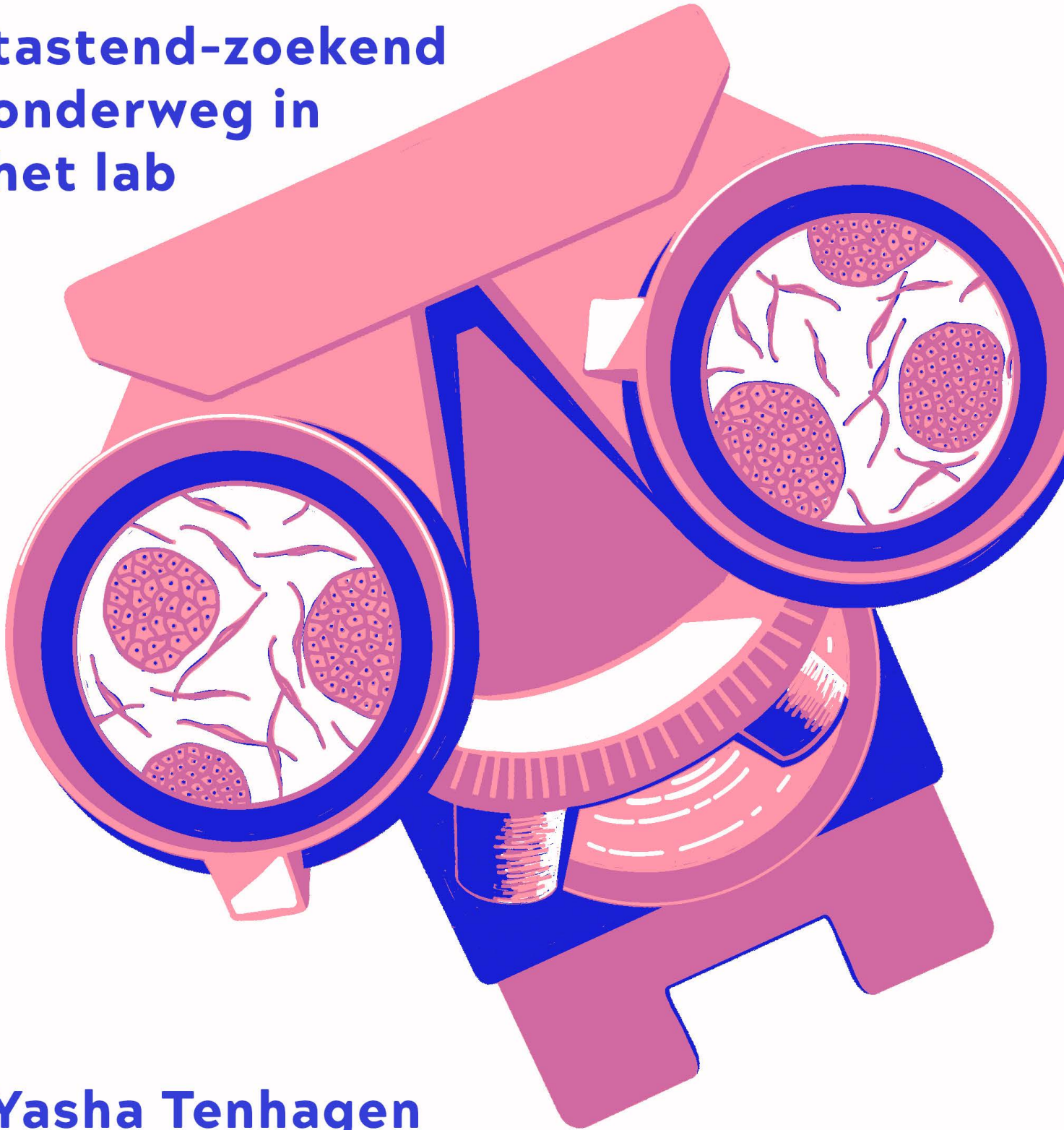


het geheim van de wetenschap

tastend-zoekend
onderweg in
het lab



Yasha Tenhagen

Begeleider: dr. Awee Prins
Adviseur: prof. dr. Joost Gribnau
Erasmus School of Philosophy
Erasmus University Rotterdam

