



Do It Yourself Biology:

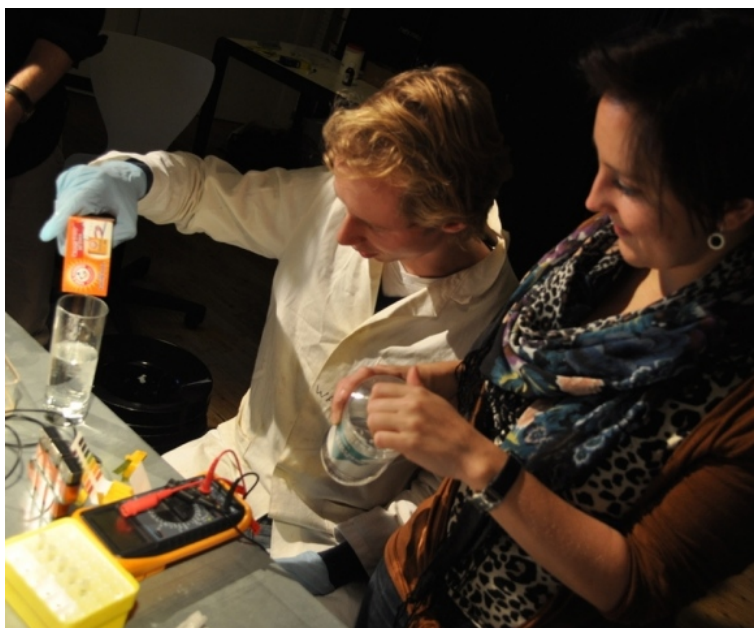
Een verkenning van ontwikkelingen in Nederland



CGM 2014-03

ONDERZOEKSRAAPPORT





DO-IT YOURSELF BIOLOGY

Een verkenning van
ontwikkelingen in Nederland

Pieter van Boheemen &
Huib de Vriend
April 2014



waag society

LIS CONSULT

Life science, Innovation and Society

Disclaimer

Dit rapport is samengesteld in opdracht van de Commissie Genetische Modificatie (COGEM). De meningen die in het rapport worden weergegeven, zijn die van de auteurs en weerspiegelen niet noodzakelijkerwijs de mening van de COGEM.

Voorwoord

Genetisch modificatie en synthetische biologie behoren tot het standaardgereedschap van professionele laboratoria van universiteiten, onderzoeksinstituten en bedrijven. Zij worden gebruikt om inzichten te verkrijgen in biologische processen en daarnaast om nieuwe geneesmiddelen, voedingsmiddelen en vaccins te ontwikkelen. De uitrusting van deze laboratoria, de opleiding van hun medewerkers en de veiligheidsvoorschriften waarmee gewerkt wordt, zijn ingebed in professionele standaarden en voldoen aan nationale en internationale wet- en regelgeving.

Daarnaast zijn er amateurwetenschappers, studenten en kunstenaars geïnteresseerd in het doen van experimenten op het gebied van de biologie die eveneens gebruik willen maken van genetische modificatie en synthetische biologie. Zij kunnen vergeleken worden met bijvoorbeeld amateur ornithologen of hobbychemici. Voor de COGEM was onduidelijk wat de aard en omvang van “Do-it-Yourself Biology” (DIYBio) in Nederland is, wat de betekenis van deze beweging is, of er daadwerkelijk experimenten met genetische modificatie in amateursettings uitgevoerd worden, en of er veiligheidsaspecten aan deze beweging zijn die aandacht behoeven.

In dit rapport verkennen Pieter van Boheemen en Huib de Vriend de DIYBio beweging in Nederland. Aan de hand van literatuuronderzoek, interviews en participatief onderzoek geven zij een overzicht van de omvang, organisatiegraad, karakteristieken en motieven van deze beweging. In Nederland lijkt de omvang van de beweging beperkt te zijn tot enkele tientallen personen die een veelkleurig en wisselend palet vertegenwoordigen wat betreft hun motieven, kennis, achtergronden en intensiteit waarmee zijn hun hobby beoefenen.

De Begeleidingscommissie beveelt dit rapport van harte aan. De DIYBio beweging laat zich niet eenvoudig in kaart brengen, maar het is duidelijk dat DIYBio deelnemers een plezierige en uitdagende hobby kan verschaffen. Daarnaast kan het waardevolle bijdragen leveren aan het verkleinen van de kloof tussen wetenschap en maatschappij en aan het kweken van enthousiasme voor biologie.

Bovendien kan het de wetenschap uitdagen met originele ideeën en experimenten.

De auteurs vonden geen concrete aanwijzingen voor onveilige situaties in DIYBio laboratoria. Gezien het uiteenlopende kennisniveau en de verschillende achtergronden van de deelnemers is het echter evident dat kennis en bewustzijn van regels en voorschriften op het gebied van bioveiligheid beperkt zijn. De auteurs doen enkele aanbevelingen op dit gebied. Zowel overheidsinstanties als de voortrekkers van deze beweging hebben hier een rol te vervullen door het vergroten van het bioveiligheidsbewustzijn en het onder de aandacht brengen en toegankelijk maken van kennis en voorschriften. Zo kunnen zij het veilig werken in DIYBio laboratoria bevorderen en de activiteiten een stap verder brengen.

Tjeerd G. Kimman

Voorzitter Begeleidingscommissie

Inhoudsopgave

Samenvatting	6
1. Inleiding	9
2. Verantwoording	10
2.1. <i>Vraagstelling</i>	10
2.2. <i>Aanpak</i>	10
2.3. <i>Opbouw van het rapport</i>	11
3. Algemene karakterisering van DIYBio	13
3.1. <i>Beknopte geschiedenis</i>	13
3.2. <i>DIYBio in Nederland</i>	14
3.3. <i>Inspiratiebronnen en motieven - Can *do* science: A Biopunk Manifesto</i>	15
3.4. <i>Open Source en democratiseringsideologie</i>	16
3.5. <i>DIYBio als netwerkbeweging en sociale beweging</i>	16
3.6. <i>Relatie met andere bewegingen en activiteiten</i>	17
3.6.1. <i>Relatie met iGEM: can do anything science versus realiteitszin</i>	17
3.6.2. <i>Financiering en samenwerking met 'de academie'</i>	18
3.7. <i>Diverse vormen binnen het DIYBio-domein en onderlinge relaties</i>	18
3.8. <i>Conclusies</i>	19
4. Materialen en methoden van de DIYBio beweging	20
4.1. <i>Kennisuitwisseling</i>	20
4.2. <i>Activiteiten in Nederland</i>	22
4.3. <i>Werkomgeving en laboratoriuminrichting</i>	23
4.4. <i>Software in het DIYBio lab</i>	23
4.5. <i>Hardware in het DIYBio lab</i>	24
4.6. <i>Consumables: chemicaliën (buffers, kleurstof), reagentia en enzymen</i>	26
4.7. <i>Conclusies</i>	28
5. DIYBio, bioveiligheid en misbruik (biosecurity)	29
5.1. <i>Twee verschillende issues</i>	29
5.2. <i>Biosecurity</i>	29
5.3. <i>Bioveiligheid</i>	31
5.4. <i>Conclusies</i>	32
6. De maatschappelijke betekenis van DIYBio	33
6.1. <i>De rol van DIYBio in wetenschappelijk onderzoek en innovatie</i>	33
6.1.1. <i>Citizen science in de praktijk</i>	33
6.1.2. <i>DIYBio en Innovatie</i>	35
6.2. <i>De rol van DIYBio in publiekseducatie en maatschappelijke reflectie</i>	35
6.3. <i>De toekomst van DIYBio</i>	36
6.4. <i>Conclusies</i>	37
7. Discussie en Conclusies	39
Literatuur	41
Bijlage 1: De begeleidingscommissie en de auteurs	44
Bijlage 2: De DIYBio workshop van 5 november 2013	45
Bijlage 3: Overzicht van de interviews	53
Bijlage 4: Diverse vormen binnen het DIYBio-domein en hun onderlinge relaties	54
Bijlage 5: Nederlandse DIYBio activiteiten in 2013	60

Samenvatting

Deze verkenning geeft antwoord op drie hoofdvragen van de Commissie Genetische Modificatie (COGEM) over Do-It-Yourself Biology (DIYBio) activiteiten in Nederland. De eerste vraag betreft de karakterisering van DIYBio aan de hand van de filosofie en motieven van deelnemers aan DIYBio activiteiten, hun achtergrond en de omvang van de DIYBio gemeenschap. De tweede vraag betreft de aard van concrete DIYBio experimenten, waar deze worden uitgevoerd, welke middelen daarbij worden gebruikt en hoe de activiteiten worden georganiseerd. De derde vraag gaat over de ethische en maatschappelijke betekenis van DIYBio, het bewustzijn van en omgaan met risico's en ethische vraagstukken en de mogelijke bijdrage van DIYBio aan kennisproductie, innovatie en maatschappelijk debat. De COGEM is vooral geïnteresseerd in eventuele plannen om in Nederland experimenten met genetische modificatie uit te voeren; activiteiten die zich mogelijk binnen het werkveld van de COGEM bevinden.

Karakterisering van DIYBio internationaal en in Nederland

DIYBio, rond 2005 ontstaan in de Verenigde Staten, is in de afgelopen acht jaar uitgegroeid tot een internationaal fenomeen. Ook in Nederland heeft een groep van enkele tientallen mensen inmiddels DIYBio activiteiten ontwikkeld. Het betreft een bonte verzameling van studenten, semi-professionals, kunstenaars en andere belangstellenden, die met behulp van eenvoudige en betaalbare middelen experimenten met levende organismen uitvoeren. In de meeste gevallen wordt daarbij gebruik gemaakt van biologisch materiaal dat overal te vinden is, en van eenvoudige laboratoriumtechnieken die op huis-, tuin- en keukenschaal toepasbaar zijn. Maar er kan ook gebruik worden gemaakt van complexere technieken als PCR en genetische modificatie.

DIYBio is een veelkoppig verschijnsel. Binnen de internationale DIYBio gemeenschap lopen de drijfveren, ambities en het kennisniveau van deelnemers uiteen. Dergelijke gradaties zien we ook binnen de DIYBio gemeenschap in Nederland. Er is soms sprake van eenmalige, oppervlakkige belangstelling, maar er zijn ook personen die sterk en langdurig bij DIYBio activiteiten zijn betrokken. Motivaties variëren van 'spelen met de technologie' tot 'de wereld veranderen'. De open source benadering –het streven naar vrije toegang tot kennis en technologie voor iedereen- is kenmerkend voor DIYBio. Onder de deelnemers bevinden zich zowel moleculair biologen met gedetailleerde technische kennis, als kunstenaars en 'mensen met belangstelling'.

Door het gebruik van de term *biohacking* in relatie tot DIYBio activiteiten ontstaat al snel een beeld van eenlingen die op een zolderkamer biotechnologisch knutselwerk verrichten. In de praktijk lijkt er eerder sprake van een *Do-It-Together* beweging, waarbij mensen vooral ervaringen en kennis delen, ook in Nederland. Daar samen plezier aan beleven is een belangrijke drijfveer.

In Nederland is het aantal DIYBio activiteiten vooralsnog beperkt. In Groningen is in 2013 een DIYBio opgestart door een kleine groep mensen en in Eindhoven zijn er vooralsnog alleen plannen. De ambities lijken hier vooralsnog groter dan wat men in werkelijkheid weet te realiseren. De omvang en aard van de activiteiten van de Waag Society in Amsterdam laten echter zien dat er wel belangstelling is voor een plek voor *learning by doing* activiteiten, het ontwikkelen van plannen en debat. Dat wordt mogelijk gemaakt door structurele, professionele facilitering.

Middelen

DIYBio activiteiten hebben over het algemeen een lokaal karakter. De organisatiegraad daarvan loopt uiteen van startend initiatief waarbij gebruik wordt gemaakt van bestaande faciliteiten tot laboratoria die al enkele jaren draaien. Waar het gaat om uitwisseling van kennis, ervaringen en ideeën hebben de activiteiten juist een sterk internationaal karakter. Op het internet zijn uitgebreide handleidingen te vinden voor het uitvoeren van, meestal eenvoudige, experimenten met behulp van huis-tuin-en-keuken middelen, evenals tips voor goedkope (tweedehands) apparatuur, zelfbouw instructies en dergelijke. Desondanks kunnen de kosten van het inrichten van een lab flink oplopen. Dat is een belangrijke motivatie voor lokale DIYBio groepen waar dan ook ter wereld om een gemeenschappelijk lab in te richten. Een voorbeeld daarvan is het *OpenWetlab* in Amsterdam.

DIYBio, bioveiligheid en biosecurity

Vanwege beperkingen in de beschikbare kennis, tijd en uitrusting is het niet mogelijk om in DIYBio laboratoria complexe bio(techno)logische experimenten uit te voeren. In Nederland wordt nog geen gebruik gemaakt van genetisch gemodificeerde organismen. Wordt dat in de toekomst wel gedaan, dan zullen legale experimenten voorsnog beperkt blijven tot een laag inschalingsniveau (klasse 1). Voor experimenten in hogere risicoklassen moet namelijk aan stringente eisen worden voldaan op het gebied van kennis en inperkingsmaatregelen. Dat zijn eisen waar een DIYBio lab vanwege de beperkte middelen niet eenvoudig aan zal kunnen voldoen.

De risico's hebben zowel betrekking op mogelijk misbruik (*biosecurity*) als op ongelukken als gevolg van menselijk falen, waardoor de bioveiligheid in het geding is.

In de Verenigde Staten is in de afgelopen jaren veel aandacht besteed aan het *biosecurity* risico. Kwaadwillenden zouden gebruik kunnen maken van DIYBio faciliteiten om zich te bekwamen. Het maken van een effectief biologisch wapen is echter dermate complex, dat het zeer onwaarschijnlijk is dat DIYBio activiteiten zullen bijdragen aan het ontwikkelen van dergelijke wapens.

Binnen de DIYBio gemeenschap zijn er geschoolde en gemotiveerde DIYBiologen, die zich bewust zijn van de risico's en daar ook op verantwoorde wijze mee willen omgaan; ook in Nederland, zo bleek uit de interviews. Onder de deelnemers aan een workshop die in het kader van deze verkenning is georganiseerd leek het bewustzijn van risico's en regelgeving echter beperkt. Desalniettemin kunnen veiligheidsincidenten ten gevolge van een gebrek aan organisatorische en praktische voorzorgsmaatregelen niet worden uitgesloten. Het naleven van bioveiligheidsvoorschriften verdient dan ook aandacht, bijvoorbeeld door middel van scholing.

De maatschappelijke betekenis van DIYBio

Anno 2014 is het nog niet helder wat de maatschappelijke betekenis van DIYBio zal zijn. Op grond van deze verkenning kunnen we daar wel over speculeren.

Vergelijkbaar met de ICT-hackersbeweging lijkt de aantrekkingskracht van DIYBio op deelnemers vooral te danken aan het anarchistisch karakter ervan. Mede dankzij dat karakter is het onzeker of we hier te maken hebben met een tijdelijk of een blijvend verschijnsel. Enerzijds kunnen pogingen om DIYBio initiatieven een meer georganiseerd karakter te geven bijdragen aan de continuïteit, anderzijds kunnen ze deelnemers ook afschrikken.

Net als de *international Genetic Engineering Machine competition* (iGEM) kan DIYBio worden gezien als een vorm van educatie in termen van *learning by doing*. Het is een (potentiële) kweekvijver voor onderzoekers die leren *out of the box* te denken. Vergelijkbaar met *ICT-hacking* zou dit kennis kunnen opleveren die praktisch toepasbaar is bij het oplossen van concrete vraagstukken. Alhoewel het voor de meeste DIYBiologen geen doel is, heeft DIYBio als vorm van *citizen science* bovendien de potentie een bijdrage te leveren aan wetenschappelijk onderzoek, mits dit goed wordt aangestuurd door een professionele onderzoeksorganisatie.

Daarnaast heeft DIYBio de potentie een bijdrage te leveren aan publiekseducatie doordat het geïnteresseerde burgers de mogelijkheid biedt om zelf onderzoek te doen (*can do science*). Het doorgaans laagdrempelige karakter van de experimenten trekt tevens kunstenaars en ontwerpers aan die met biotechnologische methoden en materialen willen werken. Reflectie op de maatschappelijke en ethische aspecten van moleculair biologisch onderzoek ligt in het verlengde daarvan.

Conclusies en suggesties

Op grond van de bevindingen in deze verkenning kunnen we vaststellen dat het door de laagdrempelige beschikbaarheid van middelen en kennis mogelijk is om buiten de omgeving van een institutioneel laboratorium zelfstandig biotechnologische experimenten uit te voeren. In Nederland maken enkele tientallen mensen van die mogelijkheden gebruik.

De technische capaciteit om experimenten met genetische modificatie uit te voeren is op veel plaatsen aanwezig. In de Verenigde Staten wordt op verschillende plaatsen ook al gebruik gemaakt van genetische modificatie in een DIYBio setting, maar in Nederland is daarvan tot nu toe geen sprake.

Binnen de DIYBio gemeenschap is het bewustzijn met betrekking tot wetgeving en voorschriften op het gebied van bioveiligheid beperkt. De kans op doelbewust misbruik is zeer gering. Veiligheidsincidenten ten gevolge van ongelukken door een gebrek aan organisatorische en praktische voorzorgsmaatregelen kunnen niet worden uitgesloten.

Vanwege het open karakter van de activiteiten biedt DIYBio een vrijplaats voor out-of-the-box denken en creatieve ideeën. Hierdoor speelt DIYBio een rol in kunst, educatie en wetenschapscommunicatie. Daarnaast heeft DIYBio als vorm van *citizen science* de potentie om een interessante rol te spelen in wetenschappelijk onderzoek en innovatie. In dit stadium, met startende initiatieven, de geringe omvang van de DIYBio gemeenschap en de beperkte organisatiegraad, is het echter nog niet mogelijk om de betekenis daarvan te duiden.

Tot slot hebben we op grond van de bevindingen enkele suggesties met betrekking tot bioveiligheid en de rol van DIYBio in wetenschapscommunicatie.

Het juridisch taalgebruik en de veronderstellingen wat betreft voorkennis zorgen er voor dat de bekendmakingen van regelgeving en voorschriften niet erg toegankelijk zijn voor niet-professionals. Met het oog op de bekendheid met regelgeving op het gebied van bioveiligheid binnen de DIYBio gemeenschap verdient dit aandacht. Voorts kan het bewustzijn en de kennis van regelgeving en voorschriften binnen DIYBio groepen worden vergroot door sleutelfiguren te betrekken bij het BVF platform.

Door het *hands-on* karakter van de activiteiten kan DIYBio burgers op een ongebruikelijke manier laten kennismaken met de levenswetenschappen. Daarmee kan DIYBio een nieuwe dimensie toevoegen aan het debat over maatschappelijke en ethische aspecten van de biotechnologie.

1. Inleiding

Met enige regelmaat besteedt de (populair)wetenschappelijke pers aandacht aan het verschijnsel Do-It-Yourself Biology (DIYBio). Vrijwel altijd draait het dan om de vraag wie zich met deze vorm van doe-het-zelf wetenschap bezighouden, wat deze mensen drijft, welk type experimenten ze uitvoeren en of er risico's aan hun activiteiten zijn verbonden. Mede naar aanleiding van deze publicaties zijn bij de Commissie Genetische Modificatie (COGEM) vergelijkbare vragen opgekomen. Dit adviesorgaan wil vooral antwoord op de vraag of er plannen zijn om in Nederland experimenten met genetische modificatie uit te voeren; activiteiten die zich mogelijk binnen het werkveld van de COGEM bevinden. In hoeverre is men zich daarbij bewust van mogelijke risico's en de wettelijke regels die op dergelijk onderzoek van toepassing zijn? Verder leeft de vraag welke maatschappelijke betekenis DIYBio kan hebben. Kan DIYBio een bijdrage leveren aan educatie over bio(techno)logie en het maatschappelijk debat daarover? Is er sprake van relaties tussen de informele DIYBio beweging en de formele wetenschap, en kunnen DIY Biologen wellicht een bijdrage leveren aan wetenschap en innovatie? Vragen waarop deze verkenning een antwoord probeert te geven.

Voorafgaand aan deze verkenning was al bekend dat veel DIYBio initiatieven en groepen zich nog in een opstartfase bevinden en hun organisatiegraad soms beperkt is. Veelal betreft het, ogenschijnlijk, losse structuren, vaak met elkaar verbonden via activiteiten en communicatie via het web, waarvan het moeilijk is om als buitenstaander een helder beeld te krijgen. Op grond van die kennis was duidelijk dat het niet mogelijk zou zijn om de gestelde vragen simpelweg door middel van deskresearch, een enquête en wat interviews te beantwoorden. Daarom is er voor gekozen zelf een workshop te organiseren waarin geïnteresseerden met elkaar konden brainstormen over concrete projecten. Ook is het internet gericht doorzocht op initiatieven, activiteiten, kennis ('handleidingen') en tips over laboratoriumuitrusting en experimenten. Zodoende hebben we ook tijdelijke samenwerkingsverbanden met wisselende deelnemers en zelfs eenmalige bijeenkomsten en evenementen een plek kunnen geven in het rapport.

Uit een snelle verkenning van literatuur en informatie op het internet werd duidelijk dat de DIYBio beweging niet aan landsgrenzen is gebonden. Wereldwijd worden ervaringen met en ideeën over experimenten en achterliggende motivaties uitgewisseld via het internet, en deelnemers ontmoeten elkaar op allerlei plaatsen in de wereld. Er is niet zoiets als 'een Nederlandse DIYBio beweging', wel zijn er fysieke plaatsen waar de DIYBiologen elkaar ontmoeten en *hands-on* activiteiten plaatsvinden. Op grond van die bevinding hebben we gemeend er goed aan te doen om de verkenning van de Nederlandse DIYBio activiteiten in alle hoofdstukken in een internationaal kader te plaatsen.

2. Verantwoording

De Commissie Genetische Modificatie (COGEM) heeft opdracht gegeven om in kaart te brengen in welke mate de DIYBiology beweging in Nederland leeft, en of er plannen zijn om in Nederland experimenten met genetische modificatie uit te voeren; activiteiten die zich mogelijk binnen het werkveld van de COGEM bevinden. De COGEM heeft daarom opdracht verstrekt aan LIS Consult en Waag Society om een verkenning uit te voeren.

2.1. Vraagstelling

Deze algemene vraag is in samenspraak met de begeleidingscommissie van dit onderzoek uitgewerkt in de volgende deelvragen:

1. Hoe zou je DIYBio kunnen karakteriseren?
 - o Wat zijn de motieven en filosofie van DIYBio'ers en wat willen ze er mee bereiken?
 - o Hoe ziet de culturele omgeving van de DIYBio beweging er uit: Welke kenmerken deelt de DIYBio beweging met vergelijkbare DIY bewegingen (bijv. hackers, body-artists, amateurveredelaars, alcoholstokers) en waarin onderscheidt ze zich daarvan?
 - o Wat is hun profiel (wetenschappers, kunstenaars, beide, nog breder of anders?)
 - o Hoe groot is de DIYBio gemeenschap in Nederland?
2. Hoe zien concrete DIYBio experimenten er uit en van welke middelen wordt daarbij gebruik gemaakt?
 - o Welke experimenten worden er gedaan?
 - o Wat voor apparatuur wordt gebruikt?
 - o Waar worden de experimenten gedaan?
 - o Hoe is het georganiseerd, hoe gefinancierd?
 - o Welke interacties vinden plaats tussen de wetenschap en DIYBio'ers?
3. Hoe wordt er gedacht over de ethische en maatschappelijke betekenis van DIYBio? In hoeverre is men zich bewust van (eventuele) risico's, regelgeving en vergunningplichting m.b.t. DIYBio activiteiten?
 - o In hoeverre is men zich bewust van (eventuele) ethische vraagstukken m.b.t. het werk?
 - o Wat is de positie van DIYBio in / bijdrage aan de 'innovatie community'?
 - o Wat is de bijdrage van DIYBio aan het maatschappelijk debat?

