsvoordelen kunnen opleveren.

Metabolische routes ontwerpen

Een andere toepassing van de synthetische biologie is het ontwerpen van nieuwe biosynthetische routes om nuttige stoffen te produceren die levende organismen van nature niet aanmaken. Een bekend voorbeeld is het gebruik van gemodificeerde gistcellen of de bacterie *Escherichia coli* om artemisinine-zuur te produceren. Dit zuur is een voorloper van het malariageneesmiddel artemisinine, dat van oudsher (maar in onvoldoende hoeveelheden) wordt gewonnen uit de plant *Artemisia annua*. Volgens een bepaalde schatting zouden de productiekosten met 90% kunnen dalen als artemisinine met behulp van gistcellen kan worden gemaakt.

Andere voorbeelden van metabolische 'engineering' zijn: de productie van het antikankermiddel taxol in de gist *Saccharomyces cerevisiae*;

het maken van een voorloper voor spinzijdedraad met behulp van de bacterie *Salmonella typhimurium*; het maken van tweede generatie biobrandstoffen in gist en de synthese van het hormonale geneesmiddel hydrocortison uit glucose, wederom in gistcellen.

Regulerende circuits

De natuurlijke activiteit van cellen wordt bestuurd door circuits van genen. Die circuits lijken in hoge mate op elektronische circuits. Een methode om cellen nieuwe dingen te laten doen, berust dus op het ontwerpen van een nieuw intern circuit om het activiteitenpatroon te veranderen. Door bekende genetische componenten als moleculaire schakelaars te gebruiken, zou het mogelijk moeten zijn om kunstmatige netwerken van genen te ontwerpen. Als dergelijke netwerken onderling worden gekoppeld en worden ingebracht in een natuurlijk systeem, kunnen ze gebruikt worden om aan te sturen wat zulke systemen doen, wanneer ze dat doen en hoe vaak. Een dergelijk kunstmatig netwerk kan, als het in geschikte cellen wordt geïntegreerd, worden gebruikt om verstoringen van de stofwisseling, zoals bij diabetes, op te sporen en te corrigeren.

Protocellen

Zoals gezegd zijn de meest vergaande pogingen in de synthetische biologie gericht op het ontwerpen van door de mens geproduceerde cellen die zichzelf kunnen assembleren, repareren en reproduceren. Er moeten nog vele obstakels worden overwonnen voordat dit doel bereikt is, maar het is een realistisch doel, waaraan verschillende onderzoeksgroepen werken. Een voorbeeld is het door de EU gesubsidieerde project PACE (Programmable Artificial Cell Evolution).

Bionanowetenschap

Nanotechnologie, het maken van systemen op moleculair niveau, bestaat weliswaar al langer dan de synthetische biologie maar is ook een van de nieuwere takken van wetenschap. De motoren en andere machines die op moleculair niveau binnen deze discipline worden gecreëerd (of voorzien), hebben een vanzelfsprekende betekenis voor elke wetenschapper die zich bezighoudt met het synthetiseren van hele

cellen of andere levende systemen. De overlap tussen nanowetenschap en synthetische biologie is zo groot dat het zowel lastig als zinloos is om te proberen deze twee vakgebieden af te bakenen.

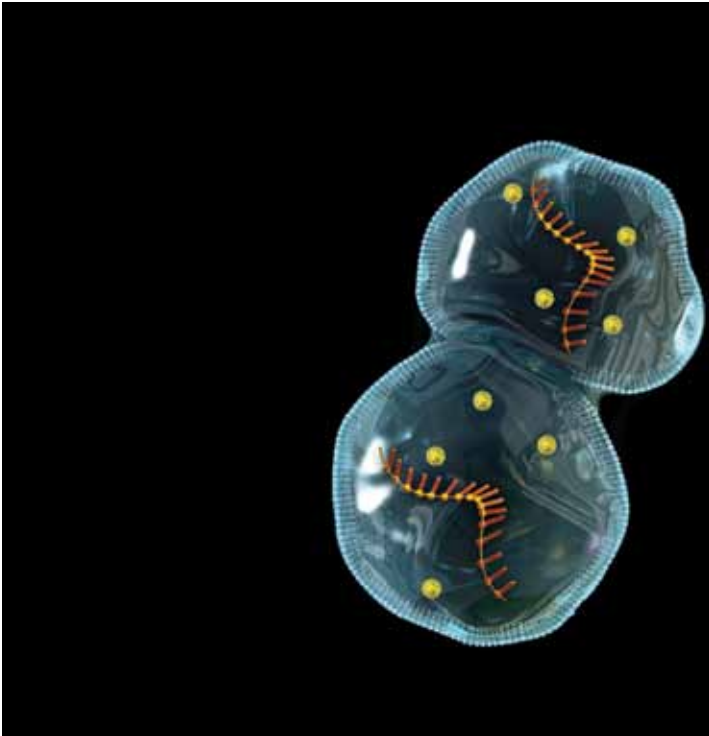
Wat zijn de risico's van synthetische biologie?