Filosofie van de Nanobiologie
studentnummer: 431477
16200 woorden
25 mei 2021

Abstract

The mystery of science: underway in the lab through intuitive exploration

During my study in nanobiology I became acquainted with contemporary science in an ambiguous manner: a sharp calculating outlook on nature predominates in most courses, whereas this objectification gives way to craft and freedom in the laboratory. In Heidegger's attitude towards technology we can recognise nanobiology as the pinnacle of technoscience. However, the free relationship Heidegger prepares to technology leaves little freedom for scientists. There is no mystery in science. Following in Zwart's footsteps, we can broaden Heidegger's phenomenology from a position of proximity to scientists, namely in the laboratory. In this interpretation of contemporary life sciences, the first cracks appear in the idea of scientists as functionaries of technology and we see a glimpse of scientists as masters of a craft. We pry these cracks open by inquiring about the lab and science not in close proximity to, but as a scientist. In this phenomenology of science in practice we see that we should not confuse science with scientists. Moreover, we discover that scientists might have had their eyes on the mystery in science after all.

Inhoud

Abstract	3
Inleiding	7
I: Nanobiologie als toppunt van technowetenschap	11
<i>De vraag naar de techniek</i>	12
<i>De nanobioloog als bestand</i>	14
II: Voorbij technowetenschap	17
<i>De methode van de vroege Heidegger</i>	18
<i>De methode van de latere Heidegger</i>	21
<i>De methode in de praktijk</i>	23
<i>De methode herzien</i>	26
Intermezzo: spionage van het laboratoriumleven	28
III: Tastend-zoekend onderweg in het lab	31
<i>Laboratoriumartefacten en de intuïtie van wetenschappers</i>	32
<i>Het laboratorium als werkplaats</i>	38
<i>Van een globale naar gezamenlijke onderneming</i>	40
Conclusie: het geheim van de wetenschap	45
Bibliografie	48

Inleiding

Vijf jaar geleden klikte de camera in de passage van het Erasmus Medisch Centrum in Rotterdam. Het vierde cohort van de studie nanobiologie was zojuist geboren en op de gevoelige plaat vastgelegd. Deze studie behelsde een belofte om de *life sciences* radicaal te veranderen en overhoop te gooien. Er was namelijk een behoefte ontstaan aan wetenschappers die in staat zouden zijn om toekomstige uitdagingen zowel vanuit de biologie als vanuit de natuur- en wiskunde aan te kunnen gaan. Studenten van nanobiologie zouden die bruggen leren slaan. Bruggen tussen de wereld van onvoorspelbare en soms ondoordringbare organismen en de wereld van moleculen en wetmatigheden. Bruggen tussen de medische wereld in Rotterdam en de technische wereld in Delft.

Te midden van die groep kakelverse, enthousiaste studenten stond ik. Ik vond het spannend om onderdeel te zijn van zo'n nieuw wetenschapsgebied. Ergens voelde ik ook de druk van die belofte op mijn schouders. Maar bovenal had ik er zin in. Ik was blij dat ik niet te streng had hoeven zijn in mijn studiekeuze. Ik begon aan een studie waar ik mij met drie vakgebieden tegelijk mocht bezighouden en waarbinnen ik niet vast zou zitten aan één richting. Bovendien paste het me om te groeien in mijn onderzoekende houding. Als jong kind vroeg ik me al hardop af wanneer ik éindelijk iets zou leren wat ik niet al wist. Mijn moeder legde me dan geduldig uit dat als je graag nieuwe dingen wilt leren, je onderzoeker moet worden. Deze studie leek me daarvoor een uitstekend startpunt.

Na ongeveer anderhalf jaar studeren begon het te schuren. Als vanzelfsprekend heb je, nadat je een tijd de diepte in bent gedoken binnen een studie, zin in iets nieuws, maar hier leek ook iets anders aan de hand. Over het algemeen vond ik de onderwerpen die aan bod kwamen interessant. Enerzijds leerde ik de nuances kennen van de rol die DNA speelt in celprocessen. Waar ik aanvankelijk dacht dat genen in het DNA de touwtjes strak in handen hebben als het gaat om de aansturing van cellen en, op hoger niveau, een organisme, bleek nu dat die genen in een soort kakofonie tot expressie komen en dat uit die samenzang leven blijkt