2.2. Aanpak

Deze verkenning is uitgevoerd in de tweede helft van 2013. De informatie waarop de verkenning is gebaseerd is verkregen op basis van:

1. een internationale quickscan met behulp van literatuur en publicaties op internet¹,
2. een verkennend onderzoek naar de DIYBio gemeenschap in Nederland door middel van:
 - o een workshop met belangstellenden voor DIYBio gericht op een verkenning van gebruikte methoden en materialen, hun motivaties en toekomstvisie en de mate waarin zij zich bewust zijn van bioveiligheidsrisico's en de daarop betrekking hebbende regelgeving, ervaren beperkingen en belemmeringen, en
 - o interviews met enkele leden uit de Nederlandse DIYBiology gemeenschap, waarin de resultaten uit de workshop verder werden uitgediept.

1. Internationale quickscan

De DIYBio gemeenschap is bij uitstek een internationale gemeenschap. Daarom is er op basis van literatuur en informatie op het internet een quickscan gemaakt van DIYBio initiatieven en hun ervaringen met bioveiligheidskwesties in andere landen, zoals de Verenigde Staten, het Verenigd Koninkrijk, Duitsland, Frankrijk, Duitsland en Denemarken. Angst voor misbruik van laagdrempelige

¹ Internet, blogs en websites worden binnen de DIYBio gemeenschap veel wordt gebruikt.

technieken en bioveiligheidsrisico's bij huis-tuin-en-keuken experimenten met genetisch gemodificeerde organismen hebben onder andere de FBI en het Woodrow Wilson Center in de VS doen besluiten contact te zoeken met de DIYBio gemeenschap (Pauwels, 2011). Deze Amerikaanse ervaringen zijn in het onderzoek meegenomen. Ook is gekeken naar de DIYBio gemeenschappen in de ons omringende landen.

2. Verkenkend onderzoek DIYBiology gemeenschap Nederland

Gebruikmakend van de kennis en het netwerk van Waag Society is de DIYBio gemeenschap in Nederland in kaart gebracht. Waag Society organiseert namelijk sinds 2012 bijeenkomsten die specifiek gericht zijn op de DIYBio gemeenschap.

3. Workshop

Ervaringen met het benaderen van individuele leden van de DIYBio gemeenschap hebben laten zien dat het lastig is om medewerking te verkrijgen bij het invullen van enquêtes of interviews, vooral in Europa (Grushkin, 2013). Men is al snel wantrouwig over de motieven van de onderzoekers, hun opdrachtgevers en dat men de vraag stelt: 'What's in it for me?' Daarom is in dit onderzoek gekozen voor een andere, meer participatieve en interactieve benadering, waarbij de DIYBio gemeenschap in Nederland actief bij het onderzoek wordt betrokken. De 270 leden van de meet-up groep, mensen met interesse voor DIYBio, werden uitgenodigd voor een interactieve bijeenkomst in de Waag (Amsterdam). Hiervoor meldden zich 17 deelnemers met uiteenlopende achtergronden. Men is gevraagd na te denken over concrete experimenten, hun motivatie en wat nodig is om die experimenten uit te voeren. Tevens is gekeken of er spontaan aandacht was voor bioveiligheids- en ethische aspecten. Na een presentatie van hun voorstellen hebben een viertal experts een reactie gegeven op de uitvoerbaarheid, bioveiligheid en filosofische aspecten van de voorstellen (zie bijlage 2).

4. Interviews

Op basis van de bevindingen uit de workshop is een selectie gemaakt van thema's die door middel van semi-gestructureerde interviews met een aantal betrokkenen bij de Nederlandse DIYBio gemeenschap zijn uitgediept. Een lijst van geïnterviewde personen en een beknopt verslag van de interviews is bijgevoegd in bijlage 3.

De observaties en conclusies op het gebied van bioveiligheid en misbruik van DIYBio activiteiten zijn gebaseerd op wat de onderzoekers hebben kunnen waarnemen. In deze verkenning was het niet mogelijk om activiteiten in kaart te brengen van eenlingen die zich buiten de waarneming van de min of meer georganiseerde DIYBio verbanden afspelen en die niet via internetfora over hun activiteiten corresponderen.

Eén van de auteurs van dit rapport is werkzaam bij Waag Society, dat sinds 2013 beschikt over een Open Wetlab waar frequent DIYBio activiteiten worden georganiseerd. In deze verkenning is dankbaar gebruik gemaakt van zijn kennis en toegang tot het netwerk. Tegelijkertijd zou die rol kunnen leiden tot een bevooroordeelde toonzetting van dit rapport. De auteurs zijn zich hiervan bewust en hebben daarom extra aandacht besteed aan een zorgvuldige onderbouwing van de observaties met behulp van voorbeelden en vergelijkingen.

Het onderzoek is begeleid door een commissie onder voorzitterschap van Dr. Tjeerd Kimman, onderzoeksmanager van het Centraal Veterinair Instituut (zie bijlage 1).

2.3. Opbouw van het rapport

In hoofdstuk 3 van dit rapport wordt antwoord gegeven op de eerste set vragen die betrekking hebben op het karakter van de internationale en Nederlandse DIYBio gemeenschap: het wie, wat, waarom en waar. In hoofdstuk 4 wordt de gereedschapskist van DIYBio beschreven: welke kennisbronnen, technieken, apparatuur en organismen worden gebruikt, met speciale aandacht voor genetische modificatie. Tevens worden enkele voorbeelden gegeven van concrete experimenten zoals die internationaal en in Nederland worden uitgevoerd. In hoofdstuk 5 wordt aandacht besteed aan de vraagstukken van bioveiligheid en misbruik (*biosecurity*), gevolgd door een hoofdstuk waarin een

analyse wordt gemaakt van de maatschappelijke betekenis van DIYBio. Het rapport eindigt met een aantal conclusies (hoofdstuk 7). Een verslag van de workshop, een lijst van geïnterviewde personen, een samenvatting van de interviews, een overzicht van Nederlandse DIYBio activiteiten in 2013, evenals een beschrijving van DIYBio gerelateerde begrippen en activiteiten is opgenomen in de bijlagen.

3. Algemene karakterisering van DIYBio

Wat DIYBio is kan niet in een eenvoudige definitie worden gevat. De beweging kent vele gezichten. Een omschrijving van DIYBiologen als hobbyisten of ‘amateur-wetenschappers’ is zonder meer van toepassing op een belangrijk deel van de DIYBio beweging, maar doet onvoldoende recht aan de DIYBiologen met een gedegen wetenschappelijke achtergrond. Veel DIYBiologen worden gedreven door nieuwsgierigheid naar de technologie en wat je er naast beroepsmatige doelstellingen mee kunt doen. Zij voelen zich aangetrokken tot het fun-aspect, het ‘spelen met technologie’ en zullen incidenteel deelnemen aan DIYBio evenementen. Maar er zijn ook zeer actieve, ideologisch gemotiveerde en activistisch ingestelde deelnemers. Daarnaast worden er onder de noemer DIYBio veelsoortige experimenten uitgevoerd, variërend van het (systematisch) verrichten van metingen aan biologische systemen tot het experimenteren met kweekvlees² en genetische modificatie³.

In dit hoofdstuk brengen we deze diversiteit in kaart aan de hand van een korte beschrijving van de internationale geschiedenis van DIYBio en de ontwikkeling van DIYBio activiteiten in Nederland. Vervolgens wordt ingegaan op de inspiratiebronnen en motieven van DIYBio, en wordt DIYBio gekarakteriseerd als (sociale) netwerkbeweging en de relatie met andere bewegingen en activiteiten. Aan het slot van het hoofdstuk wordt het geheel aan stromingen en activiteiten die zijn op te vatten als vormen van DIYBio of daar nauwe verwantschap mee vertonen nader gepositioneerd.

3.1. Beknopte geschiedenis

Wanneer precies het eerste DIYBio experiment is uitgevoerd, is moeilijk te achterhalen. Wel bekend is wanneer en hoe DIYBio de eerste contouren van een ‘beweging’ begon te krijgen in de vorm van een groep mensen die zich min of meer heeft georganiseerd rond een gezamenlijk doel. In 2005 schreef Rob Carlson, hoofd van Biodesic LLC, een ontwerp- en adviesbureau op het gebied van *biological engineering*, in Wired: “*The era of garage biology is upon us. Want to participate? Take a moment to buy yourself a molecular biology lab on eBay.*” (Carlson, 2005). In datzelfde jaar, tijdens de jaarlijks Codecon conferentie voor hackers in San Francisco, liet Meredith Patterson zien hoe je met behulp van huis-tuin-en-keuken middelen DNA uit een weefselmonster kunt isoleren⁴. Al snel kreeg dit type eenvoudige experimenten aandacht in een reeks ontmoetingen in het gebied rond San Francisco en Silicon Valley, waar 150-200 mensen met belangstelling voor creativiteit en technologie elkaar in een informele setting ontmoetten⁵.

In 2008 richtten Jason Bobe en Mackenzie Cowell DIYbio.org op. Dit forum bood meer interactiemogelijkheden dan het tot dan toe gebruikelijke OpenWetware.org platform. Bovendien gaven zij hiermee de beweging een eigen identiteit. In vijf jaar tijd meldden zich zo’n 40 groepen aan bij diybio.org: 20 groepen in Noord Amerika, 16 in Europa, 2 in Australië en 2 in Azië.

Begin 2014 telde de mailinglijst van diybio.org ongeveer 3.500 leden en was er een DIYBio Google groep⁶ die bijna 4.500 berichten over technische onderwerpen (hardware, software), evenementen en organisatiekwesties bevat.

² Zie onder meer <http://waag.org/nl/event/other-dinner> en <http://www.new-harvest.org/event/the-state-of-cultured-meat-talk-with-torontos-diybio-community/>

³ Zie <http://madlab.org.uk/content/diybio/> en https://groups.google.com/forum/#!msg/diybio/wKFyweKjaro/st_ktjnodqkI

⁴ Zie http://www.theregister.co.uk/2005/02/14/codecon_2005/ en <http://maradydd.livejournal.com/162245.html>

⁵ Anno 2014 zijn er SuperHappyDevHouse bijeenkomsten in tal van plaatsen in de wereld, zoals Singapore, Mexico City, Vancouver, Keulen, Aotearoa (Nieuw Zeeland), Zürich, Vancouver en 11 plaatsen in de V.S., <http://superhappydevhouse.org/w/page/16345504/FrontPage>

⁶ <https://groups.google.com/forum/#!forum/diybio>

Tabel 3.1: DIYBio groepen in Europa, januari 2014 (Bron: DIYbio.org)

Plaats	URL
Budapest	http://biodisplay.tyrell.hu/
Kopenhagen	http://biologigaragen.org/
Cork	https://groups.google.com/forum/#!forum/diybio-ireland
Eindhoven	http://bioartlab.com/
Graz	https://www.facebook.com/OpenBioLabGraz
Groningen	http://www.diybiogroningen.org
Kiev	https://groups.google.com/forum/#!forum/diybio-kiev/
Lausanne	http://www.eprouvette.ch
London	https://groups.google.com/forum/#!forum/diybio-london
Manchester	http://diybio.madlab.org.uk/
München	http://biogarage.de/
Namur	http://www.diybio.be/
Amsterdam	http://www.meetup.com/Dutch-DIY-Bio/
Parijs	http://www.lapaillasse.org/
Praag	http://brmlab.cz/project/biolab
Zwitserland / Slovenië	http://hackteria.org/

3.2. DIYBio in Nederland

In Nederland zijn er drie locaties waar DIYBiologen met enige regelmaat samenkomen. De eerste groep ontstond in 2012 in Amsterdam. Daarna ontstonden er ook groepen in Eindhoven en Groningen. De laatste twee groepen verkeren nog in een opstartfase en tellen een klein aantal actieve deelnemers.

Waag Society Wetlab in Amsterdam

In het Waag Society Open Wetlab in Amsterdam worden regelmatig activiteiten met een DIYBio karakter georganiseerd. De meetup groep van de Waag telt circa 270 ingeschreven belangstellenden. Deze groep is ontstaan uit een reeks “Do It Together Bio” workshops in 2012 en 2013. In juni 2013 is een ruimte in het Waag-gebouw uitgerust met laboratoriumapparatuur. Er lopen bij de Waag 1-2 mensen per week binnen die concreet aan de slag willen. Vrijwel doorlopend zijn er 1-2 mensen vanuit een HBO of academische opleiding als stagiair betrokken bij de uitvoering en ontwikkeling van langlopende projecten. Er staat gemiddeld eens per maand een publieksevenement op het programma waarin biotechnologische experimenten worden uitgevoerd of besproken, zoals een workshop biobatterijen maken met modder voor 14-17-jarigen⁷ en een lezingenserie over *bodyart*. Tevens zijn kunstenaars als

⁷ <http://waag.org/nl/event/kiics-workshop-1-biobatterijen-maken>

“fellows” aan het lab verbonden, die zodoende gebruik maken van de faciliteiten. De kunstenaar Selene Kolman gebruikt het lab bijvoorbeeld voor *barcoding* van zaden⁸.

BioArtLab Eindhoven

In Eindhoven is het BioArtLab voornemens om in de zomer van 2014 een laboratorium te openen, specifiek gericht op biokunst. De initiatiefneemster is Jalila Essaidi, die in 2010 de Nederlandse Designers & Artists for Genomics Award won. Verder staat een internationaal symposium op het programma. Bij de organisatie van deze activiteiten zijn ongeveer 10 personen betrokken⁹.

DIYBio Groningen

De ambitie om een DIYBio groep in Groningen te beginnen is ontstaan tijdens de opening van het Open Wetlab in 2013. Inmiddels ontmoet een groep van 5 kernleden elkaar nagenoeg wekelijks in het Groningse Fablab, een werkplaats waar je (onder begeleiding) tegen betaling van een gering huurbedrag zelf digitale productiemachines als 3D printers kunt bedienen voor het uitwerken van ideeën in een prototype¹⁰. Er wordt onder andere gewerkt aan een eigen open source PCR machine, en de deelnemers nemen deel aan publieksevenementen¹¹.

3.3. Inspiratiebronnen en motieven - Can *do* science: A Biopunk Manifesto

Alhoewel het ontbreekt aan een formeel DIYBio manifest, er zijn er wel pogingen gedaan tot het opstellen van een ‘verklaring’ met uitgangspunten en een gedachtengoed dat door een groot deel van de DIYBio beweging wordt gedeeld. Geïnspireerd door het Cypherpunk manifesto van Eric Hughes over privacy in het internettijdperk stelde Meredith Patterson namelijk het Biopunk Manifesto¹² op. Hierin gaat Patterson uit van de noodzaak van *scientific literacy* voor het functioneren van onze moderne maatschappij. Dat is niet hetzelfde als wetenschappelijke educatie, die nodig is voor het begrijpen van wetenschap. Bij *scientific literacy* gaat het om wat je nodig hebt om wetenschap te doen. Iedereen die wetenschap kan doen kan daarmee een actieve bijdrage leveren aan de eigen gezondheidszorg, de kwaliteit van voedsel, water en lucht, de interacties met zijn eigen lichaam en de complexe omgeving. *Scientific literacy*, in de vorm van *citizen science*, is daarmee direct gekoppeld aan zelfbeschikkingrecht. Ze zegt hierover in het Manifesto:

“We reject the popular perception that science is only done in million-dollar university, government, or corporate labs; we assert that the right of freedom of inquiry, to do research and pursue understanding under one’s own direction, is as fundamental a right as that of free speech or freedom of religion.”

Dit uitgangspunt van *scientific literacy* zien we in DIYBio terug in het streven naar onbelemmerde toegang tot onderzoeksinstrumenten voor iedereen. Daartoe ontwikkelen de DIYBio onderzoekers een publiek toegankelijke kennisinfrastructuur, met tips en handleidingen voor de aanschaf en het zelf bouwen van goedkope laboratoriumuitrusting en kant-en-klare protocollen die voor de gemiddelde burger toegankelijk zijn.

Verder is er steun voor onbelemmerde toegang voor publiek gefinancierd onderzoek door publicatie in open source tijdschriften en open samenwerking. Voorstellen voor wetgeving die het bezit van laboratoriumapparatuur en het doen van privé onderzoek verbiedt wordt afgewezen. Patterson schrijft hierover:

“As biohackers it is our responsibility to act as emissaries of science, creating new scientists out of everyone we meet. We must communicate not only the value of our research, but the value of our

⁸ <http://waag.org/nl/lab/open-wetlab>

⁹ <http://www.bioartlab.com>

¹⁰ <http://www.fablabgroningen.nl/pagina/het-fablab-uitgelegd>

¹¹ <http://www.diybiogroningen.org>

¹² <http://maradydd.livejournal.com/496085.html>

methodology and motivation, if we are to drive ignorance and fear back into the darkness once and for all.”

Patterson stelt voorts dat Biopunks ook verantwoordelijkheid nemen voor hun onderzoek, werkend vanuit het besef dat er wordt gewerkt met levende organismen die met respect moeten worden behandeld en de betekenis die het werk kan hebben voor de samenleving. Met de toevoeging dat het voorzorgsbeginsel moet worden gezien als ‘een paternalistische poging om onderzoekers te belemmeren op grond van angst voor het onbekende’ plaatst ze de biopunk in een radicale hoek. De resultaten van een Amerikaanse enquête binnen de DIYBio gemeenschap duidt er echter op dat het merendeel van de DIYBio beweging op dit punt een gematigder opvatting heeft, en het belang van voorzorg bij potentieel risicovolle experimenten onderschrijft (Grushkin, 2013). Wel moet daarbij worden opgemerkt dat een groot deel van de huidige DIYbio experimenten in Europa niets te maken heeft met recombinant DNA-technieken en het daarop van toepassing zijnde voorzorgsbeginsel. Alleen het OpenBioLab Graz (Oostenrijk)¹³ en IndieBiotech (Ierland)¹⁴ beschikken over een ggo-vergunning. De experimenten die daar worden uitgevoerd vallen in de laagste risicoklasse, waarbij inperkingsmaatregelen worden getroffen.

3.4. Open Source en democratiseringsideologie

In 2011 werden er vanuit DIYBio.org twee conferenties georganiseerd met als doel om een *Code of Ethics* voor de beweging op te stellen¹⁵. De slotverklaringen plaatsen transparantie, *Open Access* en educatie hoog op de agenda. Dit geeft aan dat DIYBiologen veel waarde hechten aan het democratiseren van de kennis en de technologie door ze voor iedereen toegankelijk te maken. Ideologisch wordt DIYBio in sterke mate gekenmerkt door de open source gedachte, die is gericht op het delen van kennis en technologie (vgl. met software), maar niet vrijblijvend is: er wordt van je verwacht dat je ook een bijdrage levert aan de beschikbare kennis en technieken. Een belangrijke drijfveer is ook de gedachte dat democratisering van kennis en technologie leidt tot een betere samenleving. Hierbij is de veronderstelling dat wanneer burgers in staat wordt gesteld zelf weloverwogen te kiezen, op basis van kennis en inzicht, dat leidt tot betere (toepassing van) technologie. Dat kan ook beschouwd worden als een vorm van *upstream engagement*.

3.5. DIYBio als netwerkbeweging en sociale beweging

DIYBio kan worden gekarakteriseerd als een netwerkbeweging. Verspreid over de hele wereld sluiten mensen zich via het internet aan om kennis en ervaringen uit te wisselen. Daaronder bevinden zich ook mensen die beroepsmatig in een lab werken. De meeste deelnemers zijn door nieuwsgierigheid gedreven en maken gebruik van de kennis die op het internet te vinden is op terreinen als voedsel, energie en gezondheid.

Met het nastreven van doelen als ‘democratisering van de wetenschap’ en ‘het ter discussie stellen van de maatschappelijke betekenis en ethische impact van de technologie’ kan in het geval van DIYBiology gesproken worden van een sociale beweging. Er is immers de ambitie om een verandering van de (wetenschaps- en kennis-)cultuur in gang te zetten en middelen (kostbare laboratoriumapparatuur) die tot voor kort alleen ter beschikking stonden van de academie en de industrie voor iedereen toegankelijk te maken. In tegenstelling tot klassieke sociale bewegingen, zoals de vakbeweging, heeft DIYBio geen duidelijke organisatiestructuur en ligt de nadruk niet op economische belangen en politieke invloed. DIYBio heeft kenmerken die vergelijkbaar zijn met die van de antiglobaliserings-, occupy- en de vrije softwarebeweging. Dat zijn bewegingen met een tamelijke losse organisatiestructuur, waarin de nadruk ligt op sociale aspecten, cultuur en post-materiële waarden. Deze bewegingen zijn in belangrijke mate

¹³ <https://www.facebook.com/OpenBioLabGraz>

¹⁴ <http://www.indiebiotech.com/>

¹⁵ <http://diybio.org/codes/>

beïnvloed door en gericht op de informatiemaatschappij (zie o.a. Scott, 1990; Castells, 2010; Kendall, 2008).

De dynamiek van de klassieke sociale beweging wordt vaak beschreven in termen van opeenvolgende stadia van organisatiegraad (en bureaucratie), al dan niet gevolgd door het boeken van resultaat en, uiteindelijk, het uiteenvallen van de beweging (Dell Porta & Diani, 2006). De DIYBiology beweging vertoont duidelijke kenmerken van een beweging in opkomst en bevindt zich in een stadium waarin het nog onduidelijk is of en op welke wijze ze de weg van het klassieke model zal volgen. Terwijl er wel contouren van organisatiestructuren zichtbaar zijn, hebben die structuren altijd nog een tamelijk los karakter: Er is een internationaal netwerk met knooppunten, bestaand uit gemeenschappelijke labs en een GoogleGroup voor de communicatie. Op Wiki's en in tijdschriften zijn teksten te vinden die het karakter hebben van een beginselverklaring, zoals die van Patterson, maar vooralsnog zijn die op persoonlijke titel geschreven. De initiatiefnemers achter de groepen in Amsterdam, Groningen en Eindhoven zien zichzelf als aanbieder van een platform: een virtuele of fysieke plek waar mensen met belangstelling voor biologie, experimenten, biokunst- en design en maatschappelijk debat op vrijblijvende basis kunnen samenkomen om te experimenteren en te reflecteren. Niets in de bestudeerde literatuur en de interviews wijst op een behoefte om een meer gestructureerde DIYBio organisatie te ontwikkelen, ook niet in Nederland. Wel is er behoefte aan professionele ondersteuning.

3.6. Relatie met andere bewegingen en activiteiten

DIYBiologen verwijzen met enige regelmaat naar andere bewegingen die soortgelijke uitgangspunten en werkwijzen hanteren, zoals computerhackers en de open software beweging (Boustead, 2008; Delfanti, 2013).

3.6.1. Relatie met iGEM: can do anything science versus realiteitszin

Vanaf 2014 is deelname van DIYBio teams aan de *international Genetic Engineering Machine (iGEM) competition* mogelijk¹⁶. In tien jaar tijd is dit jaarlijkse evenement voor enthousiaste studenten van een klein experiment met 5 Amerikaanse teams uitgegroeid tot een wereldwijd evenement waar meer dan 200 teams aan deelnemen. Door deelname krijgen DIYBio teams toegang tot de *biobricks part kit* van iGEM. Deze bevat gestandaardiseerde 'onderdelen', fysieke DNA-monsters uit een *registry* die meer dan 1.000 DNA- en RNA-sequenties bevat, bestaande uit onder meer promotors, primers, terminators, plasmides en eiwit-coderende sequenties¹⁷. Daarnaast bevat de iGEM Registry een toenemend aantal *devices*, combinaties van onderdelen met een goed omschreven functie.

iGEM is ook een 'leverancier' van DIYBio deelnemers. Voor veel studenten smaakt deelname aan de iGEM competition naar meer, en de gemeenschappelijke biolabs en Fablabs bieden daartoe de mogelijkheid.

Zodoende hebben DIYBio en iGEM een aantal karaktereigenschappen gemeen. Ten eerste hebben zowel iGEM als DIYBio uitdrukkelijk aandacht voor de maatschappelijke betekenis van het werken met DNA en moleculair biologische technieken (human practices)¹⁸.