De ontwikkeling van de synthetische biologie brengt twee soorten risico's met zich mee: ten eerste biosafety (de negatieve gevolgen van een ongeluk of een onvoorziene gebeurtenis), en ten tweede biosecurity (waarbij de inzichten van de synthetische biologie worden gebruikt voor kwaadaardige doeleinden, zoals wapens).

Biosafety

Verschillende biologische onderzoeksdomeinen leiden tot zorgen om de veiligheid, maar synthetische biologie brengt enkele specifieke risico's met zich mee. Er is weinig verbeeldingskracht voor nodig om begrijpen dat een nieuw, zichzelf replicerend organisme dat uit het laboratorium ontsnapt en in het milieu terecht komt, allerlei schade kan veroorzaken, afhankelijk van de eigenschappen en de activiteiten waarmee het organisme is toebedeeld.

Eén methode om de kans op onvoorziene gevolgen te beperken, is het ontwerpen van organismen die alleen kunnen overleven op basis van voedingsmiddelen of andere essentiële materialen die in de natuur niet aangetroffen worden. Dit is echter geen onfeilbare methode, aangezien veel micro-organismen het vermogen hebben om genen 'horizontaal' over te dragen, dat wil zeggen dat stukjes genetische informatie met andere micro-organismen van dezelfde soort en zelfs van andere soorten worden uitgewisseld. Bovendien zou een nieuw, zich voortplantend micro-organisme het vermogen kunnen hebben om te evolueren en gevaarlijke eigenschappen te ontwikkelen. Het werken met synthetische organismen zal dus altijd onderworpen moeten zijn aan de strengste veiligheidsnormen (wellicht een aangepaste versie van de normen die reeds gelden voor het werken met genetisch gemodificeerde organismen) en aan zorgvuldig toezicht op nationaal en Europees niveau.



Beeld: Henning Dalhoff / Bonnier Publications / Science Photo Library

Deling van een protocel (kunstmatig gemaakte cel) in twee dochtercellen

Een verdere complicatie is dat het vrijkomen van een synthetisch organisme in het milieu niet per definitie op een ongeluk hoeft te berusten. Een nieuw micro-organisme dat is bedoeld om een bepaalde vorm van milieuverontreiniging te bestrijden, moet uiteraard in het milieu worden vrijgelaten om zijn werk te kunnen doen. Wetenschappers die hierover nadenken, moeten een uitzonderlijke mate van zekerheid hebben dat het organisme geen gebeurtenissen tot gevolg zal hebben die niet waren voorzien.

Biosecurity

Goede regelgeving is weliswaar essentieel, maar kan slechts in beperkte mate bescherming bieden tegen bioterroristen die in de synthetische biologie een mogelijk wapen zien. Men is het er niet over eens hoe groot

deze dreiging werkelijk is. Sommige wetenschappers wijzen erop dat het gemakkelijker zou zijn om voor dergelijke doeleinden natuurlijke pathogenen te gebruiken in plaats van geheel nieuwe. Maar, zoals een rapport van de CIA tien jaar geleden al aangaf, de synthetische biologie zou gemanipuleerde micro-organismen kunnen voortbrengen die veel schadelijker zijn dan alle thans bekende ziekteverwekkers. Dit betekent dat het op zijn minst verstandig is om de biosecurity te verbeteren. De basis daarvoor is al gelegd door het Inter Academy Panel (de wereldwijde organisatie van academies van wetenschappen), dat heeft vastgesteld welke principes in acht genomen moeten worden bij het formuleren van gedragscodes om misbruik door ingewijden zo veel mogelijk tegen te gaan. Deze principes zijn: het besef van de mogelijke gevolgen van onderzoek en de weigering om onderzoek te verrichten dat slechts schadelijke gevolgen kan hebben; het in acht nemen van de 'best practices' voor laboratoriumwerk; kennis van en steun voor nationale en internationale wetten en maatregelen om het misbruik van onderzoek te voorkomen; en de aanvaarding van de plicht om melding te maken van elke activiteit die in strijd is met codes zoals het Biologische en Toxische Wapens Verdrag.