te ontstaan. Anderzijds maakte ik kennis met de wiskundige methoden die mij in staat zouden stellen om die chaos binnen de biologie te kunnen ondervangen. Ik werkte mij van integraal naar integraal door de natuurkundige wetten heen, om die biologische chaos te kunnen verklaren. Het was de kant van mijn studie waarin moleculen of cellen naar behoefte werden geabstraheerd tot 'deeltjes' om er vervolgens eindeloos berekeningen mee uit te voeren, waarvan de uitkomsten weer iets zouden zeggen over de biologische realiteit op het kleinste niveau. Toch bleef het mij enigszins onduidelijk hoe die twee kanten elkaar nu werkelijk konden supplementeren. Soms bekwam me het gevoel dat die wis- en natuurkundige mal te klein was om echt recht te doen aan biologische waarnemingen.

Dat die twee kanten elkaar ook op een waardevolle manier kunnen aanvullen ervoer ik pas later, toen ik aan mijn bacheloreindproject werkte. Dat project bestond grotendeels uit praktisch biologisch labwerk. Ik kloneerde plasmiden (circulaire DNA-moleculen in bacteriën), knipte ze open, om vervolgens de ontstane lineaire DNA-sequenties in nieuwe combinaties aan elkaar te plakken. Dit alles met als doel om die gecombineerde stukken DNA over te brengen in stamcellen van muizen, waarin die nieuwe stukjes genoom tot expressie konden komen als nieuwe eiwitten. Die eiwitten zouden dan een taak uitvoeren die centraal stond in het onderzoek: het markeren van actieve genen. *Alle* actieve genen.

Eén van de vragen die echter nog open stond was hoe goed die markering bewaard bleef na een celdeling. De markering leek namelijk minder goed bewaard te blijven dan de literatuur suggereerde. Mede door de vrijheid die ik in dat lab al kreeg als bachelorstudent, kon ik daar zelf induiken. Met mijn kennis van wiskunde en wat programmeerwerk kon ik achterhalen hoeveel van die markering er per celdeling bewaard bleef. Dat percentage bleek inderdaad een stuk lager te liggen dan bekend was.

Belangrijker voor mij was dat ik merkte dat ik tot een manier van denken en handelen in staat was waar de klasieke bioloog, natuurkundige of wiskundige al snel het zweet van op het voorhoofd zou staan. Ik kon me op één dag bezig houden met op welke manier ik mijn plasmide het beste kon openknippen om, indien nodig, me op een ander moment te bedienen van mijn wis- en natuurkundige manier van denken om resultaten in kaart te brengen die anders wellicht niet begrepen waren. Het leek er eigenlijk op dat ik die belofte van nanobiologie binnen mijn bacheloreindproject al aan het waarmaken was.

Het beschreven onderzoek vormt een belangrijke stap weg van het één-gen-één-functie-denken dat de *life sciences* lange tijd domineerde en een stap richting een manier om de hele kakofonie van genexpressies in kaart te brengen. Het kan wetenschappers meer grip geven op het samenspel van allerlei factoren dat ervoor zorgt dat uit een zygote een heel mens kan groeien, dat bepaalde cellen het topje van je pink vormen en andere cellen je oorlel. Hopelijk biedt het ook beter inzicht in hoe sommige cellen uitgroeien tot kanker of hoe andere ziektes kunnen ontstaan.

Desalniettemin lijkt de onderliggende manier van denken van deze aanpak weinig te zijn veranderd. Men neemt een biologisch fenomeen en probeert daar door het verzamelen van signalen en met behulp van berekeningen meer begrip van te krijgen. De oorzaak van een bepaald natuurverschijnsel wordt nog steeds gezocht door tot op nanoniveau de diepte in te duiken met behulp van microscopen, fluorescente eiwitten en sequencingapparaten. Inmiddels wordt er alleen geen informatie verzameld van enkele genen, maar van duizenden tegelijk, een dataset die echter achteraf vaak weer gereduceerd wordt tot de belangrijkste factoren en patronen. Het is een krachtige manier van redeneren, maar ook eentje die de wetenschap op een eendimensionale wijze in haar greep lijkt te houden.

Achteraf gezien was het dit calculerende denken dat binnen de wetenschap prevaleert, en dus ook binnen de studie nanobiologie, waar het bij mij na een tijd studeren begon te schuren. Ik kreeg de behoefte om dingen ook eens met een andere bril te bekijken, na te denken over de wereld op een manier die niet enkel goed of fout is, maar daar ook tussenin kan zitten. Ik wilde mij bezighouden met onderwerpen die niet direct naar een resultaat of toepassing leiden, maar waarbinnen je ook gewoon onderweg kon zijn. Drie vakgebieden waren schijnbaar niet afdoende, dus schreef ik me ook in voor de studie filosofie.