Daarnaast zijn iGEM en DIYBio allebei sterk gefocust op educatie, met die kanttekening dat de educatieve doelstelling van iGEM voornamelijk is gericht op studenten uit het hoger beroeps en wetenschappelijk onderwijs, en de ambitie van DIYBio meer gericht is op burgers. Ondanks dat de deelnemers aan DIYBio evenementen toch vooral uit kringen van studenten, wetenschap, kunst en design komen, is het de opzet dat de activiteiten een uitstraling hebben naar een breder publiek. De deelnemers aan de iGEM teams hebben vaak een zeer positieve houding tegenover de technologie. Ook in de DIYBio workshop die in het kader van dit onderzoek werd georganiseerd waren de mensen met een technische achtergrond vrij optimistisch over de praktische mogelijkheden voor het uitvoeren

¹⁶ <http://diybio.org/2013/11/06/diy-igem/>

¹⁷ <http://parts.igem.org/Catalog>

¹⁸ http://igem.org/FAQ#Human_Practices

van de ideeën, vooral wanneer die zijn gebaseerd op micro-organismen. Het optimisme over het maken van een *glowing plant* (met fluorescentiegen) is nogal eenzijdig gebaseerd op de technische mogelijkheden om een transformatie tot stand te brengen. Opmerkingen dat je heel veel transformaties moet maken om uiteindelijk tot een plant te komen die de gewenste eigenschappen heeft, werden tijdens de workshop die in het kader van deze verkenning is georganiseerd nogal eenvoudig weggewuifd. Meer ervaren DIYBiologen zien het als hun taak om dit optimisme enigszins te temperen: “In DIYBio moet je wel realistisch zijn, want veel dingen kun je niet 'even doen', problemen kun je niet even oplossen”, zei één van de geïnterviewden.

3.6.2. Financiering en samenwerking met ‘de academie’

Met het oog op zowel de financiering en continuïteit van activiteiten als de verspreiding van het gedachtegoed van DIYBiology wordt er aansluiting gezocht bij de mogelijkheden die andere structuren bieden, zoals activiteiten op het gebied van biokunst en –design, en *citizen science* projecten. Hierbij komen doorgaans samenwerkingen met academische instituten om de hoek kijken.

Het meest directe verband in Nederland zien we in de DIYBio Groningen groep. De actieve leden bestaan namelijk grotendeels uit (PhD) studenten aan de plaatselijke universiteit. De Waag Society is onderdeel van het Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Solutions. Dat is een nieuw instituut voor toepassingsgericht onderzoek en innovaties in de stad, een initiatief van TU Delft, Wageningen UR en MIT waar enkele miljoenen mee zijn gemoeid¹⁹. Indirect is er tevens een relatie met het Netherlands Genomics Initiative via de Bio Art & Design Award²⁰. Tot slot heeft de Waag een Comité van Aanbeveling opgericht met daarin enkele academici, zowel uit de alfa- als de bètawetenschappen.

Ook op Europees niveau wordt aansluiting gezocht met de wetenschappelijke instituten. In 2013 vond een ontmoeting plaats tussen betrokkenen bij het Cooperation in Science and Technology (COST) programma van de EU en een afvaardiging van Europese DIYBio groepen²¹.

In de Verenigde Staten heeft DIYbio.org meegewerkt aan een debat over DIYBio en Biosecurity, georganiseerd door het Woodrow Wilson Center for International Scholars in Washington²².

3.7. Diverse vormen binnen het DIYBio-domein en onderlinge relaties

In de populaire en populair-wetenschappelijke media en in de literatuur komen we uiteenlopende activiteiten, groepen, opvattingen en begrippen tegen, zoals *bioart*, *biohacking*, *FabLabs* en *open access*, die met DIYBio worden geassocieerd. Soms betreft het groepen en activiteiten die sterk zijn gericht op en/of het karakter hebben van sociale innovatie. Nieuwe vormen van (samen)werken en organisatiestructuren staan hier voorop. Andere activiteiten en groepen focussen vooral op educatie, vooral door ‘wetenschap te doen’, niet persé gebonden aan een wetenschappelijke omgeving of opleiding. Er zijn ook groepen die gedreven worden door de mogelijkheden die de technologie biedt voor nieuwe uitingsvormen, in de kunst. En er zijn groepen en activiteiten waarin zowel de kansen als de risico’s van de technologie en kennis centraal staan (*critical engineering*²³), soms met een vleugje *science fiction*. We kunnen die begrippen en verschijningsvormen onderverdelen in 4 categorieën, te weten:

1. Liefhebberij, op het snijvlak van sociale innovatie en educatie;

¹⁹ In dit initiatief wordt de stad gezien als experimenteerruimte. Door gegevens te verzamelen over de stromen van de stad, zoals verkeer, energie, voedsel, mensen, afval en klimaat, kunnen passende innovatieve oplossingen ontworpen worden en in de stad worden toegepast en geëvalueerd. Zie ook <http://home.tudelft.nl/nl/actueel/laatste-nieuws/artikel/detail/tu-delft-wageningen-ur-en-mit-winnen-competitie-technologisch-instituut-amsterdam/>

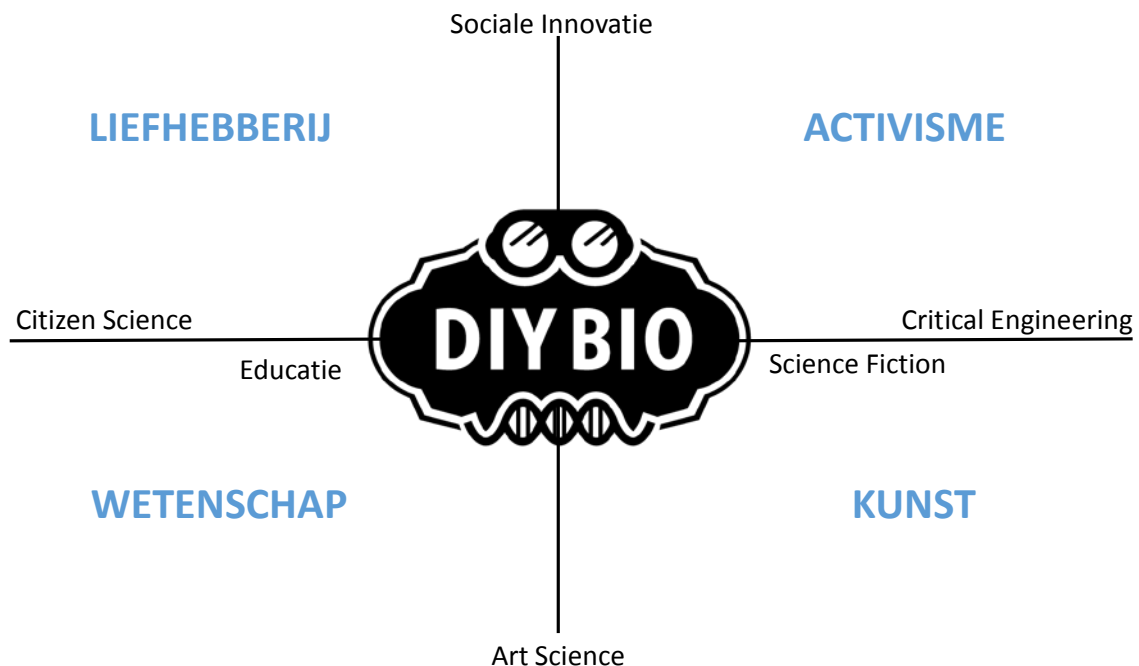
²⁰ <http://www.da4ga.nl/>

²¹ <http://waag.org/nl/blog/diybio-europe-meets-cost>

²² <http://www.wilsoncenter.org/event/biosecurity>

²³ Een omschrijving van het begrip ‘critical engineering’ is te vinden in het critical engineering manifesto, opgesteld door een werkgroep in 2011: <http://criticalengineering.org/>

2. Activisme, op het snijvlak van sociale innovatie en *critical engineering*;
3. Wetenschap, op het snijvlak van kunstwetenschap en educatie;
4. Kunst, op het snijvlak van kunstwetenschap en *critical engineering*.



Figuur 3.1: Schematische weergave van vier aan DIYBio gerelateerde categorieën van activiteiten

Een uitvoerige beschrijving van alle begrippen en activiteiten en hun positionering in de 4 categorieën en hun relatie met DIYBio is opgenomen in bijlage 4.

3.8. Conclusies

DIYBio heeft z'n wortels in de Amerikaanse democratiserings- en hackercultuur van het begin van de 21^e eeuw en is daarna uitgegroeid tot een wereldwijd fenomeen. DIYBio heeft in 2012 ook in Nederland voet aan de grond gekregen, maar net als in de meeste andere landen is het qua omvang een beperkt verschijnsel dat in Nederland is beperkt tot enkele tientallen deelnemers.

In DIYBio zijn liefhebberij, activisme, kunst en wetenschap met elkaar verbonden in een breed spectrum aan activiteiten, waarin de motivatie van de deelnemers uiteenloopt van nieuwsgierigheid naar de technologie en plezier beleven aan het bedrijven van moleculair biologisch onderzoek tot het streven naar de vrije beschikbaarheid van kennis en technologie voor iedereen. De DIYBio gemeenschap vertoont een sterke verwantschap met de sociale netwerk- en informatiecultuur, met een informele organisatiestructuur. Hier en daar wordt samenwerking gezocht met kennisinstellingen of bedrijven, maar die samenwerking heeft (nog) geen structureel karakter.

Qua doelstellingen en werkwijze kan DIYBio ook worden gekenschetst als een 'nieuwe sociale beweging', vergelijkbaar met de antiglobaliserings- en vrije softwarebeweging. Het credo "doe-het-zelf" staat eerder voor de praktische attitude dan voor solisme; we zien vooral een 'Do-It-Together' praktijk.

Alhoewel het laagdrempelige karakter amateurs aantrekt, hebben de voortrekkers veelal een gedegen biotechnologische opleiding.

4. Materialen en methoden van de DIYBio beweging

In de uiteenzetting van de achtergrond en motivaties achter DIYBio, zoals beschreven in hoofdstuk 3, worden regelmatig termen als ‘democratisering’ en ‘ontmythologisering’ aangehaald²⁴. In dit hoofdstuk zetten we uiteen hoe hier invulling aan wordt gegeven in concrete activiteiten. We beschrijven de gereedschapskist van DIYBio: de kennisbronnen, technieken, apparatuur en organismen die worden gebruikt, met speciale aandacht voor genetische modificatie. Niet alleen de materialen, zoals hardware, software, chemicaliën en organismen, maar ook virtuele middelen als kennisoverdracht en infrastructuur passeren de revue. Tevens geven we in dit hoofdstuk enkele voorbeelden van de wijze waarop die middelen worden toegepast en concrete experimenten in Nederland.

4.1. Kennisuitwisseling

De DIYBio activiteiten worden onder andere gekenmerkt door een sterke nadruk op educatie. Hierin worden twee wegen gevolgd: virtuele platformen op het internet en fysieke bijeenkomsten. Autodidacten leren vaardigheden op basis van instructies van het web, terwijl anderen bijeenkomsten in open laboratoria bezoeken, waarin het ‘van elkaar leren’ de boventoon voert. In Nederland vinden dit soort bijeenkomsten incidenteel plaats. Cursussen op het gebied van Synthetische Biologie, zoals aangeboden worden in de DIYBio labs in New York en Sunnyvale, worden in Nederland niet in amateurlabs aangeboden.

Kennis en vaardigheden worden in bredere verbanden gedeeld tijdens festivals, conferenties en evenementen. Zowel nationaal als internationaal zijn evenementen binnen de *makers* beweging populair trefpunten, zoals Maker Faires. Zo presenteerde DIYBio Groningen haar zelfontwikkelde PCR machine tijdens de Mini Maker Faire Groningen²⁵. Ook de evenementen die primair op elektronica- en softwarehackers zijn gericht vormen een ontmoetingsplaats en promotieplek voor DIYBio. Dit komt door de verwantschap tussen deze bewegingen op het gebied van het *open source* gedachtegoed (Tochetti, 2012). Zo nam het Open Wetlab in 2013 deel aan Observe Hack Make in Geestmerambacht (Noord Holland) van 31 juli- 4 augustus 2013²⁶ en de Chaos Computer Club conferentie van 27 – 30 december 2013²⁷. Tijdens beide bijeenkomsten werden onder andere *DNA fingerprinting* experimenten gedemonstreerd.

De internationale DIYBio gemeenschap communiceert voornamelijk via een online discussieforum in een Google Group²⁸. De toegang tot dit systeem is gratis en er zijn geen voorwaarden gesteld aan het lidmaatschap. Sinds 2008 hebben zich op dit platform ongeveer 3.500 leden verzameld. Dit forum is niet alleen een belangrijke plaats voor de uitwisseling van kennis, ervaring en bronnen, maar ook een belangrijk sociale ontmoetingsplaats. Vaak worden hier evenementen aangekondigd die relevant zijn voor de DIYBio gemeenschap.

Het is karakteristiek voor een bottom-up beweging als DIYBio dat er naast een centraal forum talloze kleinere en/of lokale websites zijn. Sommige van die websites zijn regiospecifiek, andere hebben een specifieke doelstelling of taal, die in verband staat met een bepaalde categorie van DIYBio activiteiten zoals kunst, wetenschap of educatie. Zo bestaat er een apart Europees discussieforum op www.diybio.eu. Andere virtuele ontmoetingen vinden plaats via sociale netwerken, zoals Wiki's en

²⁴ Volkskrant, 30 december 2013

²⁵ <http://www.diybiogroningen.org/diy-bio-groningen-at-the-mini-maker-faire-2013/>

²⁶ <https://program.ohm2013.org/event/219.html>

²⁷ https://events.ccc.de/congress/2013/wiki/Session: Intro_to_Biotinkering

²⁸ <http://www.diybio.org>

subReddits²⁹. Een voorbeeld daarvan is de Wiki van het Hackteria netwerk³⁰, waarop diverse projecten zijn beschreven over experimenten met micro-organismen, planten en insecten.

Voor het delen van experimentele methoden en resultaten worden specifieke online platformen gebruikt. Een populaire website is www.instructables.com, waarop methoden door middel van een visueel aantrekkelijke vormgeving inzichtelijker worden gemaakt dan in de wetenschappelijk tijdschriften gebruikelijk is. Websites als OpenWetWare, iGEM Wiki's, YouTube, Journal of Video Experiments en non-profit organisaties als TeklaLabs promoten actief het delen van kennis en methoden. TeklaLabs en Instructables organiseerden in 2013 de "Build My Lab Contest", met als doel: "From hot plates to shakers, microscopes to spectrophotometers, we're looking for ways to turn inexpensive or repurposed parts into the building blocks of world class laboratories!" Dit resulteerde in meer dan 170 inzendingen, variërend van DIY Geigertellers tot microscopen en centrifuges.

Tabel 4.1: Internetplatformen voor het delen van methoden en resultaten

Naam	Omschrijving	URL
Instructables	Stapsgewijze documentatie van doe-het-zelf projecten	http://www.instructables.com
OpenWetWare	Wiki systeem voor het delen van onderzoeksprotocollen	http://www.openwetware.org
iGEM	Wiki met verslagen van experimenten van iGEM teams	http://www.igem.org
Journal of Video Experiments	Videoverslagen van wetenschappelijke experimenten	http://www.jove.org
Teklalabs	Vrij toegankelijke instructies voor het maken van labapparatuur m.b.v. huis-tuin-en-keukenspullen	http://www.teklalabs.org/

In de gedrukte media zijn enkele uitgaven verschenen die kennis over DIYBio verschaffen. O'Reilly Media, een gerenommeerde uitgeverij binnen de ICT, heeft onlangs het tijdschrift "BioCoder" en een boek "Illustrated Guide to Home Biology Experiments" gepubliceerd. Ook het boek "Home Made Bio Electronic Arts" laat zien dat er veel gebeurt op het snijvlak van de ICT en de biotechnologie (Landwehr & Kuni, 2013). Verder zijn er tijdschriften die zich specifiek richten op DIY wetenschap zoals "The Journal for Peer Production" en de "Citizen Science Quarterly". Via deze media worden zowel journalistieke verslagen van evenementen als experimenten gedeeld.

Tot slot zijn er educatieve bronnen zoals "Reizende DNA labs"³¹ en sciencebuddies.org, die experimenten met een laagdrempelige karakter beschrijven. Een Microbial Fuel Cell artikel op ScienceBuddies leverde bijvoorbeeld de inspiratie voor het Bioelectricity project³² in het Open Wetlab in Amsterdam³³.

²⁹ <http://www.reddit.com/r/diybio>

³⁰ <http://hackteria.org/wiki/>

³¹ <http://www.dnalabs.nl/reizende-dna-labs>

³² <http://www.meetup.com/Dutch-DIY-Bio/events/122697942/>

³³ http://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project_ideas/Elec_p071.shtml

Tabel 4.2: Gedrukte media

Naam	Omschrijving	URL
BioCoder	DIYBio tijdschrift	http://www.oreilly.com/biocoder/
Journal for Peer Production	Wetenschappelijk tijdschrift over <i>open source</i> beweging	http://p2pfoundation.net/Journal_of_Peer_Production
Citizen Science Quarterly	Citizen science tijdschrift	http://citizensciencequarterly.com/
Illustrated Guide to Home Biology Experiments	Gids voor het opzetten van een biolab in huis	http://www.thehomescientist.com/manuals/Illustrated_Guide_to_Home_Biology_Experiments.pdf

4.2. Activiteiten in Nederland

De activiteiten van de DIYBio gemeenschap in Nederland geven behalve de omvang van de gemeenschap ook een indruk van de technische capaciteiten. Bijlage 5 biedt een overzicht van activiteiten die plaatsvonden in 2013. Naast 17 activiteiten met een *hands-on* karakter worden hier 24 presentaties, exposities en debatten vermeld.

De praktische evenementen zijn voor het grootste deel interactieve demonstraties, waarbij bezoekers onder begeleiding bepaalde experimenten uitvoerden. Deze experimenten liepen uiteen van analyses, zoals spectrometrische urine analyses en DNA analyses met behulp van PCR technologie, tot het gezamenlijk bouwen van laboratoriumapparatuur, zoals 3D vloeistofprinters. De experimenten waarin gewerkt werd met levende organismen betroffen het kweken van milieumonsters in petri schalen of kleine *microbial fuel cells* en het competent maken van *E. coli* K12 bacteriën.

Langlopende projecten

De in bijlage 5 genoemde activiteiten van de DIYBio beweging in Nederland waren hoofdzakelijk eenmalige evenementen. De langlopende DIYBio projecten in Nederlandse richten zich meer op het bouwen van dan biologische experimenten. In Groningen loopt bijvoorbeeld sinds juni 2013 een zelfbouw PCR project en in Amsterdam zijn eveneens spectrometers, microscopen, PCR machines en een centrifuge gebouwd.

Dit is mogelijk het gevolg van de ontoereikende organisatorische capaciteit om langlopende biotechnologische experimenten te ondersteunen. Daarnaast zijn de kosten van het bouwen van laboratoriumapparatuur doorgaans lager dan die van biotechnologische experimenten.



Figuur 4.1. Leden van DIYBio Groningen testen de elektronica van hun PCR machine (Foto van DIYBiogroningen.org)

4.3. Werkomgeving en laboratoriuminrichting



Figuur 4.2. Het OpenWetlab in Amsterdam (Foto van Waag Society, Amsterdam)

ronde ruimte van ongeveer 25 m². Er zijn 4 werkplekken waartussen de apparatuur is verdeeld (zie figuur 4.2).

Een belangrijke voorwaarde voor het werken met micro-organismen is een steriele werkomgeving. Binnen de DIYBio gemeenschap worden daar diverse methoden voor gebruikt. Zo is voor het steriel werken met cultures in petrischalen het gebruik van een open vlam het meest gangbaar, bijvoorbeeld door gebruik te maken van campinggas. Gereedschap en glaswerk wordt doorgaans gesteriliseerd met behulp van een hogedrukpan.

Wanneer een grotere steriele omgeving nodig is, is het ook mogelijk om uit eenvoudige materialen een veiligheidskabinet te bouwen. Hoe een eigen veiligheidskabinet met HEPA filters of met handschoenen (*glove box*) gebouwd kan worden staat op diverse websites beschreven³⁵. Dat zijn niet altijd typische DIYBio bronnen; we zien hier overlap met informatiebronnen die zich richten op traditionelere vormen van amateurbiologie, zoals de orchideevermeerdering³⁶.

4.4. Software in het DIYBio lab

Om het werk in het DIYBio laboratorium te documenteren en te ondersteunen wordt software gebruikt die overeenkomt met de programma's die gebruikelijk zijn in wetenschappelijke laboratoria. Daarnaast zijn er leveranciers die zich hoofdzakelijk op de DIYBio markt richten. Het Amerikaanse Public Laboratory en het Britse Extreme Citizen Science bieden bijvoorbeeld toegankelijke software voor data interpretatie.

In lijn met het *open source* gedachtegoed van DIYBio, bestaat er een voorkeur voor gratis en open source softwarepakketen (zie tabel 4.3). Die zijn bijvoorbeeld beschikbaar voor het bijhouden van labjournaals (Synbiota), het simuleren van genetische circuits (TinkerCell) of het bewerken van DNA

De inrichtingskosten van een laboratoriumruimte voor individueel gebruik kunnen flink oplopen, van zo'n 10.000 euro voor een basisuitrusting, tot een veelvoud daarvan voor een lab met uitgebreide mogelijkheden zoals het Biocurious lab in de San Francisco Bay Area³⁴. Het delen van de kosten is daarom een belangrijke reden voor de DIYBio groepen in Nederland om op lokaal niveau een gemeenschappelijk laboratorium te willen ontwikkelen.

In Amsterdam wordt in het Open Wetlab al enige tijd aan zo'n gemeenschappelijk laboratorium gewerkt. Qua inrichting komt dit Open Wetlab sterk overeen met andere DIYBio labs in de wereld. Het is een

³⁴ Via een kickstarter crowdfunding actie in 2010 brachten 239 donateurs ruim 35.000 dollar bijeen voor het bouwen en inrichten van een DIYBio lab. (<https://www.kickstarter.com/projects/openscience/biocurious-a-hackerspace-for-biotech-the-community>)

³⁵ Zie o.a. <http://www.instructables.com/id/DIY-Glove-Box/> en <https://www.youtube.com/watch?v=cjdGRuGHRmU>

³⁶ <http://www.orchideenvermehrung.at/cgi-local/framebreaker/reload.pl?english/lfh/>

sequenties (GeneDesigner). Tijdens de Do-It-Together Bio workshops op 24 mei 2013 van Waag Society werd deze software uitgelegd en gebruikt door 41 deelnemers. Tijdens de workshop werd stap voor stap uitgelegd hoe het ontwerpen van restrictie-ligatie experimenten³⁷ kan worden gesimuleerd.

Tabel 4.3: Open Source Software voor DIYBio experimenten

Provider	Omschrijving	URL
Public Lab spectral workbench	Spectrometrische analyse software	http://publiclab.org/wiki/spectral-workbench
Extreme Citizen Science	Citizen Science onderzoeksgroep van University College London	http://www.ucl.ac.uk/excites
Synbiota	Online labboek	https://www.synbiota.com/welcome_page/welcome
GeneDesigner	CAD software voor plasmide ontwerp	https://www.dna20.com/resources/genedesigner

4.5. Hardware in het DIYBio lab

Voor het uitvoeren van biotechnologische experimenten is specialistische apparatuur nodig. De basisuitrusting van een moleculair biologisch laboratorium bestaat uit pipetten, incubators, centrifuges en autoclaven. Om aan deze middelen te komen worden vier strategieën gevolgd:

1. Aankoop via commerciële leveranciers.
2. Tweede hands aankoop via tussenpersonen of online marktplaatsen.
3. Zelfbouw.
4. Donaties.

Er bestaan geen voorbeelden van DIYBio groepen die over de capaciteit beschikken om zelfstandig wetenschappelijk onderzoek te verrichten dat qua niveau overeenkomt met academisch onderzoek. Hiervoor zijn de technische capaciteiten en de beschikbare tijd van de deelnemers in de meeste gevallen te beperkt. Daarnaast is het verrichten van wetenschappelijk onderzoek doorgaans geen expliciete doelstelling van DIYBio groepen, die zich meer richten op educatie, kunst en techniek.

Ad 1. Aankoop via commerciële leveranciers

Afgezien van de bekende commerciële leveranciers, zoals BioRad, Fischer en VWR³⁸, zijn er ook bedrijven die zich specifiek op de Do-It-Yourself markt richten. Voorbeelden hiervan zijn OpenBiotech, PearlBiotech, PublicLab en IORodeo³⁹.

Ad 2. Handel via tussenpersonen

Handelaren als Labmakelaar, Labstuff en LabX⁴⁰ verhandelen op commerciële basis laboratoriumapparatuur. Hier is een breed assortiment aan apparatuur verkrijgbaar, zoals centrifuges, spectrometers, autoclaven en PCR machines.