De steeds gemakkelijkere toegang tot DNA-sequenties (in feite tot sets van genetische instructies) zal ertoe leiden dat de technieken van de moleculaire biologie overgenomen worden door andere disciplines die weinig ervaring hebben met biologische agentia. Om de normen ten aanzien van biosecurity (én biosafety) te kunnen handhaven, zal het noodzakelijk zijn dat alle nieuwkomers in de wereld van de biowetenschap begrijpen wat de risico's zijn.

Parallel met deze ontwikkelingen is het debat over de juiste balans tussen wetenschappelijke zelfregulering en wettelijke regelgeving nog gaande. Eén studie heeft aangetoond dat onderzoekers in het veld van de synthetische biologie erkennen dat het van belang is om verzet onder de bevolking, zoals tegen het toepassen van genetisch gemodificeerde organismen in de landbouw, te voorkomen. De meesten lijken te kiezen voor een mix van internationale richtlijnen, nationale wetten en zelfregulering, gecombineerd met initiatieven op het gebied van voorlichting en bewustmaking.

Wie bezit de intellectuele eigendomsrechten in de synthetische biologie?

Sommige critici wijzen erop dat de synthetische biologie, net als bijvoorbeeld de vaststelling van een genetische code, niet octrooieerbaar mag zijn. De kennis, zo stellen zij, moet vrij toegankelijk zijn voor iedereen. Hoewel de octrooieerbaarheid van biotechnologische uitvindingen nu goed is geregeld door een richtlijn van de Europese Commissie en het Europese Octrooiverdrag, zijn octrooikwesties op dit vakgebied nog steeds onderwerp van discussie.

Er doen zich twee specifieke problemen voor. Te brede octrooien werken monopolies in de hand, belemmeren samenwerking en houden innovatie door andere onderzoekers tegen. Aan de andere kant geldt dat te nauw afgebakende octrooien een remmend effect kunnen hebben op nieuwe toepassingen vanwege de complexe licentieovereenkomsten die nodig zijn in het geval van meerdere octrooihouders. Het multidisciplinaire karakter van de synthetische biologie, waardoor de octrooikennis vanuit verschillende disciplines moet worden geleverd, kan deze problemen nog vergroten. Maar dat hoeft niet: een andere visie is juist dat de afzonderlijke eenheden waaruit de synthetische biologie bestaat, relatief geschikt zijn voor commercialisering. Hoe dan ook, EASAC adviseert de octrooibureaus voorzichtig te zijn met het verlenen van brede octrooien.

Net als elders in de biowetenschap kunnen er alternatieven zijn voor traditionele octrooieregelingen. Het uitwisselen van informatie binnen een 'patent pool' wordt bijvoorbeeld al gedaan in de farmaceutische industrie. EASAC hoopt dat de lidorganisaties zullen bijdragen tot een open en coöperatieve onderzoeksomgeving in de synthetische biologie, waarin tegelijkertijd investeringen worden aangemoedigd en inbreuken op de bestaande rechten worden vermeden. De synthetische biologie kan ook lessen trekken uit de diverse publiek-private onderzoekspartnerschappen die in de biowetenschap reeds functioneren, waarbij in veel gevallen reeds sprake is van een streven naar open innovatie.

Wat adviseert EASAC?

Het rapport, dat is gericht op Europese beleidsmakers, werpt een aantal vragen op die moeten worden beantwoord als Europa een volwaardige bijdrage wil leveren aan een maximale ontwikkeling van de

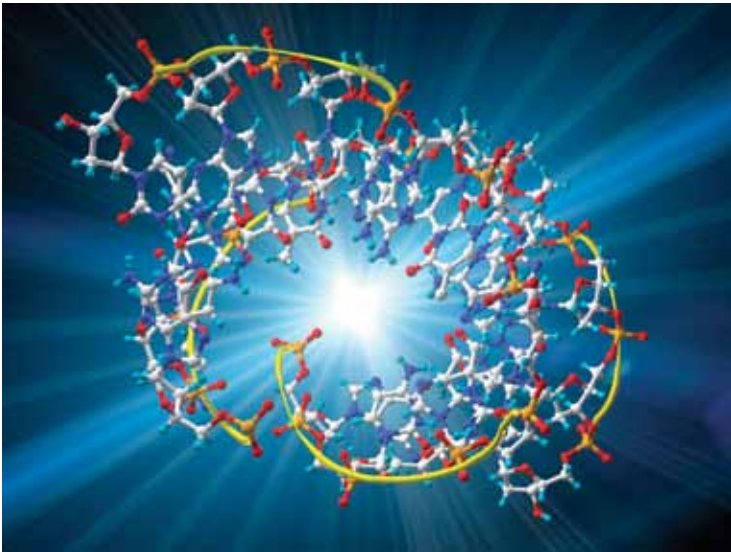
synthetische biologie. Thema's waarop deze vragen betrekking hebben – en die in deze samenvatting al zijn aangestipt – zijn onder meer: onderzoekscapaciteit en hoger onderwijs in Europa, de bescherming van innovatie, publieke betrokkenheid, biosafety, biosecurity en regulering. Het rapport bevat ook tal van aanbevelingen op deze gebieden – te veel om hier op te noemen. Deze variëren van specifieke aanbevelingen (bijvoorbeeld dat voor het EU-toezicht op de goedkeuring van nieuwe producten uit de synthetische biologie over het algemeen hetzelfde regelgevingskader moet gelden als voor andere producten) tot algemene (bijvoorbeeld het belang van een verdere discussie over ethische kwesties in de synthetische biologie).