Nu het einde in zicht komt van die tweede studie, zou ik graag willen terugkeren naar de vragen die mij naar haar gedreven hebben. Wat is wetenschap eigenlijk? Is calculerend denken de enig mogelijke manier van denken binnen de wetenschap of is het ook mogelijk om met een ruimere blik het laboratorium in te stappen? Dit zijn vragen die een studie met de belofte om een nieuw wetenschapsgebied op te richten niet zouden misstaan, maar die voor mij ongeadresseerd bleven. Dien je immers niet verder te denken dan een simpele optelsom tussen enkele vakgebieden als je de wetenschap wilt klaarstomen voor de toekomstige uitdagingen? Wellicht is juist die optelsom als aanpak een tekenend

voorbeeld van het calculerende denken binnen de huidige wetenschap.

Met deze thesis wil ik onderzoeken hoe filosofie en wetenschap een betekenisvolle symbiose aan kunnen gaan. Ik zal aantonen dat wetenschap de filosofie nodig heeft als het gaat om het verruimen van haar (calculerende) blik binnen het laboratorium, en wellicht ook op haarzelf. De filosofie kan die rol echter niet als buitenstaander vervullen en zal daarom de werkplaats van de wetenschap binnen moeten stappen. Vanuit die nabijheid kan de wetenschappelijke onderneming worden gedeconstrueerd, terwijl ook recht wordt gedaan aan de intenties van wetenschappers zelf. De leidraad hierbij zal een post-Heideggeriaanse interpretatie van de huidige *life sciences* zijn, waaraan ik de ervaringen die ik tijdens mijn bacheloreindproject in het lab heb opgedaan zal spiegelen.

Eerst zullen we de nanobiologie bezien vanuit een Heideggeriaans perspectief. Hierin komt nanobiologie initieel als technowetenschap naar voren. Toch lijkt het in de praktijk anders in elkaar te steken. We vervolgen daarom onze weg naar het laboratorium, waar we de wetenschapspraktijk door een post-Heideggeriaanse bril bestuderen. Fenomenologie betreedt daarbij voor het eerst het lab, maar blijkt nog niet door te kunnen dringen tot de intentie van wetenschappers. Na een intermezzo over een alternatieve invalshoek voor het bestuderen van wetenschap, ronden we daarom af met een fenomenologie in het lab vanuit een wetenschapper zelf. Op deze manier poog ik de belofte van nanobiologie verder waar te maken: van een vernieuwende combinatie van vakgebieden tot één wetenschapsgebied, naar een wetenschap van tastend-zoekend onderweg zijn.

I: Nanobiologie als toppunt van technowetenschap

Mijn hiervoor genoemde ervaringen met het calculerende karakter van nanobiologie als studie en wetenschap staan niet op zichzelf. De bachelor Nanobiology wordt door de TU Delft als volgt aangeprezen:

Nanobiologie is de studie van de complexiteit van levende systemen. Daarbij worden de methoden en principes van de natuurkunde toegepast om verschijnselen te kwantificeren. Dit relatief jonge vakgebied slaat een brug tussen natuurkunde, nanofysica, biologie en medisch onderzoek. [...] Nanobiologie gebruikt de taal van de wiskunde binnen de context van de natuurkunde om de complexiteit van de biologie te doorgronden.¹

Het kwantificeren van biologische fenomenen staat dus centraal binnen de studie, waarmee calculerend denken meteen een entree maakt als karaktertrek van dit jonge vakgebied. Nanobiologie is daardoor exemplarisch voor de hedendaagse wetenschap of, zoals Hub Zwart het noemt, technowetenschap (*technoscience*). Hij baseert zich daarbij op Martin Heideggers typering van de moderne wetenschap als inherent technisch.² De wetenschap wordt volgens Heidegger door de techniek beheerst; techniek is dé manier om onderzoek te verrichten.