³⁷ Enzymatisch knippen en plakken van DNA fragmenten

³⁸ Zie tabel 4.4

³⁹ Zie tabel 4.4

⁴⁰ Zie tabel 4.4

Ad 3. Zelfbouw

Omdat de meeste DIYBiologen een beperkt budget hebben, zijn er binnen de DIYBio gemeenschap groepen en individuen die zich speciaal richten op het maken van goedkope en *open source hardware*. Bovendien ligt het in lijn met het “doe-het-zelf” ethos om zo veel mogelijk zelfvoorzienend te zijn. Na voltooiing van een project worden de blauwdrukken van apparatuur gepubliceerd op het web, met als doel om anderen in staat te stellen deze na te bouwen.

Tabel 4.4: Hardware voor DIYbio experimenten

Type	Provider	URL
Commerciële leveranciers	BioRad	http://www.bio-rad.com/en-nl/education
	VWR	https://nl.vwr.com/
	OpenBiotech	http://www.openbiotech.com/
	PearlBiotech,	http://pearlbiotech.com/
	PublicLab	http://publiclab.org/
	IORodeo	http://www.iorodeo.com/
Handel via tussenpersonen	Labmakelaar	http://www.labmakelaar.com/
	Labstuff	www.labstuff.nl
	LabX	http://www.labx.com/
Zelfbouw	Fablabs	http://fablab.nl/
Elektronica	Arduino	http://arduino.cc/
	Farnell	http://farnell.com/
	Conrad	http://conrad.com/

Sommige apparatuur, zoals microscopen en broedstoven, kan ook worden gemaakt door bestaande apparatuur om te bouwen. Dit zijn zogenaamde *hacks*.

Geavanceerde apparaten, zoals PCR machines en centrifuges, worden doorgaans gemaakt met behulp van machines als laser cutters en 3D printers die beschikbaar zijn in een *digital fabrication laboratory* (FabLab of MakerSpace). In meer dan 25 steden in Nederland en België is zo'n lab te vinden⁴¹. Ook worden deze diensten online aangeboden via sites als Ponoko en Shapeways.

Aangezien de blauwdrukken van de apparatuur vrij toegankelijk zijn, is het voor de gebruiker mogelijk om bestaande *open source hardware* verder te ontwikkelen. Zodoende hebben diverse pogingen om een thermocycler te bouwen geleid tot de Amerikaanse OpenPCR (Jankowski en Perfetto), welke daarna is doorontwikkeld tot de Zwitserse Urs Gaudi's Wild OpenPCR⁴² en de Japanse Shingo Hisakawa's NinjaPCR⁴³.

⁴¹ <http://fablab.nl/>

⁴² http://hackteria.org/wiki/index.php/Wild_OpenPCR

⁴³ <https://github.com/hisashin/NinjaPCR>

Inmiddels heeft een kleine technologiesterter een PCR machine omgebouwd tot een mobiel diagnose apparaat voor Malaria tests⁴⁴ genaamd Amplino. De DIYBio groep in Groningen is ook gestart met het bouwen van een eigen PCR machine. De motivatie hiervoor is vooral het leren over elektronica en de technische uitdaging.

De meeste zelfbouwapparatuur is gebaseerd op een sterke cross-over tussen de *open source* elektronica en software gemeenschap en de *open source* biotechnologie. Zo wordt in nagenoeg alle projecten gebruik gemaakt van het *open source* elektronica platform Arduino. Deze kleine, relatief eenvoudig te programmeren microcontrollers zijn wereldwijd beschikbaar en uitgebreid gedocumenteerd. De overige elektrische componenten, zoals LCD displays, knoppen en elektromotors zijn via commerciële leveranciers als Farnell en Conrad te bestellen.

DIY plantenbiotechnologie: Van Kitchen Culture Kit tot volautomatische groeikamer

De Kitchen Culture Kit bestaat al sinds 1998 en beschrijft wat nodig is voor experimenten met weefselkweek (het doen uitgroeien van stukjes plantenweefsel, bijvoorbeeld uit blad, tot volwassen planten) in de schoolklas of in de keuken⁴⁵. Een wat meer geavanceerd voorbeeld is het *MacGyver Project*, dat beschrijft hoe je met huis-tuin-en-keuken middelen DNA kunt extraheren en het vervolgens op een gel kunt uitzetten met behulp van eenvoudige chemicaliën en hulpmiddelen (water, zout, bakpoeder, azijn, lensvloeistof, zeep, alcohol, agar agar, glycerol, koffiefilters of kaasdoek), een pH-meter voor het aquarium, een bak van tupperware of lego met twee elektroden (roestvrijstalen schroeven en draad) aangesloten op een paar batterijen, een kam en wat tape⁴⁶. Een ander voorbeeld is de *Arduino Grow Room Controller*. Deze is, gebaseerd op een open source computing platform (kosten 40,50 Euro), een vocht- en temperatuursensor (29 Euro), een elektronische klok (ca. 10 Euro), een LCD-scherm (17 Euro) en enkele transistoren (1,50 Euro)⁴⁷. Totale kosten: nog geen 100 Euro. De bijbehorende software is open source en kan gratis worden gedownload⁴⁸. Met deze *Grow Room Controller*, een afgesloten bak, een lamp, een ventilator en een verwarmingselement kan een groeikamer worden gebouwd met automatische regeling van temperatuur, belichting en vochtgehalte. Vochtmeters kunnen worden gemaakt met stukjes plastic buis gevuld met gips en voorzien van twee gegalvaniseerde spijkers⁴⁹.

4.6. Consumables: chemicaliën (buffers, kleurstof), reagentia en enzymen

Voor het verkrijgen van chemicaliën zijn de doe-het-zelvers aangewezen op eenzelfde soort aanvoerkanalen als hardware. Met het verschil dat het aanbod van commerciële partijen ditmaal groter is. DIYBio handleidingen gaan meestal specifiek in op het vinden van alternatieven voor moeilijk verkrijgbare ingrediënten. Als alternatief voor agarose, wordt bijvoorbeeld zelf agar agar van de Indonesische toko gezuiverd⁵⁰. Ook worden de middelen die verkrijgbaar zijn in een apotheek, drogist, aquariumwinkel of supermarkt regelmatig aangehaald⁵¹. Op de Europese DIYBio.eu mailinglist wordt

⁴⁴ <http://www.amplino.org/prototyping/>

⁴⁵ <http://www.kitchenculturekit.com/kit.htm>

⁴⁶ <http://www.scq.ubc.ca/the-macgyver-project-genomic-dna-extraction-and-gel-electrophoresis-experiments-using-everyday-materials/>

⁴⁷ <http://arduino.grc.blogspot.nl/2011/09/here-is-my-arduino-based-grow-room.html>

⁴⁸ <http://www.arduino.cc/en/Main/Software>

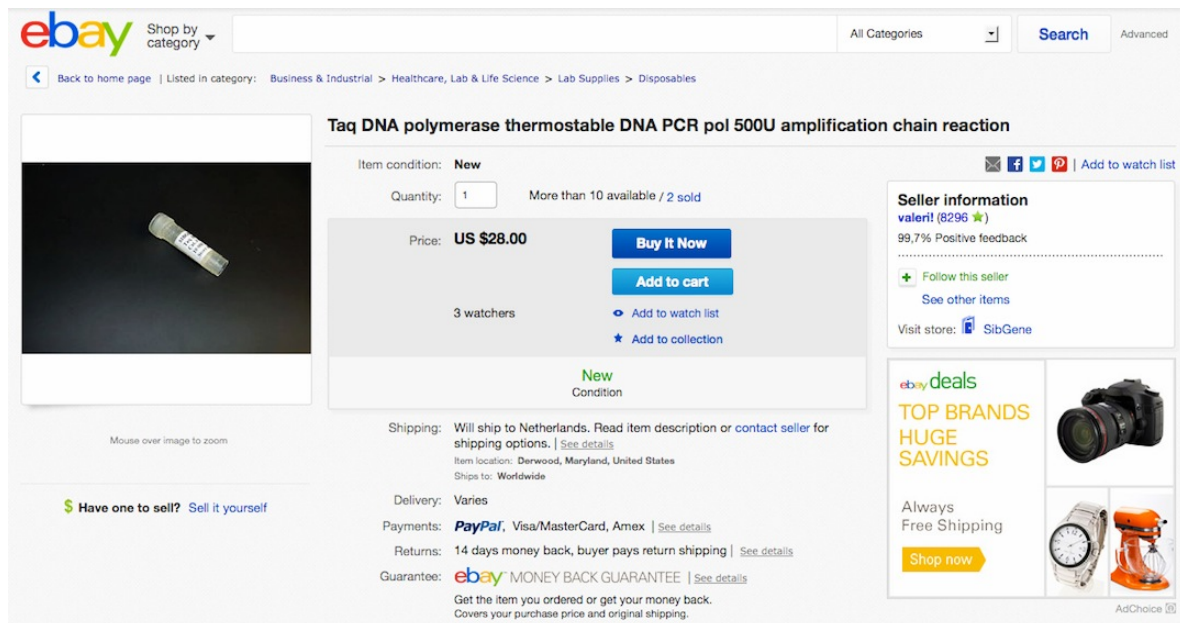
⁴⁹ <http://www.cheapvegetablegardener.com/how-to-make-cheap-soil-moisture-sensor-2/>

⁵⁰ <http://openwetware.org/wiki/DIYbio/FAQ/Equipment>

⁵¹ <http://www.instructables.com/id/5-minute-DNA-Extraction-in-a-Shot-Glass/>

overlegt hoe de kosten beperkt kunnen worden door in Europees verband met verschillende DIYBio groepen gezamenlijk in te kopen.

Voor enzymen en specifieke laboratoriumchemicaliën is men aangewezen op de gebruikelijke leveranciers als Sigma Aldrich, New England Biolabs en Invitrogen. Deze bedrijven leveren enkel aan rechtspersonen die bij de Kamer van Koophandel zijn geregistreerd. Dat is een belangrijke motivatie voor DIYBio groepen om zich te formaliseren. Het Open Wetlab in Amsterdam en BioArtLab in Eindhoven zijn beide reeds geregistreerd. De DIYBio Groningen groep is een informeel verband en is dus voor de levering van deze producten op andere kanalen aangewezen. Op internationale handelsplaatsen als eBay zijn ook diverse chemicaliën beschikbaar zoals agarose, restrictie enzymen en polymerases. De kosten zijn dan aanzienlijk lager, maar de levertijd kan oplopen tot enkele weken.



Er zijn ook

Figuur 4.3. Taq DNA Polymerase op eBay

bedrijven die zich specifiek richten op het bedienen van de DIYBio markt. The Home Scientist bijvoorbeeld biedt voor hobbyisten wereldwijd een complete kit aan, inclusief chemicaliën, voor het starten van een thuislaboratorium. Deze kit is afgestemd op het onlangs door O'Reilly Media uitgegeven boek "Illustrated Guide to Home Biology Experiments" waarin tientallen biotechnologische experimenten stap voor stap staan gedocumenteerd.

Voor het gebruik van micro-organismen zijn diverse bronnen beschikbaar. Wanneer het niet noodzakelijk is om te werken met een reïncultuur zijn voedselcultures verkrijgbaar in supermarkten en drogisterijen. Bijvoorbeeld gist, *Lactobacillus* en azijnzuurbacteriën. Ook startcultures voor aquaria en kombucha (gefermenteerde zoete thee) zijn alom verkrijgbaar.

In de wetenschap worden doorgaans standaard organismen gebruikt, zoals de E. Coli K12 bacterie. Aangezien er in de wetenschappelijke literatuur veel over deze organismen beschreven is, zijn de methoden om deze genetisch te modificeren relatief eenvoudig in te zien. Deze organismen zijn echter alleen via specialistische organisaties te verkrijgen, wat een administratieve en organisatorische barrière met zich meebrengt. Om deze organismen te verkrijgen worden binnen de DIYBio gemeenschap verschillende wegen gevolgd, zoals onderlinge uitwisseling tussen DIYBio labs, donaties van universiteits- of andere onderzoekslaboratoria en aankoop via commerciële leveranciers.

Er zijn geen voorbeelden bekend van DIYBio groepen die doelbewust experimenteren met pathogenen. Het risico bestaat echter dat hier onbewust toch sprake van is, bijvoorbeeld wanneer gebruik wordt

gemaakt van milieumonsters⁵². In Nederland en Europa onderscheiden we vier niveaus met een oplopende fysische inperking namelijk: ML-I, ML-II, ML-III en ML-IV. Hierbij worden steeds hogere eisen gesteld aan de inrichting van een (laboratorium)ruimte. Hoe gevaarlijker bepaalde organismen, des te strenger zijn de eisen aan de ruimte waarin met deze organismen gewerkt mag worden. Het typische DIYBio lab is technisch niet voldoende uitgerust om aan de vereisten van inperkingsniveau 2 te voldoen.

4.7. Conclusies

Op basis van de beschreven activiteiten en het overzicht aan middelen en methoden in DIYBiology kan worden vastgesteld dat kennis en methoden via het internet snel en breed worden verspreid. Deze netwerken vervullen ook een belangrijke sociale rol.

De kosten en leveringsvoorwaarden van laboratoriumfabrikanten vormen een belangrijke drijfveer achter het vormen van gemeenschappen en het ontwikkelen van vindingrijke alternatieven.

De materialen zijn toegespitst op het uitvoeren van moleculair biologische experimenten die gebruikelijk zijn in een lab met het laagste inperkingsniveau, ML1. Genetische modificatie behoort tot de technische mogelijkheden, maar wordt in Nederland, voor zover waarneembaar, niet in een DIYBio setting toegepast.

⁵² <http://brmlab.cz/project/biolab/biostrike>

5. DIYBio, bioveiligheid en misbruik (biosecurity)

Met enige regelmaat wordt DIYBio in de media neergezet als 'Hobbyists Brewing New Life Forms'⁵³, waarin ter discussie wordt gesteld of DIYBio een bedreiging vormt voor het ecosysteem, de gezondheid van mens en dier (bioveiligheid) en de nationale veiligheid (*biosecurity*). In de Verenigde Staten is er, onder meer van de kant van de FBI, in de afgelopen jaren veel aandacht geweest voor de betekenis van DIYBio voor de nationale veiligheid⁵⁴. Ook in Nederland speelt deze discussie. Zo verscheen op 30 december 2013 in de rubriek ingezonden brieven van de Volkskrant een reactie op een artikel over DIYBio dat eerder die week was gepubliceerd. De brieven schrijver sprak zijn verbazing uit over de naïviteit waarmee dit verschijnsel tegemoet werd getreden. Onder verwijzing naar de experimenten waarin Fouchier en zijn collega's van het Erasmus MC aantoonde dat van het H5N1 virus in een paar mutatiestappen de overdraagbaarheid tussen zoogdieren kon worden vergroot, waarschuwde de brieven schrijver voor de mogelijke risico's van DIYBio experimenten. Vormt DIYBio inderdaad een nieuwe uitdaging op het gebied van bioveiligheid en biosecurity? Op welke wijze wordt hier in Nederland aandacht aan besteed? En is de aandacht van de Amerikaanse FBI voor de activiteiten van de DIYBio beweging terecht?

5.1. Twee verschillende issues

Vaak worden de kwesties van nationale veiligheid en bioveiligheid in één adem genoemd. In een policy brief over de implementatie van biosecurity in (bio-)wetenschappelijk onderzoek in Nederland merkt het Rathenau Instituut hierover op: "Bioveiligheid wordt over het algemeen gezien als een kwestie die intrinsiek is verweven met biosecurity, of zelfs als de hoeksteen van effectieve implementatie van biosecurity beleid. Echter, bioveiligheid en biosecurity zijn in meerdere opzichten wezenlijk verschillende kwesties. Het managen van onbedoelde ongelukken ('Keeping bad bugs from people'), hier en nu, is in het belang van de betrokken onderzoekers, terwijl de risico's van opzettelijk misbruik ('Keeping bad people from the bugs'), mogelijk in de toekomst, kan leiden tot maatregelen die de vrijheid van de onderzoeker inperken." (Stemmerding *et al.*, 2011). We hebben hier dan ook te maken met verschillende houdingen en benaderingen. Aan de ene kant vertrouwen dat onderzoekers zich welbewust aan de regels van bioveiligheid houden, tegenover wantrouwen dat mensen doelbewust misbruik kunnen maken van de technologie. Aan de ene kant een houding van openheid in het belang van het managen van de risico's en de wetenschappelijke vooruitgang, aan de andere kant geheimhouding om te voorkomen dat kwaadwillenden toegang krijgen tot bepaalde kennis en technologie.

Of, zoals de KNAW het in haar gedragscode formuleert: "Er is een verschil tussen beveiliging (bescherming tegen opzettelijke dreigingen) en veiligheid (bescherming tegen ongelukken, menselijk falen of natuurlijke bedreigingen)."

In het licht van deze verschillen en spanningen tussen veiligheid en beveiliging concludeert het Rathenau Instituut dat het toepassen van beveiligingsmaatregelen in het kader van het huidige stelsel van bioveiligheidsregelingen niet vanzelf spreekt en vraagt om gerichte beleidsontwikkeling die rekening houdt met die verschillen en spanningen.

In dat licht vinden de auteurs het zinvol om dit onderscheid tussen bioveiligheid en *biosecurity* ook te maken bij de verdere bespreking van de risico's van DIYBio activiteiten.

5.2. Biosecurity

In de Verenigde Staten hebben iGEM en de DIYBio beweging de aandacht getrokken van de FBI en een aantal leden van het Amerikaanse Congres die zich zorgen maken over niet-gereguleerd

⁵³ In Attics and Closets, 'Biohackers' Discover Their Inner Frankenstein, Wall Street Journal, May 12, 2009, <http://online.wsj.com/news/articles/SB124207326903607931>

⁵⁴ FBI, AAAS Collaborate on Ambitious Outreach to Biotech Researchers and DIY Biologists <http://www.aaas.org/news/fbi-aaas-collaborate-ambitious-outreach-biotech-researchers-and-diy-biologists>

biotechnologisch onderzoek. In maart 2010 organiseerde het Woodrow Wilson International Center for Scholars hierover een workshop, waarin een *special agent* van de FBI uitleg gaf over mogelijk misbruik van synthetische biologie voor de productie van massavernietigingswapens. Dit gebeurde tegen de achtergrond van een net verschenen rapport van een commissie van het Congres, waarin werd geconcludeerd dat de VS 10 jaar na de anthrax-aanslagen in 2001 nog steeds onvoldoende is beschermd tegen bioterroristische aanslagen (Gotttron and Shea, 2010). Naar eigen zeggen zoekt de FBI contact met onderzoeksgemeenschappen om een brug te slaan tussen onderzoekers en wetshandhaving. De dienst wil op de hoogte blijven van de ontwikkelingen en onderzoekers wijzen op de risico's van misbruik (You, 2010). Voorlopers uit de DIYBio community gingen de dialoog aan om te voorkomen dat hun activiteiten door de autoriteiten gezien worden als gevaarlijk en oncontroleerbaar, wat zou kunnen leiden tot beperkende maatregelen. Men wilde laten zien dat DIYBiologen niet onbekommerd en onverantwoord te werk gaan. Bovendien zou samenwerking met de autoriteiten mogelijk de deur openen voor financiële overheidssteun. Mede daarom organiseerde DIYBio US samen met de FBI een gezamenlijke Outreach Workshop in 2012, met internationale deelnemers⁵⁵. Die workshop en samenwerking heeft onder meer geleid tot het informeren van politie en brandweer over de locatie van lokale DIYBio werkplaatsen.

Wanneer er in de DIYBio-praktijk wordt gewerkt met genetische modificatietechnieken zal dat over het algemeen worden gedaan met organismen en methoden die vallen in de laagste risicocategorie. Bovendien wordt het risico dat kwaadwillenden via DIYBio de biotechnologie zullen inzetten voor het ontwikkelen van een wapen door meerdere deskundigen als verwaarloosbaar klein beschouwd (Grushkin *et.al.*, 2013). Omvangrijke biowapenprogramma's van nationale overheden hebben in het verleden laten zien wat voor inspanning er komt kijken bij het proberen te vervaardigen van een effectief biowapen (Van der Bruggen en ter Haar, 2011).

Theoretisch is echter niet uit te sluiten dat DIY biologen in een eigen lab met pathogenen aan de slag zullen gaan. Het is onduidelijk of meer regelgeving of controle dit risico kan inperken. Kwaadwillenden zullen zich immers inspannen om hun activiteiten aan iedere vorm van controle en inperking te onttrekken, en voor autoriteiten zo onzichtbaar mogelijk te blijven.

In Nederland is door de KNAW een gedragscode opgesteld voor biosecurity voor onderzoekers, als uitvloeisel van de in 1972 getekende Biological and Toxin Weapons Convention (Werkgroep Biosecurity, 2007). Deze gedragscode is gericht op:

- o bewustwording van de mogelijke risico's van het misbruik van levenswetenschappelijke kennis in de opleiding, vak- en beroepstijdschriften,
- o screening en afweging van onderzoeksprojecten en publicaties op mogelijk misbruik (*dual use*),
- o het melden van (vermoedens van) misbruik gekoppeld aan een regeling voor klokkenluiders,
- o beveiliging van interne- en externe communicatie en screening van personeel en bezoekers van onderzoeksfaciliteiten en van vervoerders en ontvangers van potentieel *dual use* biologisch materiaal.

Het is duidelijk dat deze gedragscode is opgesteld met professionele onderzoekers voor ogen, werkend binnen onderzoeksinstellingen en onderzoeksafdelingen van bedrijven, maar niet met de informeel georganiseerde DIYBio gemeenschap in gedachten. De gedragscodes hebben bovendien een vrijwillig karakter.

Voorts wordt het nationaal veiligheidsbeleid in Nederland gecoördineerd door de Nationaal Coördinator Terrorismebestrijding en Veiligheid (NCTV). Op het gebied van de levenswetenschappen ondersteunt de NCTV de ontwikkeling van *biosecurity* maatregelen en procedures waarmee onbevoegden de toegang kan worden onzegd tot pathogenen en laboratoria voor bio(techno)logisch onderzoek waar met pathogenen wordt gewerkt. Voorts bevat de Europese Dual Use Verordening een *Dual Use* Goederenlijst met daarin een lijst met humane pathogenen, zoönosen en toxinen (European Council, 2012; pagina 87-92)⁵⁶. Voor export naar landen buiten de Europese Unie (EU) is een vergunning vereist.

⁵⁵ <http://diyhl.us/wiki/transcripts/fbi-diybio-2012/security-issues-session.txt>

⁵⁶ <http://www.bureaubiosecurity.nl/dsresource?type=pdf&disposition=inline&objectid=rivmp:199293&versionid=&subobjectname=>

Het exportcontrolesysteem voor dual-use goederen is gebaseerd op risicoanalyses. De nadruk ligt op controle vooraf. Er is een Handboek strategische goederen en diensten is vooral geschreven voor handelaren in en exporteurs van strategische goederen (Ministerie van BuZa, 2013). Ook hier lijken beleid en maatregelen voornamelijk gericht op professionals.

Binnen de amateurbiologie is het niet eenvoudig om op internet instructies voor gevaarlijke experimenten te vinden. Instructies voor het kweken van bijvoorbeeld het pokkenvirus of anthrax bacteriën zijn tijdens een korte zoektocht in het kader van deze studie niet gevonden⁵⁷. Het bleek een stuk eenvoudiger om instructies voor gevaarlijke chemie-experimenten te vinden. Op online chemieforums als sciencemadness.org en op youtube zijn diverse vermeldingen te vinden die beschrijven hoe een explosief of vuurwerk kan worden gemaakt. In Nederland is er een Pyroforum.nl. Ook catalogi voor het vervaardigen van doe-het-zelf wapens, zoals "The Anarchist Cookbook", bevatten geen GMO methoden. Wel zijn er instructies voor het verkrijgen van biologische gifstoffen, zoals die te vinden zijn in het boek "Silent Death". Dit boek bevat onder meer aanwijzingen voor het verkrijgen van ricine en botulinegif uit natuurlijke bronnen.