Het EASAC-rapport eindigt met de erkenning dat de opkomst en snelle ontwikkeling van de synthetische biologie en de overlap met andere technologieën dit vakgebied tot een uitdagend onderwerp maakt voor de beleidsmakers. Men is er nog steeds niet uit of het nu eigenlijk een echt vernieuwende technologie is en, zo ja, of het past binnen de bestaande regelgevingskaders voor de wetenschap.

De synthetische biologie helpt ons niet alleen om natuurlijke biologische systemen te begrijpen, maar kan ook een belangrijke bijdrage leveren aan de innovatie in de EU-landen en dus ook aan hun concurrentiekracht. Als er ooit levende systemen worden gebouwd door de mens, moet Europa een volwaardige rol spelen in de ontwikkeling en het gebruik ervan.

Wij bedanken de leden van de EASAC-werkgroep die hebben meegewerkt aan het samenstellen van het volledige rapport over synthetische biologie:

Wij bedanken ook Geoff Watts (Londen) voor zijn hulp bij het schrijven van deze samenvatting van het volledige rapport.



Credit: Pasielka / Science Photo Library

Computer illustratie van threose nucleïnezuur (TNA), een kunstmatig gemaakt molecuul dat lijkt op DNA en RNA

EASAC – de European Academies Science Advisory Council – bestaat uit de nationale academies van wetenschappen van de EU-lidstaten en heeft als doel om gezamenlijk advies te verstrekken aan Europese beleidsmakers. Op die manier kan de Europese wetenschap haar stem duidelijk laten horen.

In het kader van EASAC werken de academies samen om onafhankelijk, deskundig en betrouwbaar advies over wetenschappelijke beleidsaspecten te geven aan personen die beleid maken of beïnvloeden bij de Europese instellingen. Via de leden en netwerken van alle aangesloten academies heeft EASAC toegang tot de top van de Europese wetenschap. De standpunten van EASAC zijn op geen enkele wijze commercieel of politiek gekleurd, en EASAC gaat op open en transparante wijze te werk. Het streven van EASAC is om begrijpelijke, relevante en tijdige adviezen te verstrekken.

De EASAC Council heeft 25 leden en wordt ondersteund door een professioneel secretariaat, dat is gehuisvest bij de Duitse academie van wetenschappen Leopoldina in Halle (Saale). EASAC heeft ook een kantoor in Brussel, bij de Koninklijke Academies voor Wetenschappen en Kunsten van België.

Academia Europaea

All European Academies (ALLEA)

Oostenrijkse Academie van Wetenschappen

Koninklijke Academies voor Wetenschappen en Kunsten van België

Bulgaarse Academie van Wetenschappen

Tsjechische Academie van Wetenschappen

Koninklijke Deense Academie van Wetenschappen

Estse Academie van Wetenschappen

Delegatie van de Finse Academies van Wetenschappen

Académie des Sciences (Parijs)

Duitse Academie van Wetenschappen Leopoldina

Academie van Athene

Hongaarse Academie van Wetenschappen

Koninklijke Ierse Academie

Accademia Nazionale dei Lincei (Rome)

Letse Academie van Wetenschappen

Litouwse Academie van Wetenschappen

Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen

Poolse Academie van Wetenschappen

Academie van Wetenschappen van Lissabon

Slowaakse Academie van Wetenschappen

Sloveense Academie van Wetenschappen

Spaanse Koninklijke Academie van Wetenschappen

Koninklijke Zweedse Academie van Wetenschappen

Royal Society (Londen)

Noorse Academie van Wetenschappen

Zwitserse Academie van Wetenschappen

Federatie van de Europese Academies voor Geneeskunde (FEAM)