Aangezien alle vormen van techniek zijn gestoeld op een objectificatie van de natuur, kent ook de wetenschap eenzelfde werkwijze. Natuurverschijnselen worden gereduceerd tot meetbaar onderzoeksobject. Fenomenen worden in een mal geperst waarvan de vorm bepaald wordt door de binnen een onderzoek gebruikte apparatuur en toegepaste methodes. Calculerend of objectiverend denken voert de boventoon, waardoor men belet wordt om de natuur op alternatieve wijzen te benaderen.³

Dit beeld komt geregeld terug binnen de studie nanobiologie. Het is niet voor niets dat de studie pas recent is ontstaan. Dankzij technische vooruitgang is het namelijk “pas sinds kort mogelijk om biologie op nanoniveau te beoefenen.”⁴ Studenten worden opgeleid tot onderzoekers

1. “BSc Nanobiology,” BSc Nanobiology, TU Delft, verkregen op 26 oktober 2020, <https://www-tudelft-nl.tudelft.idm.oclc.org/onderwijs/opleidingen/bachelors/nb/bsc-nanobiology/>.

2. Hub Zwart, “Coming to Terms with Technoscience: The Heideggerian Way,” *Human Studies* 43, (2020): 386.

3. Zwart, “Coming to Terms with Technoscience,” 386.

4. “Vakgebied,” BSc Nanobiology, TU Delft, verkregen op 26 oktober 2020, <https://www-tudelft-nl.tudelft.idm.oclc.org/onderwijs/opleidingen/bachelors/nb/bsc-nanobiology/vakgebied/>.

die door gewone lichtmicroscopen, met vergrotingen vergelijkbaar met die van Van Leeuwenhoek, cellen en weefsels kunnen bestuderen, maar ook met behulp van cryo-elektronenmicroscopie tot atoomgrootte kunnen inzoomen om zo de structuur van eiwitten te ontrafelen. Naast dergelijke technische apparatuur, dringt de techniek ook de biologie zelf binnen. Aan moleculen wordt een fluorescerend eiwit geplakt, om zo celprocessen live te kunnen volgen, waarbij het te volgen molecuul gereduceerd wordt tot een meetbaar groen fluorescerend lichtpuntje. Het DNA kan steeds goedkoper worden gesequencet en de resulterende genetische code kan herschikt worden om artificiële biomoleculen en nanodeeltjes te bouwen. De ondoordringbare biologie van organismen en cellen verwordt zo tijdens de studie tot een simpel Legobouwwerk, dat tot het kleinste steentje afgebroken, geteld en gemeten kan worden, om naar gelang weer anders in elkaar gezet te worden.

Deze werkwijze wordt binnen de wetenschap bovendien als zeer waardevol gezien. Zo ging in 2016 de Nobelprijs voor de scheikunde onder andere naar Ben Feringa voor zijn onderzoek naar moleculaire motortjes.⁵ Afgelopen jaar ging diezelfde prijs naar Emmanuelle Charpentier en Jennifer A. Doudna voor hun bijdrage aan CRISPR/Cas9: een genetische schaar waarmee met hoge precisie geknipt en geplakt kan worden in het DNA.⁶

Naast de technische manier waarop de natuur gezien en bestudeerd wordt, ontvouwt zich in de bovenstaande schets nog iets anders. De objectiverende houding binnen de wetenschap lijkt als gevolg te hebben dat de resultaten van onderzoek vaak de vorm aannemen van nieuwe technieken, nieuwe manieren om natuur te bestuderen en te controleren. Methodes als CRISPR/Cas9 maken het steeds makkelijker, sneller en preciezer mogelijk om cellen van schadelijke mutaties te ontdoen of een nieuwe functie te geven. Stamcellen kunnen in toenemende mate gestuurd worden in hun ontwikkeling, zodat het een kwestie van tijd is dat men weefsels en organen kan kweken in een laboratorium. Om het in Heideggeriaanse termen te benoemen: de natuur neemt de vorm aan van 'bestand' (*Bestand*). Om dit goed te begrijpen, zullen we dieper in Heideggers *De vraag naar de techniek* moeten duiken.

De vraag naar de techniek

Heidegger draagt *De vraag naar de techniek* eind 1953* voor als een herziene versie van een eerder gegeven lezing.⁷ Met het stellen van de vraag naar de techniek tracht hij een vrije verhouding met haar voor te bereiden. Het antwoord op de vraag

5. "The Nobel Prize in Chemistry 2016," The Nobel Prize, verkregen op 26 oktober 2020, <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2016/summary/>.