Een mogelijke aanpak gericht op DIYBio activiteiten is het instellen van een laagdrempelig meldpunt, waar ook niet-professionals eenvoudig verdachte activiteiten kunnen melden. Zo'n meldpunt kent uiteraard ook nadelen, zoals het uitlokken van "vals positieve" meldingen en het psychologische effect van onderlinge controle op de omgang met collega's. Een voorbeeld van een meer speelse benadering is een kaartspel, een soort Pokemon, over "Select Agents", dat is ontwikkeld door de Federation of American Scientists (FAS) en de FBI. Met dit kaartspel leer je welke organismen gevaarlijk zijn, en wat ze zoal kunnen aanrichten. Van het spel is ook een iPhone en Android App gemaakt⁵⁸.

5.3. Bioveiligheid

In een redactioneel van 27 oktober 2010 vragen de editors van Nature zich af of de (Amerikaanse) focus op bioterreur niet teveel afleidt van een veel urgenter thema: bioveiligheid (Nature, 2010).

In veruit de meeste gevallen wordt in DIYBio experimenten gebruik gemaakt van eenvoudige methoden en technieken die ver af staan van de technieken die in moleculair biologische laboratoria worden toegepast. Het betreft dan experimenten die in principe door iedereen, waar dan ook mogen worden uitgevoerd, bijvoorbeeld het kweken van algen, PCR DNA analyses en spectroscopie. Tevens zijn er in silico activiteiten gericht op het gebruik van de informatie en tools die beschikbaar zijn op het internet, zoals Genedesigner. Daaraan zijn geen directe risico's voor mens, dier of milieu verbonden. Een andere categorie activiteiten met een laag risicoprofiel betreft het doen van waarnemingen, bijvoorbeeld het maken van een DNA fingerprint. Tot slot is er de categorie activiteiten waarbij gebruik wordt gemaakt van genetische modificatietechnieken. Dat zijn activiteiten waarvoor in Europa een vergunningplicht geldt.

In de Verenigde Staten hebben DIYbio.org en het Woodrow Wilson Center begin 2013 de mogelijkheid gecreëerd om via een website vragen te stellen aan een bioveiligheidsexpert. Tussen januari 2013 en april 2014 zijn daar niet meer dan 20 vragen gesteld, variërend van de vraag aan welke voorwaarden een BSL1 laboratorium (lage inperkingsklasse) moet voldoen tot voorwaarden die worden gesteld aan het gebruik van zoogdiercellen voor het printen van dierlijk weefsel met een inkjetprinter⁵⁹. Hieruit blijkt dat er weliswaar behoefte aan specifieke informatie over bioveiligheidskwesties, maar dat de vraag betrekkelijk klein is. Uit de literatuur- en internetverkenningen blijkt dat vooral degenen die een actieve en organiserende rol spelen in DIYBio zich terdege bewust zijn van de mogelijke risico's en de voorwaarden (regelgeving) waaraan moet worden voldaan wanneer er wordt gewerkt met genetische

⁵⁷ Zoektermen als "Bio bomb instructions", "cultivating anthrax" en "how to make weaponized small pox" leveren geen resultaten met serieuze instructies op.

⁵⁸ <https://play.google.com/store/apps/details?id=org.fas.mobilebiothreat>

⁵⁹ <http://ask.diybio.org/questions/>

modificatietechnieken. Dat bewustzijn lijkt niet bij alle deelnemers aanwezig. In de workshop die in het kader van dit onderzoek is georganiseerd kwamen risico's voor mens en milieu wel (spontaan) aan de orde in de vorm van vragen, maar het bewustzijn hierover was niet erg groot. Het idee dat er wel eens sprake zou kunnen zijn van regelgeving en voorschriften kwam niet spontaan bij de deelnemers op.

Wanneer bij DIYBio activiteiten gebruik wordt gemaakt van genetische modificatie vallen deze in Nederland onder de milieuregelgeving die op ggo's van toepassing is. Naast een vergunning in het kader van het Besluit GGO moet een algemene omgevingsvergunning worden aangevraagd in het kader van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo). In de interviews werd opgemerkt dat de regelgeving qua milieuvergunningen niet erg duidelijk is, en vaak een dialoog met de vergunningverlener vergt. Ook in het eerdergenoemde redactioneel in Nature van 27 oktober 2010 vragen de editors zich af hoe een DIYBioloog moet omgaan met genetisch gemodificeerde bacteriën en de chemicaliën die worden gebruikt in een eenvoudig moleculair biologisch lab. Kunnen amateurbiologen wel uit de voeten met de bioveiligheidsrichtlijnen die zijn ontwikkeld door de National Institutes of Health en de Centers for Disease Control and Prevention? Die richtlijnen hebben betrekking op chemicaliën en pathogenen die waarschijnlijk nooit door amateurbiologen worden gebruikt en bevatten veel vakjargon.

Onlangs is in de Staatscourant de voorbereiding van een wetwijziging gepubliceerd die het eenvoudiger gaat maken om toestemming voor genetische modificatie op het laagste risiconiveau te verkrijgen⁶⁰. Deze wijziging maakt het bijvoorbeeld mogelijk om op basis van alleen een kennisgeving bepaalde apathogene micro-organismen te modificeren met goed beschreven vectoren en inserties (Staatscourant, 2013).

Naast deze toestemming is echter nog steeds een vergunning voor de inrichting van het laboratorium (de zgn. Wabo vergunning) nodig. De inrichtings- en werkvoorschriften voor een ML-I werkruimte staan beschreven in bijlage 4.1 van de Regeling genetisch gemodificeerde organismen (Minister van VROM, 2010). Het betreft onder meer inrichtingseisen aan werkoppervlakken, vloeren, wanden en deuren, informatie op de toegangsdeur, de aanwezigheid van een autoclaaf, en een wastafel en deugdelijke apparatuur. De werkvoorschriften hebben onder meer betrekking op schoon en zorgvuldig werken, desinfectie na besmetting, het sluiten van deuren en ramen en passende werkkleding. Een lab als het Open Wetlab in Amsterdam zou met beperkte inspanning aan deze voorwaarden kunnen voldoen, maar het is de vraag of dit voor alle DIYBio gemeenschappen geldt.

Ook moet het toezicht door een door het Ministerie van IenM toegelaten biologischeveiligheidsfunctionaris (Bvf) worden georganiseerd. Geen van de Nederlandse DIYBio groepen heeft iemand in huis die over de bevoegdheden van een Bvf beschikt, en zal daarvoor iemand moeten inhuren. Voorts ligt het aanvragen van een vergunning voor het uitvoeren van experimenten met ggo's in een lage risicoklasse wel binnen het bereik van amateurs die zich daar op willen toelagen. Tot op heden heeft echter geen enkele Nederlandse DIYBio groep een dergelijke aanvraag ingediend.

5.4. Conclusies

In de Verenigde Staten is veel aandacht besteed aan het *biosecurity* aspect van DIYBio. Gezien de daarvoor benodigde organisatorische en technologische capaciteit, is de kans op misbruik van de technologie in een DIYBio setting echter zeer klein.

Door het informele karakter van DIYBio en het beperkte bewustzijn over regelgeving en voorschriften onder een aantal deelnemers is wel de kans aanwezig dat er onbedoeld risico's optreden voor mens en milieu. DIYBio groepen zijn niet aangesloten bij een formele bioveiligheidsorganisatie, zoals het BVF Platform. De bestaande gedragscodes en regelgeving zijn gericht op professionals, wat de toegankelijkheid en het begrip in de DIYBio context bemoeilijkt.

In de communicatie over wetgeving en bioveiligheidsvoorschriften kan meer rekening worden gehouden met de leesbaarheid voor amateurs. Een speciaal loket voor DIYBio gerelateerde veiligheidsvragen zoals in de Verenigde Staten is ingesteld lijkt weinig effectief. Wel lijkt het zinvol om op enigerlei wijze een verbinding te maken met professionele bioveiligheidsorganisaties, zoals het BVF Platform.

⁶⁰ <https://zoek.officiëlebeelden.nl/stcr-2013-34198.pdf>

6. De maatschappelijke betekenis van DIYBio

Met enige regelmaat wordt DIYbio in de media neergezet als ‘dé wetenschappelijke trend van dit moment’, als ‘iets dat iedereen over een paar jaar thuis zelf doet’, maar ook als ‘Hobbyists Brewing New Life Forms’⁶¹, waarvan je je moet afvragen of hun activiteiten een bedreiging vormen voor het ecosysteem en de nationale veiligheid. Alhoewel de verwachtingen binnen de DIYBio beweging zelf over het algemeen een stuk bescheidener zijn, hebben DIYbiologen de ambitie om een bijdrage te leveren aan wetenschappelijk onderzoek, wellicht zelfs aan innovatie, en zeker aan (publieks)educatie en reflectie op de mogelijkheden van de biotechnologie en de maatschappelijke betekenis daarvan. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de vraag hoe die bijdrage van de DIYbiologie aan wetenschappelijk onderzoek en innovatie er dan uit zou kunnen zien en op welke wijze de activiteiten van DIYbiologen kunnen bijdragen aan publiekseducatie en maatschappelijke reflectie.

Hoe DIYBio zich in de toekomst verder zal ontwikkelen is in dit stadium moeilijk aan te geven. Naast ad-hoc activiteiten met een vrijblijvend karakter zien we ontwikkelingen in de richting van een meer gestructureerde en gecoördineerde aanpak, binnen maatschappelijk geëngageerde organisaties en de wetenschap.

6.1. De rol van DIYBio in wetenschappelijk onderzoek en innovatie

Is DIYBiology in zijn huidige vorm meer dan een speeltuin voor enthousiaste studenten, kunstenaars en amateuronderzoekers? Is het denkbaar dat de DIYBiology beweging ooit een rechtstreekse bijdrage gaat leveren aan ‘serieus wetenschappelijk onderzoek’, of ontbreekt het daarvoor aan middelen en structuur? Verschillende recente voorbeelden in het wetenschappelijk onderzoek laten zien dat het lonend kan zijn om gebruik te maken van het vermogen van amateuronderzoekers om ‘out of the box’ te denken en visuele problemen op te lossen, de *wisdom of the crowd*, en de creativiteit van ontwerpers en kunstenaars, op voorwaarde dat hun bijdrage wordt ingebed in gestructureerde onderzoeksprojecten. Deze manier van werken wordt aangeduid met de term *distributed thinking of citizen science*. Een citizen scientist is een vrijwilliger die data verzamelt en/of bewerkt in de context van een wetenschappelijk onderzoek (Open Scientist, 2011).

6.1.1. Citizen science in de praktijk

In Nederland kennen we de tuinvogeltelling⁶² van de vogelbescherming. Net als de Britse Big Butterfly Count⁶³ maakt de vogelbescherming gebruik van amateurwaarnemingen voor het in kaart brengen van populaties. Een ander voorbeeld van participatie van ‘amateurs’ in biologisch wetenschappelijk onderzoek zijn het op kankeronderzoek gerichte Cell Slider van Zooniverse in samenwerking met Cancer Research UK, waarin deelnemers wordt gevraagd om opnames van cellen te beoordelen op de aanwezigheid van kankercellen⁶⁴. Galaxy Zoo⁶⁵ laat zien dat het inschakelen van ‘amateur-waarnemers’ zeer succesvol kan zijn. Dit initiatief startte in 2007 met een experiment met datasets van een miljoen sterrenstelsels die waren verzameld in de Sloan Digital Sky Survey⁶⁶. Tot hun verrassing ontvingen de initiatiefnemers binnen 24 uur bijna 70.000 classificaties per uur. Meer dan 15.000 deelnemers zorgden er voor dat binnen een jaar tijd 50 miljoen waarnemingen waren geëncijferd (meerdere waarnemingen per dataset).

⁶¹ In Attics and Closets, ‘Biohackers’ Discover Their Inner Frankenstein, Wall Street Journal, May 12, 2009, <http://online.wsj.com/news/articles/SB124207326903607931>

⁶² www.tuinvogeltelling.nl

⁶³ <http://www.bigbutterflycount.org/>

⁶⁴ <https://www.zooniverse.org/project/cellslider>

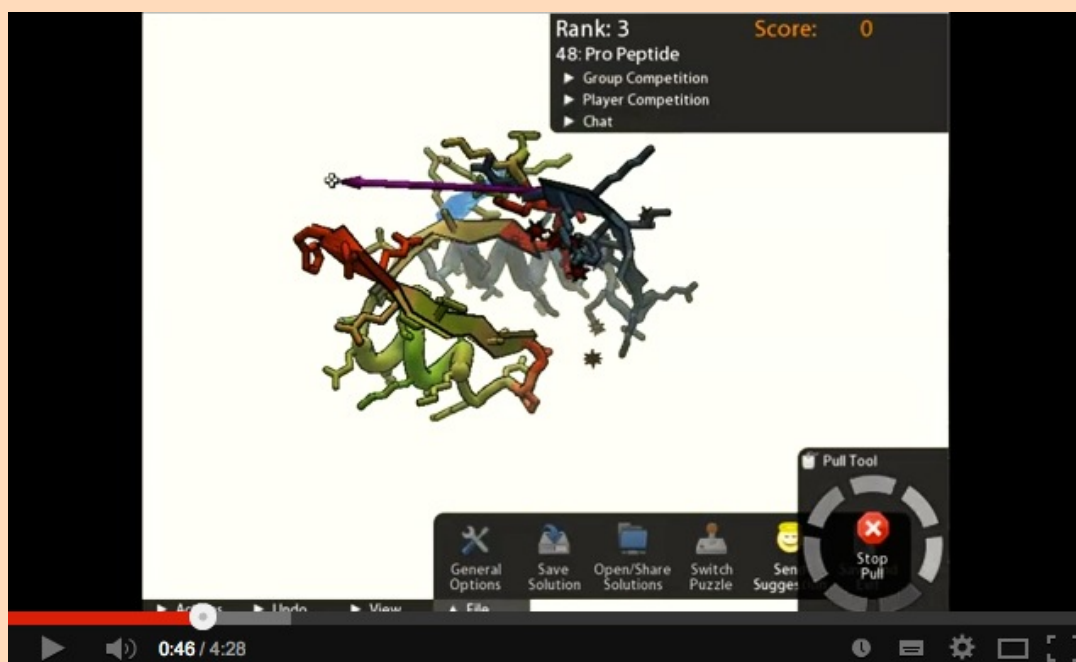
⁶⁵ <http://www.galaxyzoo.org/>

⁶⁶ <http://www.sdss.org/>

In diverse Europese FP7 programma's wordt het inschakelen van burgers voor het verzamelen van data voor wetenschappelijk onderzoek verder uitgewerkt. CITI-SENSE⁶⁷, bijvoorbeeld, is een project waarbij burgers worden ingeschakeld voor het meten van luchtvervuiling en geluidsoverlast met behulp van microsensoren en mobiele apparatuur. In CITCLOPS⁶⁸ worden burgers betrokken bij het verzamelen van gegevens over de kleur, transparantie en fluorescentie van zeewater met behulp van smartphone camera's.

Foldit: gamers helpen onderzoekers met creatieve oplossingen

In mei 2008 lanceerden onderzoekers van de University of Washington, een bèta versie van Foldit, een online videospel waarmee gamers wereldwijd een bijdrage kunnen leveren aan het voorspellen van de vouwing van het bacterieel eiwit PduN. PduN is verantwoordelijk voor de vorming van microcompartimenten, op eiwitten gebaseerde organellen (Foldit, 2013). Met Foldit bouwen de onderzoekers voort op Rosetta@home, een in 2005 gelanceerd project dat gebruik maakte van de rekenkracht van de PC's van privé-bezitters (in totaal 73.070 GigaFLOPS) op het moment dat deze computers niet in gebruik zijn (University of Washington, 2013).



Foldit heeft een Wiki⁶⁹ en telt circa 240.000 deelnemers (januari 2012). Er zijn diverse projecten waarin gebruik wordt gemaakt van de creatieve capaciteit en denkkraft van gamers. In de game gaan spelers met elkaar de strijd aan of werken ze samen om het hoogste aantal punten te behalen. Hebben ze een probleem opgelost, dan mogen ze door naar een hoger spelniveau (Hand, 2010). Door samen te werken bleken de spelers met de hoogste notering beter in staat om een probleem van eiwitvouwing op te lossen dan een computer (Cooper *et.al.*, 2010), en in 2011 slaagden gamers erin om in 3 weken tijd de 3-D structuur te voorspellen van retroviraal protease, een enzym dat een belangrijke rol speelt bij de vermeerdering van het HIV virus (Khatib *et.al.*, 2011). Een jaar later werd in Nature bekend gemaakt dat een aanzienlijke verbetering was bewerkstelligd van de activiteit van een enzym dat bepaalde reacties in de synthetische chemie katalyseert. Foldit-spelers hadden daar een forse bijdrage geleverd (Marshall, 2012).

⁶⁷ www.citi-sense.eu

⁶⁸ www.citclops.eu

⁶⁹ <http://foldit.wikia.com/wiki/Special:WikiActivity>

Over de kwaliteit van de data die door *citizen scientists* wordt verzameld verschillen de meningen. Die zal in elk geval sterk van individu tot individu variëren. Naast goedbedoelende, ongetrainde deelnemers blijken er ook deelnemers te zijn die over veel kennis beschikken en die accurater zijn in het plegen van observaties en het verzamelen van data dan menig getraind onderzoeker (Gollan *et.al*, 2012). *Citizen science* benaderingen moeten het dan ook vooral hebben van subjectieve waarnemingen waarin het gaat om grote aantallen. Naast een wetenschappelijke waarde hebben dergelijke projecten ook een educatieve waarde. Ze hebben de potentie om burgers en wetenschap en natuur dichter bij elkaar te brengen.

Een stap verder dan het gebruik maken van het (subjectief) observatievermogen van vrijwilligers zien we in Foldit, een videogame, ontwikkeld door onderzoekers van de University of Washington, waarmee een groot aantal gamers bijdraagt aan het ontwerpen van 3-D structuren voor eiwitten (zie het kader op de voorgaande pagina).

6.1.2. DIYBio en Innovatie

Kan het vermogen om out-of-the-box te denken en de creativiteit die binnen de DIYBio beweging aanwezig is ook worden benut voor concrete innovaties? We zien wel de eerste aanzetten daartoe. Binnen DIYBio zijn er op het gebied van innovatieve bedrijvigheid twee trends waar te nemen. Enerzijds zijn er bedrijven in opkomst die de eigen gemeenschap bedienen. Het OpenPCR project heeft bijvoorbeeld geleid tot de oprichting van het bedrijf Chaibio. Chaibio heeft in drie jaar tijd ruim 400 OpenPCR machines verkocht, voor \$ 599 per stuk⁷⁰. Anderzijds leeft er bij een aantal mensen binnen de DIYBio gemeenschap de ambitie om producten te maken die breder afgezet kunnen worden. In Nederland hebben drie DIYBiologen die thuis een mobiele *realtime PCR* machine hebben ontwikkeld het bedrijf Amplino gestart, met de ambitie om dit apparaat in te zetten als veldtest voor Malaria. Deze onderneming won de Vodafone Mobiles for Good competitie⁷¹ en het YES!Delft LaunchLab programma⁷².

Daarnaast wordt er langzaam maar zeker verbinding gezocht met het bedrijfsleven buiten de DIYBio gemeenschap. In de december 2013 editie van het vakblad Signalement, een uitgave van de Federatie van Technologiebranches (FHI) is een artikel geplaatst over het Open Wetlab van Waag Society⁷³. Onder de titel "Do-It-Yourself PCR, het moet niet gekker worden" maken Lucas Evers en Pieter van Boheemen duidelijk wat ze op dit gebied doen. Het blad besteedde in een eerder nummer al aandacht aan het Fablab. FHI is het collectief van technologiebedrijven die in de Nederlandse markt actief zijn als aanbieders van industriële elektronica, industriële automatisering, laboratorium technologie en medische technologie.

6.2. De rol van DIYBio in publiekseducatie en maatschappelijke reflectie

Veel instellingen op het gebied van technologie- en wetenschapseducatie richten zich op het primair en middelbaar onderwijs. Het primair onderwijs vanwege het feit dat daarin nog maar nauwelijks aandacht is voor handvaardigheid of andere praktische vaardigheden. Het middelbaar onderwijs, omdat deze leerlingen te helpen bij het maken van een studiekeuze. De ambitie van DIYBio ligt meer op het terrein van publiekseducatie, waarin het begrijpen van wetenschap en technologie als verschijnsel en hun betekenis voor de samenleving centraal staat.

In de vorm van Biocahiers, digitale informatie via Kennislink, tentoonstellingen in wetenschapsmusea en artikelen in de wetenschapsbijlagen van kranten en tijdschriften wordt al meer dan 25 jaar een grote

⁷⁰ <http://openpcr.org/>

⁷¹ <http://www.amplino.org/2012/09/vodafones-mobiles-for-good-finales/>

⁷² <http://www.yesdelft.nl/Portals/1/Amplino%20wint%20YES!Delft%20LaunchLab.pdf>

⁷³ <http://waag.org/nl/nieuws/open-wetlab-signalement>

hoeveelheid informatie over de life-sciences (biotechnologie) aan het publiek aangeboden. Recent Europees publieksonderzoek laat echter zien dat ondanks al deze inspanningen een meerderheid van het Nederlandse publiek zich nog altijd niet goed geïnformeerd voelt over wetenschap en technologie. Ruim 2/3 van de respondenten zegt wel geïnteresseerd te zijn en maar liefst 88% meent dat wetenschap en technologie onze samenleving op een positieve manier vooruit kunnen helpen (TNS Opinion & Social, 2013)⁷⁴. Meer en meer dringt het besef door dat klassieke vormen van kennisoverdracht onvoldoende effectief zijn in publiekseducatie (o.a. Hanssen, 2009). Er wordt dan ook naarstig gezocht naar alternatieven. Zo wijst de Europese Commissie in een Green Paper op het belang van *citizen science*⁷⁵ als bijdrage aan het ontwikkelen van nieuwe vaardigheden en wetenschappelijk-technische kennis, onderdeel van de Horizon2020-agenda voor nieuwe vaardigheden en banen (European Commission, 2013). De Commissie ziet in de actieve bijdrage van burgers aan wetenschappelijk onderzoek ook een middel om invulling te geven aan het streven naar *Responsible Research and Innovation*, waarbij in een vroegtijdig stadium van het onderzoeks- en innovatietraject rekening wordt gehouden met maatschappelijk behoeften en ethische overwegingen (Jacob, 2013).

DIYBio kan een actieve bijdrage leveren aan *understanding by doing* door burgers. Dat de activiteiten zijn gericht op volwassenen is tevens in lijn met de EU programma's. Hierin onderscheidt DIYBio zich ten opzichte van een belangrijk deel van de bestaande wetenschapseducatieprogramma's in Science Centers en wetenschapsmusea.

6.3. De toekomst van DIYBio

Is DIYBio één van de vele hypes, een verschijnsel dat na enige tijd enthousiast door een groep mensen is omarmd, weer langzaam wegebt? Weet de beweging zich een eigen, meer permanente plek te veroveren met behoud van identiteit, idealen en open werkwijze die haar zo kenmerken? Of wordt DIYBio dermate mainstream dat opvattingen en werkwijze geïntegreerd worden in de praktijk van onderzoeksinstellingen, bedrijven en beleid?

In tabel 6.1. geven we enkele kenmerken die horen bij informele en meer formele organisatievormen. Daarbij geven we enkele voorbeelden, zowel op het gebied van de biologie als de ICT. De informele organisatievorm is van toepassing op veel startende DIYBio initiatieven. De betrokkenheid van de deelnemers is vrijblijvend en er wordt gewerkt met (zeer) lage budgetten. Duidelijke trekken van deze informele organisatievorm zien we –op dit moment- onder meer bij de DIYBio groep in Groningen en Hackteria labs. Meer gecoördineerde DIYBio activiteiten hebben een meer projectmatig karakter, zowel wat betreft de betrokkenheid van deelnemers als de financiering. Initiatieven als het Open Wetlab in Amsterdam, het BioArtLab in Eindhoven, DIYbio.org en BiologiGaragen in Denemarken faciliteren activiteiten met een nog altijd sterk informeel karakter. Zij doen dat onder meer door het aanbieden van bijeenkomsten waarin doe-het-zelf activiteiten en/of reflectie op biologische experimenten centraal staat. In een aantal gevallen is er sprake van een interface tussen professionals uit de academische wereld en de grassroots. Formele, zeer gestructureerde organisatievormen komen we in de DIYBio niet tegen. Zo'n formele organisatievorm past ook niet bij de ideële motivaties en het belang van het fun-element zoals besproken in hoofdstuk 3. Wel zien we deze organisatievorm bij enkele activiteiten die nauw verwant zijn met DIYBio, zoals kunstenaars die meedraaien in een dagelijkse laboratoriumpraktijk (embedded artists), de Science Centers en de European Citizen Science Association.

Gezien het prille stadium waarin DIYBio in Nederland verkeert, valt er slechts te speculeren over de verdere ontwikkeling van de organisatiestructuur van DIYBio. De plannen in Eindhoven en Groningen om een soortgelijk laboratorium als in Amsterdam te openen wekken de verwachting dat DIYBio een meer gestructureerde en faciliterende vorm aan zal nemen. Welke impact dit zal hebben hangt sterk af van het vermogen van de deelnemers / initiatiefnemers om middelen daartoe te verkrijgen.

⁷⁴ Overigens scoort Nederland hier met 47% laag ten opzichte van landen als het Verenigd Koninkrijk (64%), Duitsland (66%), Zweden (69%), en Denemarken (72%).

⁷⁵ <http://societyize.eu>

Het is duidelijk dat de sprong van volledige informele activiteiten naar een projectmatige aanpak in Nederland reeds is gemaakt. Dat is mogelijk gemaakt door financiering door de deelnemers zelf, dan wel ondersteund door cultureel maatschappelijke fondsen. Inbedding in regulier onderzoek of het ontplooiën van commerciële activiteiten maakt (nog) geen onderdeel uit van de ambities. Voorbeelden uit het buitenland laten zien dat dit op bescheiden schaal wel mogelijk is. Zo heeft het bedrijf Novozymes in februari 2013 besloten om de makerspace Labitat van BiologiGaragen in Kopenhagen voor een bedrag van 100.000 Deense Kronen (13.400 Euro) te sponsoren⁷⁶. De onlangs opgerichte European Citizen Science Association, laat zien dat er vanuit de wetenschap serieuze interesse bestaat om meer aansluiting te vinden met *citizen science* in het algemeen. Of de DIYBio gemeenschap hierbinnen op het biotechnologische gebied een rol kan spelen moet echter nog blijken.

Tabel 6.1: De organisatiegraad van DIYBio

Kenmerken	Organisatiegraad		
	Volledig ongeorganiseerd		Volledig geïnstitutionaliseerd
Organisatietype	Grassroots/ informeel	Gecoördineerd	Gestructureerd/ formeel
Betrokkenheid	Vrijblijvend	Projectmatig	Professioneel commitment
Financiering	Zero Euro	Projectmatige financiering	Structurele inkomsten (leden, commercieel)
Taken	Incidentele activiteiten	Faciliteren, interface tussen 'de academie' en grassroots	Belangenbehartiging, commerciële activiteiten, ingebed in regulier onderzoek
Voorbeelden	DIYBio Groningen Hackteria labs ⁷⁷ La Paillasse	Open Wetlab Amsterdam BiologiGaragen (DK) DIYbio.org BioArtLab Eindhoven	Piratenpartij, 'Embedded artists', Science Centers, European Citizen Science Association
Te vergelijken met	OHM2013	Cursus Computer hacking voor digitaal forensisch onderzoek	Google X IT-hackers in dienst van overheid en bedrijven voor beveiliging informatie

6.4. Conclusies

In dit stadium is het niet mogelijk om gefundeerde uitspraken te doen over de maatschappelijke betekenis van DIYBio, maar er kan wel gespeculeerd worden over de potenties.

Via de aandacht in de internationale en Nederlandse media levert DIYBio een bijdrage in de zichtbaarheid van levenswetenschappen voor een breed publiek. De berichtgeving heeft echter vaak een hoog hype-gehalte. Door burgers op een nieuwe manier, via hands-on activiteiten met de wetenschap in contact te brengen heeft DIYBio in potentie toegevoegde waarde voor de maatschappelijke en ethische reflectie op biowetenschap en technologie.

Internationaal worden amateurwetenschappers steeds vaker ingezet in de uitvoering van academisch onderzoek, vooral bij het verzamelen van data en het zoeken van creatieve oplossingen voor complexe

⁷⁶ <http://biologigaragen.org/novozymes-stotter-med-100-000-kroner-til-at-udvide-labitat-og-fremme-gor-det-selv-biologi/>

⁷⁷ <http://hackteria.org/?p=2836#more-2836>

problemen. Ook DIYBio kan daarin een rol vervullen. Daarnaast biedt DIYBio ruimte voor out-of-the-box denken en creatieve oplossingen die in potentie kunnen bijdragen aan innovatie.

Binnen DIYBio in Nederland lijkt de wens aanwezig om een ontwikkeling in de richting van een meer gestructureerde organisatievormen met een projectmatige aanpak en gericht op facilitering zoals we die zien bij open Wetlabs in Amsterdam door te zetten. Tegen de achtergrond van de ideële motivaties en het belang van de funfactor ligt verdere formalisering niet voor de hand.

7. Discussie en Conclusies

Het rapport geeft een overzicht van de huidige DIYBio gemeenschap in Nederland. Er is gekozen om dit in een internationaal kader te plaatsen om de complete relevante context te schetsen en een indruk te geven van welke drijfveren, activiteiten en betekenis deze gemeenschap over de volle breedte kenmerkt. Opeenvolgend is de gemeenschap gekarakteriseerd qua gedachtegoed, achtergrond en omvang. Om de vragen van de COGEM met betrekking tot de technische capaciteiten te beantwoorden is een overzicht van middelen en organisatiegraden beschreven. Als laatste zijn de veiligheidsaspecten en de (mogelijke) maatschappelijke betekenis van DIYBio aan bod gekomen.

Uit deze verkenning zijn de volgende conclusies te trekken:

DIYBio is een veelzijdig verschijnsel, mogelijk gemaakt door toenemende beschikbaarheid en toegankelijkheid van de biotechnologie.

Do-It-Yourself (DIY) Biology' is een internationaal fenomeen dat sinds enige tijd ook in Nederland wortel geschoten heeft. Het betreft een bonte verzameling van studenten, semi-professionals, kunstenaars en andere belangstellenden, die met behulp van eenvoudige en betaalbare middelen experimenten met levende organismen uitvoeren. In de meeste gevallen wordt daarbij gebruik gemaakt van biologisch materiaal dat overal te vinden is en eenvoudige laboratoriumtechnieken die op huis-, tuin- en keukenschaal toepasbaar zijn. Maar er kan ook gebruik worden gemaakt van complexere technieken als PCR en genetische modificatie.

DIYbio kan niet in een definitie worden gevat, het is een veelkoppig verschijnsel. Drijfveren en ambities van deelnemers lopen uiteen. Er is soms sprake van eenmalige, oppervlakkige belangstelling, maar er zijn ook personen die sterk en langdurig bij DIYBio activiteiten zijn betrokken. Motivaties variëren van 'spelen met de technologie' tot 'de wereld veranderen'.

De open source benadering –het streven naar vrije toegang tot kennis en technologie voor iedereen- is kenmerkend voor DIYBio.

Ook de achtergrond en het kennisniveau van deelnemers loopt sterk uiteen, variërend van moleculair biologen tot kunstenaars, designers/architecten en 'mensen met belangstelling'. Bovendien zijn er veel lokale initiatieven met uiteenlopende organisatiegraad, van startend initiatief tot wetlabs die al enkele jaren draaien. Die gradaties zien we ook binnen de DIYBio gemeenschap in Nederland.

DIYbiologen proberen het beeld van 'eenlingen die op een zolderkamer biotechnologisch knutselwerk verrichten en daarmee een gevaar vormen voor mens en milieu' te weerleggen, en dat lijkt terecht. Er is eerder sprake van een Do-It-Together beweging, waarbij mensen vooral ervaringen en kennis delen. Daar samen plezier aan beleven is een belangrijke factor.

Door gebruik te maken van informatie uit diverse bronnen en veel inventiviteit is het mogelijk om met beperkte middelen relatief eenvoudige experimenten uit te voeren.

Informatie die nodig is voor het opzetten van DIYBio experimenten is ruimschoots voorhanden. Op het internet zijn uitgebreide handleidingen te vinden voor het uitvoeren van, meestal eenvoudige, experimenten met behulp van huis-tuin-en-keuken middelen, evenals tips voor goedkope (tweedehands) apparatuur, zelfbouw instructies en dergelijke. Het internet is bovendien een middel waarmee de wereldwijde DIYBio gemeenschap met elkaar communiceert.

Alhoewel er tal van mogelijkheden zijn om met weinig geld laboratoriumuitrusting aan te schaffen dan wel na te bouwen, lopen de kosten van het inrichten van een lab toch behoorlijk op. De kosten bedragen naar schatting 10.000 euro voor een basisuitrusting en kunnen oplopen tot een veelvoud daarvan. Dat is een belangrijke motivatie voor lokale DIYBio groepen waar dan ook ter wereld om een gemeenschappelijk lab in te richten. Een voorbeeld daarvan is het OpenWetlab in Amsterdam. In Groningen en Eindhoven hebben DIYBiologen vergelijkbare plannen.

De ambities zijn groter dan de daadwerkelijke activiteiten, die in de media worden uitvergroot.

Het is kenmerkend voor een beweging die in omvang nog bescheiden is dat de ambities verder reiken dan de werkelijke activiteiten. Bovendien wordt er in de media gerefereerd aan DIYBio als 'de nieuwe trend' en worden er speculatieve parallellen getrokken met de opkomst van de ICT in Silicon Valley in de

jaren '70. Het overzicht van praktijkvoorbeelden in deze verkenning (hoofdstuk 4) schetst echter een realistischer beeld van de huidige mogelijkheden. Vanwege de beschikbare kennis, tijd, beperkte uitrusting is het onwaarschijnlijk dat in DIYBio labs complexe experimenten worden uitgevoerd. Genetische modificatie van micro-organismen behoort tot de technische mogelijkheden. Er zijn in Nederland echter geen praktijkgevallen bekend.

De omvang van de DIYBio gemeenschap in Nederland is beperkt tot enkele tientallen personen.

In Nederland is het aantal DIYBio activiteiten en deelnemers vooralsnog beperkt: er zijn enkele tientallen mensen actief. In Groningen is in 2013 een DIYBio opgestart door een kleine groep mensen en in Eindhoven zijn er vooralsnog alleen plannen. De activiteiten van de Waag Society laten echter zien dat DIYBio potentie heeft om een groeiende groep mensen te bereiken, mits er sprake is van structurele, professionele facilitering.

De kans op misbruik is klein.

Het aspect van mogelijk misbruik heeft tot nu toe vooral aandacht gekregen in de Verenigde Staten. Het is de vraag of die aandacht terecht is. Kwaadwillenden zouden gebruik kunnen maken van DIYBio faciliteiten om zich te bekwamen, maar het doelbewust creëren van effectieve biologische wapens is uitermate complex. Gezien de beperkte technologische capaciteiten van DIYBio labs en de sterke sociale cohesie is de kans op misbruik dan ook zeer gering.

Het is voor deelnemers aan DIYBio activiteiten niet vanzelfsprekend dat wet- en regelgeving op experimenten van toepassing kan zijn.

De aandacht voor bioveiligheid van DIYBio experimenten hangt samen met het uiteenlopende kennisniveau van de deelnemers en hun motivaties. Onder de deelnemers aan de workshop die we in het kader van deze verkenning organiseerden bleek het bewustzijn van risico's over het algemeen beperkt. Dat er wet- en regelgeving van toepassing konden zijn op biotechnologische activiteiten kwam niet bij alle deelnemers op. Er zijn echter ook geschoolde en gemotiveerde DIYBiologen die zich zeer bewust zijn van de risico's en daar ook op verantwoorde wijze mee willen omgaan.

De kans op ongelukken als gevolg van menselijk falen, waardoor de bioveiligheid in het geding is, lijkt wel aanwezig. Daarom lijkt het zinvol om aandacht te besteden aan scholing die ertoe bijdraagt dat DIYBiologen zich houden aan bioveiligheidsvoorschriften om de risico's in te perken.

DIYBio heeft de ambitie en de potentie om burgers op een nieuwe manier bij levenswetenschappen te betrekken en kan daarmee een bijdrage leveren aan de maatschappelijke en ethische reflectie op biotechnologie. Het is echter te vroeg om daar gefundeerde uitspraken over te doen.

Op het moment van het uitvoeren van deze verkenning is het te vroeg om gefundeerde uitspraken te doen over de werkelijke maatschappelijke betekenis van DIYBio. De toename van het aantal leden op internetfora en de vorming van lokale DIYBio groepen getuigt echter van een groeiende belangstelling. Vergelijkbaar met de ICT-hackersbeweging lijkt de aantrekkingskracht van DIYBio op deelnemers vooral te danken aan het licht anarchistisch karakter ervan. Mede dankzij dat karakter is het onzeker of we hier te maken hebben met een tijdelijk of een blijvend verschijnsel. Enerzijds kunnen pogingen om DIYBio initiatieven een meer georganiseerd karakter te geven bijdragen aan de continuïteit, anderzijds kunnen ze deelnemers ook afschrikken.

Net als iGEM kan DIYBio wel worden gezien als een vorm van educatie in termen van 'learning by doing'. Het is een (potentiële) kweekvijver voor enthousiaste onderzoekers die leren 'out of the box' te denken. Vergelijkbaar met ICT-hacking kan dit kennis opleveren die praktisch toepasbaar is bij het oplossen van concrete problemen. Alhoewel het voor de meeste DIYBiologen geen doel is, heeft DIYBio als vorm van *citizen science* bovendien de potentie een bijdrage te leveren aan wetenschappelijk onderzoek, mits dit goed wordt aangestuurd door een professionele onderzoeksorganisatie.

Literatuur

Boustead, Greg (2014). The Biohacking Hobbyist. SEED Magazine, December 11, 2008.

Castells, Manuel (2010). The Power of Identity, 2010 Edition, Wiley-Blackwell.

Carlson, Rob (2005). Splice it Yourself: Who needs a Geneticist? Build your own DNA lab. Wired, May 12, 2005.

Cooper, Seth *et.al.* (2010). Predicting protein structures with a multiplayer online game. *Nature* **466**, 756–760, 5 August 2010.

Delfanti, Alessandro (2013). Biohackers. The Politics of Open Science. London, Plutobooks.

Della Porta, Donatella and Mario Diani (2006). Social Movements: An Introduction. 2nd edition, London, Blackwell.

European Council (2012). Regulation (EU) no 388/2012 of the European Parliament and of the Council of 19 April 2012 amending Council Regulation (EC) No 428/2009 setting up a Community regime for the control of exports, transfer, brokering and transit of dual-use items.

European Commission (2013). Green Paper on Citizen Science: Citizen Science for Europe – Towards a better society of empowered citizens and enhanced research.

Foldit (2013). Foldit BETA. <http://fold.it/portal/>, geraadpleegd op 16 december 2013.

Gollan, J., De Bruyn, L. L., Reid, N., & Wilkie, L. (2012). Can volunteers collect data that are comparable to professional scientists? A study of variables used in monitoring the outcomes of ecosystem rehabilitation. *Environmental Management*, 50(5), 669-678.

Gottron, Frank and Dana A. Shea (2010). Federal Efforts to Address the Threat of Bioterrorism: Selected Issues and Options for Congress. February 8, 2011, <https://www.fas.org/sgp/crs/terror/R41123.pdf>

Grushkin, Daniel, Todd Kuiken and Piers Millet (2013). Seven Myths & Realities about Do-It-Yourself Biology. Wilson Center Synthetic Biology Project, SYN BIO 5/November 2013.

Haas, Bart de (2007). “De maatschappij is zonder ons verdergegaan.” Interview met Rob Zwijnenberg. Forum 2/07, Nieuwsbrief Faculteit der letteren van de Universiteit Leiden, <http://www.leidenuniv.nl/letteren/nieuwsbrief/index.php3-c=707.htm>

Hand, Eric (2010). People power – Networks of human minds are taking science to a new level. *Nature* (466), 685-687.

Hanssen, Lucien (2009). Van transmissie naar transactie: Ontwerpvoorwaarden voor succesvolle publieksparticipatie in communicatie en governance van wetenschap en technologie. Proefschrift, Universiteit Twente, 2009.

Jacob, Klaus (rapp.) (2013). Options for Strengthening Responsible Research and Innovation - Report of the Expert Group on the State of Art in Europe on Responsible Research and Innovation, Directorate-General for Research and Innovation Science in Society, EUR25766 EN

Kendall, Diana (2008). Sociology In Our Times, Thomson Wadsworth.

Khatib, Firas *et.al.* (2011). Crystal structure of a monomeric retroviral protease solved by protein folding game players. *Nature Structural & Molecular Biology*, Advance online publication, published on 18 September 2011.

Landwehr, Dominik & Verena Kuni (eds.) (2013). Home Made Bio Electronic Arts. Migros-Kulturprozent, <http://download.e-bookshelf.de/download/0003/8363/35/L-G-0003836335-0002330126.pdf>.

Mackey, Parijata (2010). DIYBio: A Growing Movement Takes on Aging. H+, January 22, 2010.

Manne, Robert (2011). The Cypherpunk Revolutionary - Julian Assange. The Monthly March, 2011, No. 65

Marshall, Jessica (2012). Victory for crowdsourced biomolecule design. Nature News, 22 January 2012.

Ministerie van BuZa (2013). Handboek Strategische goederen en diensten. Ministerie van Buitenlandse Zaken, september 2013.

Minister van VROM (2010). Regeling genetisch gemodificeerde organismen, bijlage 4: Fysische inperking: inrichtings- en werkvoorschriften. Tekst geldend op 03-12-2010.

Nature (2010). Garage Biology: Amateur scientists who experiment at home should be welcomed as professionals. Nature (467), 7 October 2010.

Open Scientist (2011). Finalizing a Definition of "Citizen Science" and "Citizen Scientists". OpenScientist, 2011-09-03.

Pauwels, Eleonore (2011). Synthetic biology raises questions about the re-emergence of citizen science. In: Synthetic Biology Newsletter 02 (June 2011).

Scott, A. (1990) Ideology and the New Social Movements. London, Routledge.

Staatscourant (2013). Ontwerpregeling met betrekking tot het ingeperkt gebruik en de doelbewuste introductie in het milieu van genetisch gemodificeerde organismen. Staatscourant Nr. 34198, 31 december 2013.

Stemerding, Dirk, Keelie Murdoch, Baren van der Meulen, Frans Brom (2011). Implementing biosecurity in (bio-)scientific research in the Netherlands. Rathenau Instituut, Policy Brief November 2011.

TNS Opinion & Social (2013). Responsible Research and Innovation (RRI, Science and Technology. Special Eurobarometer 401, November 2013, http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_401_en.pdf

Tocchetti, Sara (2012). DIYbiologists as 'makers' of personal biologies: how MAKE Magazine and Maker Faires contribute in constituting biology as a personal technology. Journal of Peer Production, Issue 2, June 2012.

Tucker, Jonathan B. and Raymond A. Zilinskas (2006). The Promise and Perils of Synthetic Biology. The New Atlantis, Spring 2006.

University of Washington (2013). What is Rosetta@home? http://boinc.bakerlab.org/rosetta/rah_about.php, geraadpleegd op 16 december 2013.

Van der Bruggen, Koos en Barend ter Haar (2011). The Future of Biological Weapons Revisited, Netherland Institute for International Relations.

Werkgroep Biosecurity (2007). Een gedragscode voor Biosecurity. KNAW, Amsterdam, augustus 2007.

Wilsdon, James & Rebecca Willis (2004). See-through science. Why public engagement needs to move upstream. London, Demos.

Wohlsen, Marcus (2011). BIPONK. DIY Scientists Hack the Software of Life. New York, Penguin.

Wolf, Gary (2009). Know Thyself: Tracking Every Facet of Life, from Sleep to Mood to Pain, 24/7/365. Wired Magazine 17.07, http://www.wired.com/medtech/health/magazine/17-07/lbnp_knowthyself

You, Edward H. (2010). Looking ahead. Presentation at the Biosecurity meeting organized by the Woodrow Wilson International Center for Scholars, March 11, 2010, http://www.synbioproject.org/process/assets/files/6409/_draft/you_presentation.pdf

Bijlage 1: De begeleidingscommissie en de auteurs

Samenstelling van de begeleidingscommissie

Het onderzoek ten behoeve van deze verkenning is ondersteund door een begeleidingscommissie met de volgende samenstelling:

Dr. Tjeerd Kimman, onderzoeksmanager van het Centraal Veterinair Instituut, voorzitter

Bart Erkamp M.Sc, COGEM

Drs. ing. Ruth Mampuy, COGEM, coördinator

Dr. Ir. Cécile van der Vlugt-Bergmans, RIVM, Bureau GGO

Dr. Dirk Stemerding, Rathenau Instituut

Over de auteurs

Huib de Vriend is sinds 1995 onafhankelijk adviseur op het gebied van maatschappelijke aspecten van Life Sciences. De activiteiten van zijn bedrijf, LIS Consult (Driebergen), zijn gericht op het leveren van een bijdrage aan een constructieve dialoog over maatschappelijke verantwoorde innovatie op het gebied van de Life Sciences tussen relevante stakeholders.

Huib de Vriend heeft diverse studies verricht naar ontwikkelingen op het snijvlak van technologie, maatschappij en regelgeving op het gebied van biotechnologie en genomics, met onder meer aandacht voor de sociaal-economische impact, publieksopvattingen en -attitudes. Als mede-oprichter van de Kontaktgroep Biotechnologie & Samenleving (1985-1994) en vervolgens mede als medewerker van de stichting Consument en Biotechnologie (1991-2005) heeft hij veel ervaring opgedaan met de dialoog tussen onderzoekers, overheidsinstellingen, bedrijfsleven, maatschappelijke organisaties en het brede publiek. Hij is (mede-)auteur van diverse publicaties op het terrein van de synthetische biologie, waaronder 'Constructing life', 'Leven maken' en 'Geen Debat zonder Publiek'. Het opkomende debat over synthetische biologie ontleed' in opdracht van het Rathenau Instituut, en twee *Synthetic Biology Newsletters*. In 2008 maakte hij deel uit van de schrijfgroep voor het advies van de KNAW, de RGO en de Gezondheidsraad over synthetische biologie. In 2011 leverde hij de COGEM en het Rathenau Instituut ondersteuning bij de organisatie van een expert meeting over potentiële risico's van synthetische biologie. Mede op basis van de resultaten van deze workshop heeft de COGEM in 2013 een update van de signalering over synthetische biologie uitgebracht.

Vanaf juli 2013 is hij partner in het Europese SYN ENERGENE project, waarin hij zich onder meer bezig houdt met de interactie tussen onderzoekers, regelgevende instanties, en adviesorganen en diverse andere stakeholders op het gebied van bioveiligheid.

Pieter van Boheemen is oprichter van de Dutch Do It Yourself Biotech group. Het doel van deze groep is om mensen zelfstandig in staat te stellen biotechnologie te bedrijven. Pieter haalt hierbij inspiratie uit zijn eigen ervaring als internetondernemer. Hij maakt zichzelf op jonge leeftijd zichzelf de technologie eigen en leidde in 2004 een eigen IT bedrijf. Omstreeks 2008 bedreef hij online retail in zes Europese landen en handel met diverse partijen in Azië. De grootste Nederlandse squashwebwinkel www.squashdeal.nl maakte hier onderdeel van uit.

Tegelijkertijd studeerde hij Life Science & Technology aan de TU Delft en Universiteit Leiden. Gedurende deze studie was hij voorzitter van de studievereniging LIFE en in 2010 nam hij met een team van TU Delft deel aan de internationale Genetically Engineered Machine (iGEM) competition. Met dit team bereikte hij in 2010 de 4^e plaats bij de wereldwijde finale en ontving hij de E.On Best Teamwork Award. In 2011 was Pieter werkzaam als IT security consultant bij Accenture, waarna hij terugkeerde in de Life Sciences via de firma Science Alliance. Hier zette hij het e-Health project 'Wetenschap voor Patiënten' op en was tevens verantwoordelijk voor het vormen van een Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling (EFRO) consortium in de Nederlandse bloembollensector. Parallel hieraan ontwikkelde hij een mobiele malariatester, wat resulteerde in de oprichting van de firma Amplino. Sinds september 2013 is hij als Project Developer verantwoordelijk voor de DIYBio activiteiten van de Waag Society in Amsterdam.