6. "Press release: The Nobel Prize in Chemistry 2020," The Nobel Prize, verkregen op 26 oktober 2020, <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2020/press-release/>.

*In ditzelfde jaar brengt Rosalind Franklin haar cruciale onderzoek naar de structuur van DNA naar buiten. Als proto-nanobioloog maakt ze met röntgenkristallografie ze haar beroemde foto 51 en berekent ze op basis van het zichtbare diffractiepatroon verschillende eigenschappen van de DNA-helix. Zie: Rosalind Franklin en Raymond Gosling, "Molecular Configuration in Sodium Thymonucleate," *Nature* 171 (25 April 1953): 740-741.

7. Martin Heidegger, *De vraag naar de techniek*, vertaald door Mark Wildschut, (Nijmegen: Vantilt, 2014), 39.

zoekt hij niet in een correcte betekenis van techniek. Techniek zou je kunnen definiëren als een menselijke activiteit waarbij het een middel vormt om een doeleinde te bereiken. Niemand zou eraan twijfelen dat deze instrumenteel-antropologische interpretatie een correcte definitie van techniek is. Maar ze toont niet de waarheid, niet het gehele gebeuren (*wesen*) van de techniek.

Voordat we ons kunnen richten op dit *wesen* van de techniek, moeten we het eerst hebben over hoe de mens volgens Heidegger in de wereld staat. De mens kan zich tot iets richten, waarbij datgene uit de verborgenheid naar voren komt in het domein van de onverborgenheid. Deze beweging noemt hij ‘ontbergen’ (*Entbergen*), het onthullen of tevoorschijn halen van dingen, of beter, het zijnde. Ontbergen is onlosmakelijk verbonden met waarheid (*ἀλήθεια* - *aletheia*). In onverborgenheid ervaart men waarheid, omdat in dat domein het zijnde vrij wordt gelaten zoals het in wezen is.⁸ In dit geval pogen we de techniek te ontbergen, door het wezen ervan te onthullen. Daarvoor moeten we “door het correcte heen, het ware zoeken. We moeten vragen: wat is het instrumentele zelf?”⁹

Via het instrumentele komt Heidegger tot de conclusie dat ontbergen nauw verbonden is met techniek, waarbij het wezen van de techniek een wijze van ontbergen is. Techniek is dus een manier om je te richten tot de wereld en de dingen daarin te onthullen. Eenzelfde samenhang komt naar voren in het oud-Griekse gebruik van het woord techniek (*τεχνικόν* - *technikon*, *τέχνη* - *techni*). In dat geval omvat techniek ook de ambacht en kunst. Tevens gaat het gebruik van *techni* ook hand in hand met *epistemi* (*ἐπιστήμη*). Beiden zijn termen voor kennen in de breedste zin, voor uitsluitel geven, waarbij de eerste gebruikt wordt als het ontbergen van dat wat niet uit zichzelf tevoorschijn komt.¹⁰ Zo kan een kunstenaar een landschap zodanig ontbergen dat het landschap op een bepaalde wijze weergegeven wordt voor een aanschouwer. Timmerlieden kunnen meubels uit hout vervaardigen en fijnzinnig afwerken zodat de nerf subtiel in het oog springt.

Ook modernetechniek, endus hedendaagse wetenschap, is een wijze van ontbergen. Echter is dat niet in de Griekse, wellicht meervriendelijke zin van ‘tevoorschijn-brengen’ (*ποίησις* - *poiesis*), maar in de zin van ‘opvorderen’ (*Herausfordern*). Met de opkomst van de moderne natuurwetenschappen in de zeventiende eeuw wordt de natuur omkaderd als een samenbundeling van krachten en causaliteiten, waarmee de calculerende houding haar intrede doet als de voorstellingswijze van de natuur. De mens verlangt van de natuur dat ze energie en materialen levert. De natuur wordt opgevorderd,

8. Martin Heidegger, “On the Essence of Truth,” in *Basic Writings*, bewerkt door David Farrell Krell (New York, HarperCollins Publishers, 2008), 125.

9. Heidegger, *De vraag naar de techniek*, 9.

10. Heidegger, *De vraag naar de techniek*, 14-15.

ter beschikking gesteld, en verwordt daarmee tot een manipuleerbaar bestand.