Bijlage 2: De DIYBio workshop van 5 november 2013

In het kader van het onderzoek voor de COGEM naar de DIYBio gemeenschap in Nederland is een workshop georganiseerd voor mensen met belangstelling voor DIYBio experimenten. De workshop werd geleid door Lucien Hanssen van Deining Maatschappelijke Communicatie.

1. De uitnodiging

Voorafgaand aan de DIYBio workshop, die is georganiseerd, is een uitnodiging gestuurd naar het adressenbestand van Waag Society en is een oproep geplaatst op de Waag Open Wetlab website. De uitnodiging en het programma zagen er als volgt uit:

DIYBio en genetische modificatie

In de biotechnologische laboratoria wordt volop gebruik gemaakt van uiteenlopende genetische modificatietechnieken. Nu het steeds eenvoudiger wordt om zo'n lab op te starten, is het niet verwonderlijk dat ook Do-It-Yourself (DIY) Biologen beschikken over deze methoden. Zo wisten leden van het Biocurious lab in Californië genoeg geld te verzamelen om te gaan werken aan een lichtgevende plant. Hoe staat het er eigenlijk in Nederland voor?

Gedurende deze workshop zullen we gezamenlijk op zoek gaan naar de motivaties, mogelijkheden en beperkingen wat betreft DIYBio. Werk samen in groepjes jullie eigen DIY project uit. Vervolgens kun je het voorstel presenteren voor de overige deelnemers en een panel van 4 experts op het gebied van regelgeving en veiligheid, ethiek en wetenschapsfilosofie en de praktijk.

Voorlopig programma:

18:00 Buffet, in de Markerspace. Meld je aan om deel te nemen
19:00 Introductie van deelnemers en presentatie van 2 voorbeeld cases
19:30 Breakout sessie: discussie in groepen over een concreet experiment
20:30 Groepspresentaties
21:15 Reflectie door de panelleden
21:45 Presentatie door Bureau GGO over de officiële procedure
22:00 Afsluiting en borrel

Datum: Dinsdag 5 november

Locatie: Waag Society, Nieuwmarkt 4, Amsterdam

Deze workshop is onderdeel van een studie door Waag Society en LIS Consult voor de Commissie Genetische Modificatie (COGEM), met als doel het verkennen van DIYBiology in Nederland.

2. De deelnemers

Ruim 25 mensen hadden zich voor de workshop aangemeld. Op de avond zelf waren er 17 deelnemers, waarvan 6 met een natuurwetenschappelijke achtergrond, 6 afkomstig uit de wereld van de kunst en design, 1 deelnemer met een sociaal-wetenschappelijke achtergrond, 1 deelnemer uit de IT. Onder de deelnemers bevonden zich veel (internationale) studenten, over het algemeen jonge mensen. Slechts enkele mensen hadden al enige ervaring met experimenten met bio(techno)logie, het merendeel niet. Deze samenstelling is kenmerkend voor de DIY-Bio bijeenkomsten die Waag Society tot nu toe heeft georganiseerd.

Nieuwsgierigheid naar de mogelijkheden van Do-It-Yourself experimenten was wat veel mensen dreef. Een aantal mensen was met een plan of een concrete vraag naar de avond gekomen.

Tabel: Deelnemers aan de DIYBio workshop van 5 november 2013

Naam	Omschrijving / motivatie deelname
Stefan	Political sciences, PhD student in Open Biotechnology
Wieger	Algemene interesse
Derk	Geneeskunde student Amsterdam
Daniel	PhD student Natuurkunde
Janine	Life Science & Technology master student
Talic	PhD student Materiaalkunde Delft
Eveleen	Kunstgeschiedenis, met specialisatie in biokunst
Shugo	Nano electronics en biosensing
Erik	DNA analyse vanwege genetische ziekten in de familie
Daan	Biomedische wetenschappen
??-onbekend-	HKU interieur architectuur
Ingrid	Design student met interesse in biotechnologie
Concoda	Medische wetenschappen
Sumy	Kunstacademie
Rianna	Interieur architectuur
Phelim	Fotograaf
Pantea	IT lab software Synbiota, Canada

3. De opzet van de avond

Na een korte introductie, waarbij mensen werd gevraagd naar hun motivatie, zetten de onderzoekers de opzet van de avond uiteen en werden twee mogelijke cases kort toegelicht: de lichtgevende plant waarvoor het afgelopen voorjaar een succesvolle en spraakmakende *crowdfunding* actie was gehouden en de vleesbederf-detector ontwikkeld door het Groningse iGEM team uit 2012. De presentatie is na dit verslag in het rapport gevoegd (zie bijlage).

Na de introductie gingen de deelnemers uiteen in drie groepen. De deelnemers waren vrij in de keuze van de groep en de groepen konden zelf bepalen met welke case ze aan de slag gingen.

Vragen

Hierbij hebben we hen gevraagd aandacht te besteden aan de volgende vragen:

- o Waarom kies je voor dit specifieke experiment? Is het puur interesse in de wetenschap of techniek, ben je geïnteresseerd in toepassingsmogelijkheden, ben je vooral geïnteresseerd in het creatieve proces, of?
- o Wat zou je nodig hebben om het experiment uit te kunnen voeren?
- o Hoe ver denk je te kunnen komen met het experiment? Wanneer ben je tevreden?
- o Denk je dat je alle kennis die hiervoor nodig is wel in huis hebt, haal je die van het internet, of heb je contacten met onderzoekers?
- o Zou je dit thuis uit kunnen voeren, of heb je daar een goed toegerust lab voor nodig?
- o Hoe houd je het betaalbaar?
- o Vind je het belangrijk om ook stil te staan bij de ethische aspecten? Hoe zien die er voor jou uit?
- o Denk je dat er risico's zitten aan dit type experiment? Hoe zou je daar mee omgaan?

Panel

De groepsdiscussies werden door de onderzoekers en panelleden geobserveerd. Voor het panel waren vier experts uitgenodigd. Op het gebied van laboratoriumpraktijk (Andreas Angermayr, Swammerdam Institute for Life Sciences), DIYBio experimenten (Claudio Tiecher iGEM team, Rijks Universiteit Groningen), bioveiligheid en regelgeving (Cécile van der Vlugt, RIVM), en ethiek en filosofie (Petra Kockelkoren, Universiteit Twente). Elk panellid werd verzocht om vanuit hun eigen invalshoek de groepen te observeren.

Vervolgens werden de projecten plenair gepresenteerd, waarna de vier experts werd gevraagd om op de groepspresentaties te reflecteren.

4. De resultaten

Twee van de drie groepen gingen aan de slag met een concrete case: de lichtgevende plant en fotograferen met bacteriën. Een derde groep ging brainstormen over mogelijke toepassingen en experimenten, mede in het kader van een ruimtelijk (kunst)object voor een stadswijk. Daarnaast presenteerde een van de deelnemers haar persoonlijke wens om te kunnen schilderen met biopigment.

1. De lichtgevende plant

Gepresenteerd door Daan

Het voorstel is om een fluorescente plant te maken die gaat dienen als een verontreinigingssensor. Daarmee denkt de groep iets te ontwikkelen wat voor de samenleving nuttig is.

De groep heeft de indruk dat dit project vrij eenvoudig kan worden gerealiseerd. *Arabidopsis*, *agrobacterium*, en een plasmide als vector zijn volgens hen de enige behoeften. *Agrobacterium* kan zelf uit de grond worden geïsoleerd en is veilig. Het eiwit uit het ingebrachte gen voor GFP dient meteen als selectiegeen.

De kennis en kunde voor het maken van de plasmide zijn wel lastiger te bemachtigen, maar Daan denkt dat hij het zelf aan kan. Desnoods wil hij het bestellen, alhoewel hij er niet zeker van is of dit ook kan als private persoon.

Het leuke aan het project vindt de groep dat het kan worden gedeeld met vrienden, en een goed verhaal is om te vertellen.

Qua veiligheid vermoedt de groep dat er een impact zou kunnen zijn op dieren die de plant eten. Er is ook gesproken over de verspreiding van zaden en gentransfer naar andere planten. Vanuit een van de andere groepen wordt nog gevraagd hoe het zit met de zichtbaarheid van de sensor overdag. Daar is nog niet over nagedacht.

De motivatie bestaat uit:

- Het project is gemakkelijk te doen
- Het project is veilig
- Het maakt indruk op vrienden
- In het algemeen is het goed om te laten zien wat voor verbazingwekkende dingen je met de technologie kunt doen
- Sensors dienen een algemeen nut
- Voordeel ten opzichte van andere oplossingen is de interactiviteit van zo'n plant-based sensor met de omgeving. De plant laat je zien hoe het gesteld is met je leefmilieu.

2. Fotograferen met bacteriën

Gepresenteerd door Phelim

Dit voorstel is geïnspireerd door het werk van Chris Voigt, die ooit lichtgevoelige bacteriën maakte waarmee hij fotografische afdrukken kon maken.

Phelim is vanuit zijn kunstzinnige achtergrond gefascineerd door het streven naar onsterfelijkheid. Hij ziet het portretten als een middel om onsterfelijkheid te bereiken. Nu wil hij graag portretten maken met behulp van levende materie.

Volgens hem is het volgende nodig voor het project:

- een donkere kamer;
- veilige bacteriën die eenvoudig kunnen worden aangepast;
- een lab met een GMO licentie.

Hij zit alleen nog met een aantal vragen:

- Is het veilig om mee te werken?
- Wat kost het, kan ik het me veroorloven?

De kosten zitten voor Phelim voornamelijk in het biologische werk, want alle andere faciliteiten heeft hij al.

Phelim had het project ingediend bij de Universiteit Wageningen, maar werd doorverwezen naar het Open Wetlab.

Op de vraag of hij heeft overwogen om met niet-ggo bacteriën te werken antwoordt hij dat genetische modificatie juist een essentieel onderdeel is van zijn project. Het is voor hem een verwijzing naar het streven naar onsterfelijkheid.

3. Brainstormgroep

Gepresenteerd door Rianne

De algemene motivatie in deze groep was het creëren van een beter imago voor bacteriën.

De toepassingen en ideeën die op tafel kwamen hadden hebben een sterke relatie met de persoonlijke interesses van de deelnemers van de groep, zoals:

1. Zelfreparerend beton, herstel betonrot in duurzame renovatie;
2. Zelfreinigend tapijt;
3. Een stankbestrijder voor in de afvalbak of op de wc;
4. Klimaatbeheersing van een gebouw. Bijvoorbeeld door gordijnen van bacteriën die van kleur veranderen;
5. Een natuurlijke muis *repellent*;
6. Het verkleuren van kaas.

Vragen binnen deze groep waren:

- o Is er voor het tegengaan van betonrot een natuurlijk microbieel proces waarvan we gebruik kunnen maken?
- o Zal het nodig zijn om bacteriën genetisch te modificeren?

Vanuit de andere groepen werd opgemerkt dat je in een aantal gevallen zoekt naar een soort probiotica en dat er al schoonmaakproducten op basis van micro-organismen op de markt zijn.

4. Biopigment

Gepresenteerd door Ingrid

Ingrid is geïnteresseerd in biologische inkt, bijvoorbeeld voor het maken van levende posters die op de omgeving reageren, maar heeft nog wel veel vragen. Bijvoorbeeld hoe je de kleurstof uit bacteriën kunt krijgen, of het in een inkjet cartridge past, of je ze uit je eigen lichaam kunt halen, of het realistisch is, of ze iemand kan vinden die hiermee kan helpen etc.

Ze zou ook graag met bacteriën zelf schilderen.

5. Reflecties door het panel

1. Andreas:

- o De *glowing plant* is technisch mogelijk en al eerder aangetoond. GFP is niet toxisch voor zover bekend.
- o Lichtgevoelige bacteriën zijn ook heel realistisch en eerder gedaan. Er zijn ook lichtgevoelige niet-GM stammen,
- o Over het algemeen is het verstandig om eerst te kijken welke bacterie van nature al doet waar je naar op zoek bent, of zoek naar een gemodificeerd micro-organisme dat al is ontwikkeld,
- o Van de laatste groep is vooral het idee rondom de verkleuring van kaas realistisch, maar een koelkast is geen goede omgeving om in te groeien. Daar komt dan genetische modificatie van pas.

2. Cécile

- o 3 Fases van ontwikkeling: lab, veld en markt. Bij lab experimenten kun je vaak al veel zeggen op basis van informatie over de gastheer en het donorgen. In het veld is de situatie anders dan in het lab omdat het organisme of de genen zich kunnen verspreiden, bijvoorbeeld door kruisbestuiving. Je moet dan voorzorgsmaatregelen nemen, bijvoorbeeld in de vorm van steriele planten of een schakelaar voor een zelfmoord-eiwit in bacteriën.
- o Bij experimenten in het veld en het op de markt brengen van een GM product moet experimenteel bewijs worden verzameld, waarmee je kunt bewijzen dat het veilig is.
- o Verspreiding en effect op de biodiversiteit moet overwogen worden;
- o Het betreden van de markt is een EU proces, en daarmee duurt het vrij lang;
- o Alles bij elkaar maakt dat het realiseren van ideeën lastig.

Echter, als een paar vrienden besluiten om gewoon thuis experimenten te doen zonder dat te melden, dan is dat weliswaar illegaal, maar de overheid heeft weinig middelen om daar achter te komen.

3. Petran

- o Heeft de projectvoorstellen vooral bekeken vanuit een anti-uniformistisch oogpunt en het democratiserend effect. Zouden de projecten bijdragen aan lokale variatie, of juist globalisme promoten? In zijn ogen moeten DIYBio labs een bijdragen leveren aan het tegenwicht aan de industriële uniformiteitstrend.
- o De *glowing plant* is daarmee vooral een globalistisch project, omdat hier gezocht wordt naar een uniforme sensor.
- o De lichtgevoelige bacteriën en het pigment kan juist weer wel aangepast worden aan lokale voorkeuren.

4. Claudio

Signaleert een behoefte aan communicatie tussen twee werelden, die van kunstenaars en wetenschappers. Je ziet daarvan wel voorbeelden in iGEM teams, waarin de meeste deelnemers een biologie-achtergrond hebben, maar er zitten ook wel mensen in met een technische achtergrond, en soms ontwerpers. Ook kunstenaars zouden deel uit kunnen maken van iGEM teams. Vindt de ideeën vooral interessant vanwege die creativiteit die er in schuilt.

6. Observaties van de onderzoekers

- o Het is een internationaal gezelschap van vooral jonge mensen die actief gebruik maken van internet om aan hun informatie te komen en met elkaar in contact te komen. Naast de virtuele omgeving(en) is er behoefte aan een fysieke plek waar mensen bij elkaar kunnen komen om van elkaar te leren en ideeën te bespreken;
- o Het is een gemengd gezelschap van mensen met uiteenlopende motieven. Van mensen met een technisch-wetenschappelijke achtergrond die enthousiast zijn over de technologie, wat die vermag, en die dat graag aan andere mensen willen laten zien (overtuigen?), tot mensen die vooral geïnteresseerd zijn in de technologie als creatieve tool. Voor hen staat centraal wat je met de technologie aanschouwelijk kunt maken, beleving, ervaring....;
- o Hierdoor is er sprake van forse verschillen in kennis. De kennishonger is groot.

- o De mensen met een technische achtergrond waren vrij optimistisch over de praktische mogelijkheden voor het uitvoeren van de ideeën, vooral die gebaseerd op micro-organismen. Experimenten met GM planten zijn uitvoerbaar in een gangbaar universiteitslab. Het optimisme over de glowing plant is nogal eenzijdig gebaseerd op de technische mogelijkheden om een transformatie tot stand te brengen. Opmerkingen dat je heel veel transformaties moet maken om uiteindelijk tot een plant te komen die de gewenste eigenschappen heeft, werden nogal eenvoudig weggewuifd;
- o Risico's voor mens en milieu kwamen wel aan de orde in de vorm van vragen, maar het bewustzijn hierover was niet erg groot. Het idee dat er wel eens sprake zou kunnen zijn van regelgeving en voorschriften kwam niet spontaan bij de deelnemers op.
- o Het idee van een 'counter culture', tegen gevestigde structuren en machtsbolwerken gericht, zoals geopperd door Petran Kockelkoren leek bij de aanwezigen niets los te maken. Men is niet persé tegen de industrie?
- o De kracht van de DIY (of DITogether, er is veel enthousiasme om samen te werken) Biology beweging lijkt vooral te zitten in het enthousiasme, de open reflectie en de creatieve ideeën. Technologisch gezien lijkt het vooral te gaan om het verder ontwikkelen van bestaande technieken gericht op goedkope, evt. zelf te bouwen apparatuur.
- o De creatieve ideeën komen vooral uit de kunst en design wereld, alleen ontbreekt het hier aan kennis om een reële inschatting te kunnen maken van de mogelijkheden die de technologie hen kan bieden. De technologie wordt gezien als een tool die een nieuwe manier van expressie mogelijk maakt. De intrinsieke functie van kunst en design blijven onveranderd.

Presentatie ter introductie van de DIYBiology workshop



waag society
institute for art, science & technology



LIS CONSULT
Life sciences, Innovation and Society



COMMISSIE
COGEM
GENETISCHE
MODIFICATIE

DIY Bio & genetic modification workshop

1. Welcome & introduction
2. Cases studies in working groups
3. Break
4. Reporting
5. Feed-back on practical, safety, legal, ethical and philosophical issues
6. Drinks

Cases

1. Choose your own case
 2. Glowing plants
 3. Food warden (meat spoilage detector)
-
- ❖ Appoint reporter
 - ❖ Discuss how, what you'd need (equipment, knowledge, funds), obstacles, motivation

Case study 1: Glowing plant

<http://www.youtube.com/watch?v=Dc7QBPfX6sY>

Case study 2: iGEM Groningen 2012



DIYBio and
Genetic Modification
workshop

Images by iGEM Groningen team 2012 (CC BY 3.0 License)

iGEM

- International Genetically Engineered Machine
- Students competition
- Synthetic biology
- Summer projects



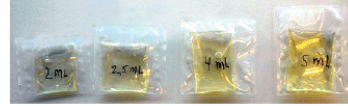
- Contributed to the “Registry of Standardized Genetic Parts” a.k.a “Parts Registry”

Food Warden background

- 1.3 billion tons of food is wasted annually
- Due to “Best Before” dating system



- Project goal:
 - Develop a bacterial meat-spoil sensor



Images by iGEM Groningen team 2012 (CC BY 3.0 License)

<http://vimeo.com/52145107>

Approach

- Select a host strain: *Bacillus subtilis*
- Find responsiveness to spoiled meat
- Isolate the “promotor”
- Genetically engineer a signal and reporter construct into a plasmid backbone
- Clone it into *Bacillus subtilis*



Images by iGEM Groningen team 2012 (CC BY 3.0 License)

Bijlage 3: Overzicht van de interviews

Het doel van de interviews was om de beschrijving van DIYBio activiteiten in Nederland verder aan te vullen en meer te weten te komen over de drijfveren en achtergronden van DIY Biologen. Ook hielpen de gesprekken in het richting geven aan de onderzoeksfase. De onderwerpen die ter sprake kwamen zijn indien relevant verder uitgediept en de uiteindelijke bevindingen zijn een integraal onderdeel geworden van het onderzoek en rapport.

De interviews zijn gevoerd met:

- Claudio Tiecher, Alessio Marcozi en Richel Bilderbeek van DIYBio Groningen
- Jalila Essaidi van BioArtLab Eindhoven
- Tanja Klop van Science Center Delft
- Per Staugaard, freelance bioveiligheidsfunctionaris
- Pieter van Boheemen, Open Wetlab Amsterdam

DIYBio Groningen

De 3 afgevaardigden van de DIYBio groep Groningen hebben in het interview gesproken over hun duiding van het fenomeen DIYBio. Ook zijn de achtergrond, aanleiding, huidige activiteiten en de toekomstverwachtingen ter sprake gekomen.

BioArtLab

Jalila Essaidi heeft in het interview de doelstellingen van het laboratorium dat in Eindhoven wordt opgericht toegelicht. Hieruit bleek dat het bereik van het BioArtLab veel verder dan de DIYBio gemeenschap reikt. De activiteiten die op de planning staan zijn hoofdzakelijk gericht op biokunst.

Science Center Delft

Het Science Center Delft is geïnterviewd om te onderzoeken welke verbanden of vergelijkingen er getrokken kunnen worden tussen de DIYBio beweging en wetenschapscentra. In het Science Center Delft is bovendien een laboratorium ingericht waarin proeven gedemonstreerd worden.

Per Staugaard

Als freelance bioveiligheidsfunctionaris is Per Staugaard bij projecten van diverse omvang betrokken. Hem is gevraagd of er bepaalde trends waarneembaar zijn en of er met betrekking tot DIYBio bijzonderheden zijn waar vanuit bioveiligheidsoogpunt rekening mee gehouden moet worden.

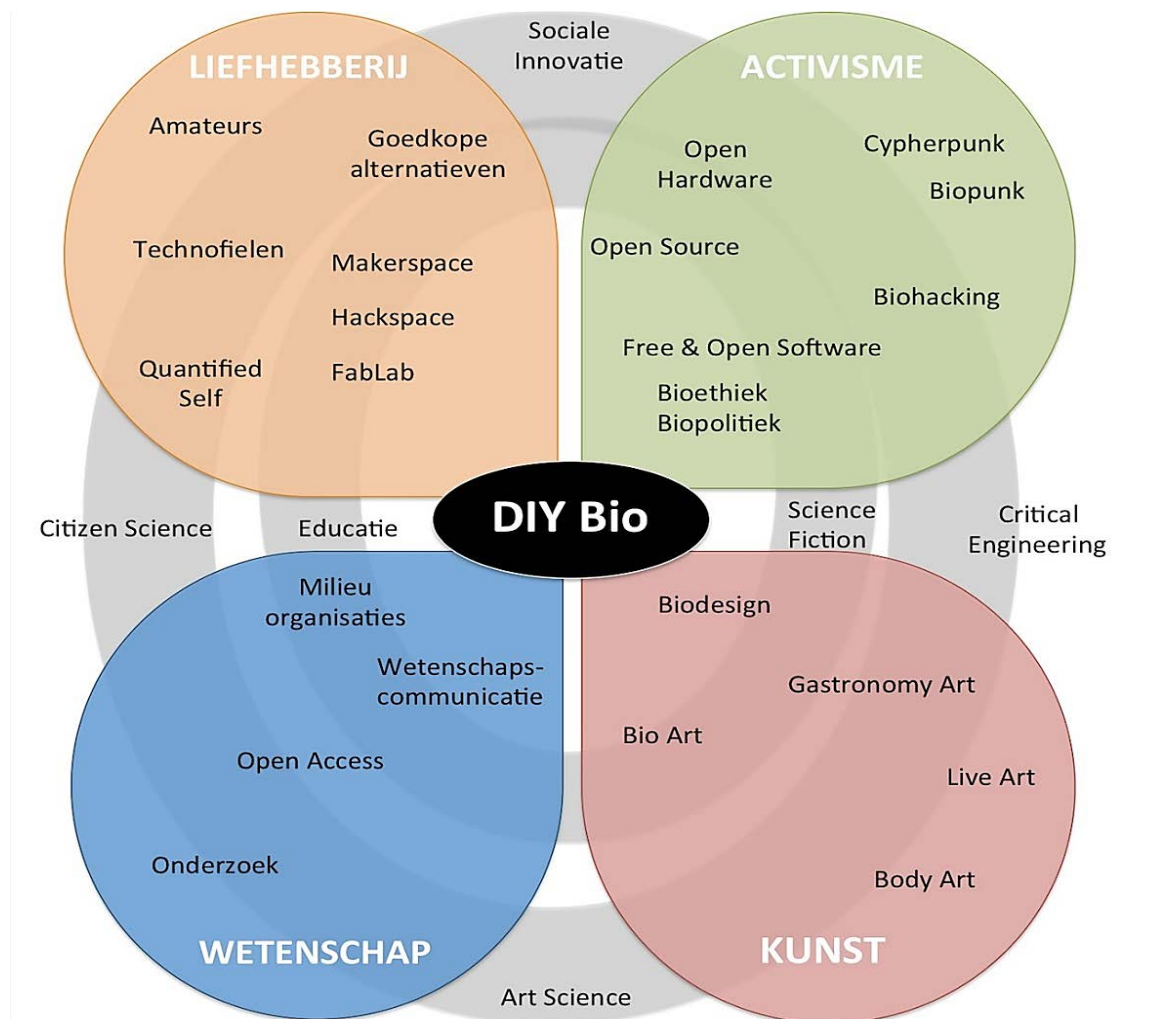
Open Wetlab Amsterdam

Het interview is gevoerd door Huib de Vriend met als doel om het Open Wetlab in kaart te brengen. De aanleiding, doelstellingen en activiteiten zijn ter sprake gekomen. Ook de verbindingen met andere bewegingen en instituten zijn besproken.

Bijlage 4: Diverse vormen binnen het DIYBio-domein en hun onderlinge relaties

In de populaire en populair-wetenschappelijke media en in de literatuur komen we uiteenlopende activiteiten, groepen, opvattingen en begrippen tegen, zoals *bioart*, *biohacking*, *FabLabs* en *open access*, die met DIYBio worden geassocieerd. Soms betreft het groepen en activiteiten die sterk zijn gericht op en/of het karakter hebben van sociale innovatie. Nieuwe vormen van (samen)werken en organisatiestructuren staan hier voorop. Andere activiteiten en groepen focussen vooral op educatie, vooral door ‘wetenschap te doen’, niet persé gebonden aan een wetenschappelijke omgeving of opleiding. Er zijn ook groepen die gedreven worden door de mogelijkheden die de technologie biedt voor nieuwe uitingsvormen, in de kunst. En er zijn groepen en activiteiten waarin zowel de kansen als de risico's van de technologie en kennis centraal staan (*critical engineering*⁷⁸), soms met een vleugje *science fiction*. We kunnen die begrippen en verschijningsvormen onderverdelen in 4 categorieën, te weten:

1. Liefhebberij, op het snijvlak van sociale innovatie en educatie;
2. Activisme, op het snijvlak van sociale innovatie en *critical engineering*;
3. Wetenschap, op het snijvlak van kunstwetenschap en educatie;
4. Kunst, op het snijvlak van kunstwetenschap en *critical engineering*.



Figuur B1: Diverse vormen van DIYBio gecategoriseerd.

⁷⁸ Een omschrijving van het begrip ‘critical engineering’ is te vinden in het critical engineering manifesto, opgesteld door een werkgroep in 2011: <http://criticalengineering.org/>

1. Liefhebberij

Do-It-Yourself Bio roept bij velen een beeld op van de amateurwetenschapper die in een garage een biotechnologisch laboratorium heeft ingericht (Grushkin, 2013). Gedreven door een fascinatie voor de technologie besteden de betrokkenen binnen dit cluster hun vrije tijd aan het beoefenen van biotechnologische experimenten onder diverse omstandigheden en met verschillende doelen. Hier komen we de volgende groepen en verschijnselen tegen:

1. Amateurs: DIYBiologen wordt vaak het label “amateur” meegegeven omdat zij met deze activiteiten niet hun primaire inkomsten vergaren. Dit sluit echter niet uit dat diezelfde amateurbioloog in zijn professionele leven werkzaam is in de life sciences. De initiatiefnemers van de DIYBio labs in Amsterdam en Groningen hebben bijvoorbeeld een universitaire biotechnologische opleiding genoten.
2. Technofielen: Op de workshop kwam een publiek af met achtergronden in de wetenschap, kunst, design/architectuur en technologie. Ondanks deze verschillen deelden ze allen een sterke interesse in de biotechnologie en een fascinatie voor de toepassingsmogelijkheden. Deze fascinatie voor techniek is een typische eigenschap van technofielen.
3. Makerspace, Hackspace en Fablab: Het Open Wetlab in Amsterdam en de DIYBio Groep Groningen zijn beide ontstaan uit een *makerspace*. Net als FabLabs⁷⁹, plaatsen waar iedereen tegen een gering huurbedrag gebruik kan maken van digitale machines voor het vertalen van een ontwerp in een driedimensionaal, werkend prototype, is dit een plek waar technofielen gezamenlijk prototypes maken en techniek onderzoeken.
4. Goedkope alternatieven: Onder amateurs is doorgaans minder geld beschikbaar dan in professionele organisaties. Vandaar dat DIYBiologen geïnteresseerd zijn in goedkope alternatieven voor bijvoorbeeld chemicaliën (Agar Agar in plaats van Agarose) en apparatuur (zelfbouw PCR machines). Hier ontstaan tevens verbintenissen met de Open Source Hardware⁸⁰ en Software⁸¹ beweging. Ook is deze behoefte een belangrijke drijfveer achter innovatieve bedrijvigheid. Goedkope alternatieven worden bijvoorbeeld ontwikkeld door bedrijfjes als het Amerikaanse OpenBiotech⁸² en het Nederlandse Amplino⁸³.
5. Quantified self: Hier draait het om het bijhouden van persoonlijke biologische gegevens, zoals dieet, hartslag en ontlasting. Door middel van (pseudo)wetenschappelijke analyses proberen individuen meer inzicht te krijgen in hun eigen biologie. Deze inzichten worden vervolgens gedeeld met andere gelijkgestemden. De term *quantified self* is bedacht door Gary Wolf en Kevin Kelly van het tijdschrift Wired. In 2007 startten zij een blog over het verschijnsel dat ze ook wel aanduiden als *Self-Knowledge Through Numbers* (Wolf, 2009). Dit heeft betekenis gekregen bij het streven naar *Healthy Ageing*⁸⁴. Daarnaast mag de DIYBiology zich verheugen in de belangstelling van soortgelijke bewegingen op andere terreinen, zoals de transhumanisten, een (kleine) groep mensen die openlijk streven naar het inzetten van technologie voor de verbetering van mensen in termen van gezondheid, intelligentie en levensverwachting. In een artikel over DIYbio in h+, een magazine over transhumanisme, spreekt Parijata Mackay over DIYh+, een fusie tussen DIYbio en transhumanisme (h+), door anderen ook wel aangeduid met de term *bodyhacking* (Mackey, 2010).

⁷⁹ <http://fablab.nl/>

⁸⁰ <http://www.oshwa.org/>

⁸¹ <http://opensource.org/>

⁸² <http://www.openbiotech.com/>

⁸³ <http://www.amplino.com/>

⁸⁴ In 2012 heeft de Hanzehogeschool in Groningen het Quantified Self Institute opgericht om datgene wat binnen de QS beweging gebeurt, te koppelen aan onderwijs, onderzoek en ondernemerschap (<http://quantifiedselfinstitute.org/>).

2. Activisme

DIYBio kent ook activistische aspecten. Het gaat hierbij om activiteiten die een bepaalde maatschappelijke veranderingen beogen te bewerkstellingen. DIYBio wordt binnen deze context dan ook gezien als een uiting van ideologisch gedachtegoed. Zoals we eerder hebben gezien, speelt dit ook in belangrijke mate binnen de Nederlandse DIYBio beweging.

Verschijselen en opvattingen die samenhangen met de activistische kant van DIYBio zijn:

1. Cypherpunk: Een beweging die zich sterk maakt voor het gebruik van encryptie –het coderen van gegevens- met het oog op privacy en veiligheid (Manne, 2011). Wanneer binnen de DIYBio gemeenschap het onderwerp bio-informatie aan bod komt, ontstaat er al snel discussie over de bescherming van privacy door middel van encryptie. Dit komt doordat een aantal zeer actieve deelnemers aan de internationale DIYBio discussieplatformen zich verwant voelt met het gedachtegoed vanuit de cypherpunk beweging⁸⁵.
2. Open hardware: Het belangrijkste voorbeeld van de verbinding tussen DIYBio en Open Hardware is de *OpenPCR*. Dat is een *thermocycler* waarvan de blauwdrukken vrij toegankelijk zijn. Dit project werd tevens gefinancierd door middel van een *crowdfunding* campagne⁸⁶. Andere voorbeelden van Open Hardware zijn de RepRap 3-D printer⁸⁷ die de meeste van zijn eigen onderdelen kan printen (zie oa. Pearce *et al.*, 2010; Pearce, 2012) en de Arduino microcontroller⁸⁸ waarmee onder meer een besturing voor een groeikamer kan worden gebouwd.
3. Open source: Het publiek verspreiden van de ontwerpen van een product of proces voor verdere bewerking. Doorgaans onder een licentie die bepaalt dat afgeleid werk op eenzelfde wijze gepubliceerd moet worden, zoals Creative Commons⁸⁹.
4. Biopunk: Deze term duidt specifiek biohackers aan die zich richten op genetische informatie. De Amerikaanse IT-hacker Meredith Patterson⁹⁰ publiceerde het Biopunk manifesto in 2009. Ook het Critical Art Ensemble, een beweging op het snijvlak van kunst, kritische theorie, technologie en politiek activisme, wordt in deze categorie geplaatst⁹¹.
5. Biohacking: Deze term kan op veel verschillende wijzen worden geïnterpreteerd. Analoog aan computerhacking wordt er doorgaans mee bedoeld op het toepassen van technieken waarmee een bepaald biologisch proces wordt veranderd of de controle wordt overgenomen. Tegelijkertijd wordt de term ook door transhumanisten en de Quantified Self beweging gebruikt wanneer het gaat om een combinatie van medische, voedingskundige en elektronische technieken, zoals het gebruik van nootropica (smart drugs, supplementen, nutraceuticals en functionele voedingsmiddelen) en cybernetica (o.a. implantaten).
6. Bioethiek en biopolitiek: Onder biopolitiek wordt in de context van DIYBio de politieke uitwerking van bioethiek verstaan. Zowel de activiteiten van het BioArtLab in Eindhoven als het Open Wetlab in Amsterdam zetten bioethische kwesties ter discussie. Bijvoorbeeld tijdens de “Trust me I am Artist”⁹² reeks van het Open Wetlab waarin een ethiekpanel publiekelijk debatteerde over voorstellen van biokunstenaars.

⁸⁵ Bij het opstellen van haar Cyberpunk Manifesto heeft Meredith Patterson’s zich duidelijk laten inspireren door Eric Huhes’ Cypherpunk Manifesto, dat in 1993 verscheen (Wohlsen, 2011)

⁸⁶ <http://www.kickstarter.com/projects/930368578/openpcr-open-source-biotech-on-your-desktop>

⁸⁷ http://reprap.org/wiki/RepRap_Options

⁸⁸ <http://en.wikipedia.org/wiki/Arduino>

⁸⁹ <https://creativecommons.org/>

⁹⁰ <http://maradydd.livejournal.com/496085.html>

⁹¹ <http://www.critical-art.net/>

⁹² <http://www.artscienceethics.com/>

3. Wetenschap

De voortrekkers binnen de DIYBio gemeenschap hebben over het algemeen een wetenschappelijke achtergrond. Zodoende zijn er veel raakvlakken tussen de academische wereld en die van DIYBio. Hier zien we een aantal vormen die dicht tegen de gangbare opvattingen over wetenschap en educatie aanhangen, zoals:

1. Onderzoek: De doe-het-zelver kan wetenschappelijk onderzoek verrichten, eventueel geleid door professionele partijen. Platformen als Zooniverse⁹³ en CureTogether⁹⁴ richten zich hier specifiek op. Met circa 920.000 doe-het-zelvers wereldwijd wil bijvoorbeeld het Cell Slider project van Zooniverse een bijdrage leveren aan kankeronderzoek⁹⁵.
2. Milieu monitoring: DIYBio en milieu organisaties vinden elkaar zodra het bijvoorbeeld gaat om het monitoren van het milieu. De Indonesische DIYBio groep LifePatch coördineert bijvoorbeeld een programma dat de waterkwaliteit van de rivieren in Yogyakarta monitort. Deze door burgers gedreven kennisvergaring heeft doorgaans ook een activistische motivatie, gestoeld op “*upstream engagement*” principes (Wilsdon & Willis, 2004).
3. Educatie: De workshop DNA fingerprinting tijdens de Mini Maker Faire Groningen in 2013⁹⁶ was een typisch voorbeeld van de leren-door-te-doen methode die door in de DIYBio activiteiten centraal staatbeweging wordt aangehangen.
4. Open access: Om inzicht te krijgen in wetenschappelijke methoden is DIYBio aangewezen op Open Access tijdschriften, zoals PLOS⁹⁷. Binnen DIYBio zijn daarom veel aanhangers van dit publicatiemodel te vinden.
5. Wetenschapscommunicatie: Door het demonstreren en verkondigen van wetenschappelijke methoden voor kennisvergaring draagt de DIYBio beweging bij aan wetenschapscommunicatie. Vicsea versa zijn communicatie activiteiten van universiteiten, zoals “De Reizende DNA Labs”⁹⁸ een inspiratiebron voor DIYBio labs.

4. Kunst

Zoals tijdens de workshop is gebleken, is er veel interesse vanuit de kunsten om met biotechnologische materialen te werken. De uitwerking hiervan heeft vaak een sterk “doe-het-zelf” karakter, omdat ontwerpers en kunstenaars in eerste instantie de kennis en vaardigheden ontberen om geavanceerde biotechnologische technieken te gebruiken. Kunstenaars kunnen het publiek via de verbeelding toegang verschaffen tot de technologie en ‘het hogere doel’ van de wetenschap aan een kritische blik onderwerpen, bijvoorbeeld door totaal onverwachte dingen met technologie te doen (de Haas, 2007). De Koninklijke Academie van Beeldende Kunsten in Den Haag slaat met haar opleiding Art Science⁹⁹ een brug tussen beide werelden. Verder stellen zowel het BioArtLab in Eindhoven als het Open Wetlab in Amsterdam expliciet faciliteiten ter beschikking aan voor kunstenaars en ontwerpers. Uit de interviews is echter gebleken dat biokunstenaars niet per definitie beschouwd worden als DIYBiologen, alleen al vanwege het feit dat deze kunstenaars zich doorgaans beroepsmatig tot de biotechnologie verhouden. Binnen deze categorie zien we onder meer activiteiten op het gebied van:

1. Bio Art: Een vorm van kunst waarin wordt gewerkt met levende materie of processen, zoals bacteriën, celcultures, evolutie en regeneratie. Meestal stellen deze werken het debat over ethische

⁹³ <https://www.zooniverse.org/>

⁹⁴ <http://curetogether.com/>

⁹⁵ <https://www.zooniverse.org/project/cellslider>

⁹⁶ <http://www.diybiogroningen.org/diy-bio-groningen-at-the-mini-maker-faire-2013/>

⁹⁷ <http://www.plosone.org/>

⁹⁸ <http://www.dnalabs.nl/reizende-dna-labs>

⁹⁹ <http://www.kabk.nl/pageEN.php?id=0056>

vraagstukken centraal, of gebruiken ze bioethiek als uitgangspunt. De Nederlandse Designers & Artists 4 Genomics Award¹⁰⁰ is hier een voorbeeld van.

2. Biodesign: Biodesign betreft een toegepaste ontwerpdiscipline waarin gebruik wordt gemaakt van levende materie of processen. Het Nieuwe Instituut in Rotterdam opende in 2013 een expositie¹⁰¹ over dit onderwerp.
3. Gastronomy Art: Binnen deze kunstvorm doen steeds vaker biotechnologische processen hun intrede. Het Centre for Genomic Gastronomy¹⁰² is hierin gespecialiseerd. Ook werd in Amsterdam in 2013 een DIY workshop rondom kweekvlees georganiseerd¹⁰³.
4. Live Art: Een genre waarbinnen het de kunstenaar zelf is die onderdeel uitmaakt van het werk. De kunstenares Jennifer Willet¹⁰⁴ doet bijvoorbeeld uitvoeringen in haar laboratorium.
5. Body Art: Body Art kunstwerken worden gemaakt op of met het menselijk lichaam. Transhumanisten die tot de DIYBio beweging worden gerekend vallen binnen deze categorie, zoals Tim Cannon¹⁰⁵ die met de hulp van piercingzetters zijn lichaam met elektronica implanteert.

5. Cross-overs tussen liefhebbers, activisme, wetenschap en kunst

Tot slot zijn er diverse cross-overs tussen de vier categorieën.

Zo zien we op het grensvlak van liefhebberij en activisme activiteiten die beschouwd kunnen worden als sociale innovatie. Het gaat hier om gecoördineerde acties die een bepaalde maatschappelijke verandering teweeg willen brengen. Het maken van Open Source hardware, zoals de OpenFuge¹⁰⁶, kan als zo'n activistische daad worden beschouwd. Onderzoeksactiviteiten die worden aangeduid met de term *Citizen Science* vinden plaats op het grensvlak van wetenschap en liefhebberij. Het gaat hierbij zowel om het betrekken van burgers bij wetenschappelijk onderzoek (bijvoorbeeld FoldIt¹⁰⁷), als wetenschappelijk onderzoek dat door burgers wordt geïnitieerd. Bijvoorbeeld het DNA barcoding project voor de Hortus van de VU Amsterdam.

Op het moment dat de wetenschap en kunst met elkaar samenkomen wordt dit "Art Science" genoemd. Deze activiteiten draaien vaak om kunstzinnige vragen, waarvoor een wetenschappelijk antwoord wordt gezocht. Het "Bullet Proof Skin"¹⁰⁸ project dat binnen de Nederlandse Artists & Designers 4 Genomics Award werd uitgevoerd kan als zo'n Art Science project worden aangemerkt. Waar kunst en activisme in elkaar overgaan wordt er gesproken van "Critical Engineering" wat binnen DIYBio vaak overgaat in speculatief ontwerp of Science Fiction. Het is hierbij de bedoeling om door middel van kunst het publiek anders tegen bepaalde kwesties aan te laten kijken. De film GATTACA¹⁰⁹, die discriminatie op basis van het genoom aan de kaak stelt, is daar een typisch voorbeeld van. In Nederland zijn NextNature¹¹⁰ en Transnatural¹¹¹ organisaties die zich op dit grensvlak bevinden.

¹⁰⁰ <http://www.da4ga.nl/>

¹⁰¹ <http://www.hetnieuweinstituut.nl/en/biodesign-0>

¹⁰² <http://genomicgastronomy.com/>

¹⁰³ <http://waag.org/en/blog/video-other-dinner>

¹⁰⁴ <http://jenniferwillet.com/>

¹⁰⁵ <http://www.grindhousewetware.com>

¹⁰⁶ <http://www.instructables.com/id/OpenFuge/>

¹⁰⁷ <http://fold.it/>

¹⁰⁸ <http://jalilaessaidi.com/2-6g-329ms/>

¹⁰⁹ <http://www.imdb.com/title/tt0119177/>

¹¹⁰ <http://www.nextnature.net/>

¹¹¹ <http://www.transnatural.nl/>

DIYBio kan ook een brug slaan tussen liefhebbers en kunst. Zo werd de zelfgebouwde *gene gun*¹¹² van de Duitse Rudiger Trojok tentoongesteld als kunstzinnig artifact in het Ars Electronica Centre¹¹³. Tijdens de Do-It-Together Bio workshop van het Open Wetlab worden kunst en doe-het-zelf experimenten tegelijkertijd beoefend.

Als laatste noemen we de Open Access vraagstukken, waar activisme en wetenschap elkaar binnen de DIYBio beweging treffen. Door het gebruik van Wiki systemen en openbare labboeken wordt er gepioneerd in transparante en continue documentatie van onderzoek. Het BioStrike¹¹⁴ project van het Open Wetlab is hier een voorbeeld van.

¹¹² https://labitat.dk/wiki/File:Rudiger_Trojok_gene_gun_hack-v01.pdf

¹¹³ <http://www.aec.at/center/en/ausstellungen/projekt-genesis/>

¹¹⁴ http://hackteria.org/wiki/index.php/Actinomycetes_Tournament:_Open_antibiotics_discovery

Bijlage 5: Nederlandse DIYBio activiteiten in 2013

Omschrijving	Betrokkenen	Waar	Datum	Bereik
Workshop DNA profiling Chaos Computer Club conferentie	Hackers	CCH, Hamburg, Duitsland	Dec 2013	8.000
Lezing Trust Me I am an Artist	Kunstenaars, wetenschappers, pers, publiek	Kapelica Gallery, Ljubljana, Slovenië	Dec 2013	100
Kweekvlees workshop - The Other Dinner	Kunstenaars, wetenschappers, pers, publiek	Waag, Amsterdam	Dec 2013	40
Artikel Business Punk Magazine	Pers	Duitsland	Dec 2013	
Artikel Volkskrant	Pers	Nederland	Dec 2013	
Studentproject UV Yeast Engraving	Ontwerpers HKU	Waag, Amsterdam	Dec 2013	3
Kunstenaarsproject DNA barcoding	Kunstenaar	Waag, Amsterdam	Dec 2013	1
DIY Bio workshop	Kunstenaars, wetenschappers, publiek	Waag, Amsterdam	Nov 2013	50
Presentatie biokunst Louis Buckley	Kunstenaars, wetenschappers, pers, publiek	Pakhuis de Zwijger, Amsterdam	Nov 2013	120
Symposium en biokunst expositie ICT&Art CONNECT	Beleidsmakers EU, kunstenaars, wetenschappers, pers, publiek	Brussel EU Parlement, Bozar, Harlan Levey Projects, iMAL	Nov 2013	1.000
Antibiotica Workshop	Kunstenaars, pers, publiek	Re-new Festival, Kopenhagen, Denemarken	Nov 2013	1.000
Presentatie Webit conferentie	Industrie	Istanbul, Turkije	Nov 2013	8.000
PCR workshop Maker Faire Groningen	Publiek	Groningen	Okt 2013	200
Biokunstinstallatie Museumnacht Delft	Publiek	Delft	Okt 2013	600
Lezingen en workshops Future of Art Science Collaborations	Kunstenaars, wetenschappers, pers publiek	Waag Amsterdam, Lorentz Centre, KABK, Hortus Leiden	Okt 2013	1.000
Cooperation in Science & Technology meeting	DIYBio gemeenschap	COST HQ, Brussel	Okt 2013	15
Designers & Artists 4 Genomics Award	Kunstenaars, wetenschappers, pers publiek	Naturalis, Leiden	Sept – Dec 2013	
Bioelectriciteit workshop Eclectis – Hyperion College	Jongeren, Kunstenaars, wetenschappers, pers, publiek	Amsterdam Urban Innovation Week	Sept 2013	150
Artikel Volkskrant	Publiek	Nederland	Sept 2013	
Interview SAT 3 TV	Publiek	Duitsland	Sept 2013	
Debat Science Cafe	Publiek	Wageningen	Sept 2013	50

Omschrijving	Betrokkenen	Waar	Datum	Bereik
Wageningen				
Debat GMO's Ja-Natuurlijk	Kunstenaars, wetenschappers, pers publiek	GEM, Den Haag	Aug 2013	100
Workshop DNA fingerprinting - Observe Hack Make Festival	Hackers, Kunstenaars, wetenschappers, pers publiek	Beesterzwaag	Aug 2013	50
Artikel Financieel Dagblad	Pers	Nederland	Aug 2013	
Artikel Nieuwezijds Magazine	Pers	Amsterdam	Aug 2013	
Life Sciences Café	Kunstenaars, wetenschappers, pers publiek	Bio Sciences Park Amsterdam	Juli 2013	50
Opening Open Wetlab	Kunstenaars, wetenschappers, pers publiek	Waag, Amsterdam	Juni 2013	1000
Workshop Denktank Prospect	Publiek	Felix Meritis, Amsterdam	Juni 2013	50
Artikel Maker Faire Rome website	Pers	Italië	Juni 2013	
Workshops Microbial Fuel Cells	Publiek	Waag, Amsterdam	Juni – Juli 2013	50
Amsterdam Gist isolatie	Publiek	Amstel Park, Amsterdam	Juni 2013	50
Lezing (Re)Source	Kunstenaars, wetenschappers, pers, publiek	Wageningen Universiteit	Mei 2013	100
Interview BNR Radio	Pers	Nederland	Mei 2013	
Interview VARA De Gids	Pers	Nederland	Mei 2013	
Bioreactor workshop ABN Amro Dialogues House	Bankiers	Waag, Amsterdam	Mei 2013	30
Systems Biology workshop	Kunstenaars, wetenschappers, pers, publiek	Waag, Amsterdam	Mei 2013	50
Presentatie LOGIN conferentie	Industrie, pers, publiek	Expo, Vilnius, Litouwen	Apr 2013	5000
Competent Cells workshop	Kunstenaars, wetenschappers, pers, publiek	Waag, Amsterdam	Apr 2013	30
Bioprinting workshop	Kunstenaars, wetenschappers, pers, publiek	Waag, Amsterdam	Apr 2013	30
Spectrometrie workshop	Kunstenaars, wetenschappers, pers, publiek	Waag, Amsterdam	Feb 2013	40