Het prevalerende van calculerend denken kenmerkt wat Heidegger het ge-stel (*Gestell*) noemt. Met deze term duidt hij het gebeuren van de hedendaagse techniek. In het ge-stel heerst “dat opvorderend appel dat op de mens wordt gedaan om wat zich ontbergt als bestand te bestellen.”¹¹ Het ge-stel zet de mens keer op keer op dezelfde weg van opvorderend ontbergen, waardoor men tegelijkertijd wordt afgewend van het meer omvattende tevoorschijn-brengend ontbergen. De mogelijkheid van *poiesis*, zoals we die kennen van kunst en ambacht, verliezen we daarbij uit het oog. Sterker nog, aangezien het ge-stel de mens verlangt, zo niet commandeert, opvorderend te ontbergen, wordt de mens zelf ook een bestand. Door het wezen van hedendaagse techniek staat men ter beschikking om van de natuur te verlangen ter beschikking te staan.

Hierin schuilt volgens Heidegger hét gevaar. Als de mens zelf verwordt tot een bestand, is zij niet meer in staat te ontbergen. Het ge-stel verbergt niet alleen tevoorschijn-brengend ontbergen, maar ook de mogelijkheid van ontbergen zelf. Het domein van onverborgenheid wordt niet meer verkend, waarmee waarheid als *aletheia* ook ontoegankelijk dreigt te worden. Als men dus binnen moderne techniek en wetenschap het verborgene wil ontbergen, zoveel mogelijk licht op de werkelijkheid wil doen schijnen, zal men onvermijdelijk op een weg belanden die juist de waarheid van het onverborgene verbergt.

De nanobioloog als bestand

We hebben nu voldoende om weer terug te keren naar nanobiologie. Zoals eerder genoemd veranderen organismen, cellen en biomoleculen gezien door een calculerende bril in een bestand. Ze staan klaar om opgevorderd te worden. Zo zijn bacteriën kleine fabriekjes om plasmiden mee te kloneren. Die plasmiden vormen een instructie voor elk mogelijk eiwit, welke eenvoudig na transfectie in een cel door de machinerie van deze nieuwe gastheer geproduceerd kan worden. Stamcellen zijn in potentie ieder weefsel of celtype dat je kunt voorstellen. Al deze organismen vormen samen bovendien een bijna oneindig vat vol mogelijk nieuw moleculair gereedschap, wat weer ingezet kan worden om de natuur nog meer op te vorderen. Op de weg van opvorderend ontbergen, blijf je als nanobioloog op die weg.

Het ge-stel lijkt dus ook het wezen van nanobiologie te zijn. Als we Heidegger hierin blijven volgen, worden ook nanobiologen opgevorderd door de *life sciences*. Tot bestand

11. Heidegger, *De vraag naar de techniek*, 20.

gereduceerd, zijn deze onderzoekers als robots aan het werk in het lab. Met hun vastgeroeste calculerende bril bekijken deze functionarissen van de techniek de natuur als meetbaar, altijd-tot-beschikking-staand onderzoeksobject. Deze wetenschappers zijn niet meer in staat om de natuur ook tevoorschijn-brengend te ontbergen en dreigen de mogelijkheid van ontbergen uit het oog te verliezen. Op nanoniveau de diepte in gedoken, zullen ze zich onherroepelijk dieper ingraven, waardoor waarheid als *aletheia* meer en meer uit het zicht zal verdwijnen.

Hoewel het beeld van de hedendaagse wetenschap dat uit Heideggers *De vraag naar de techniek* komt bovendrijven nanobiologie goed beschrijft, zowel in hoe men het profileert, alsook hoe ik er als student in het onderwijs mee kennismaak, leidt het ook tot een vrij pessimistisch beeld van de onderzoekers die nanobiologie zullen belichamen. Nanobiologen die onnadenkend, door moderne techniek opgevorderd, als robots aan de slag gaan in een lab is vast niet wat men als resultaat voor ogen had bij een opleiding die met zoveel optimisme een nieuw wetenschapsgebied wilt oprichten om nog te komen uitdagingen beter aan te kunnen gaan. Is het mogelijk om ons te redden van dit gevaar?

Heideggers 'aanpak' om niet meegesleurd te worden in het gevaar van moderne techniek is gelatenheid (*Gelassenheit*). Vanuit het besef van het volle wezen van de techniek, als *een* wijze van ontbergen, kunnen we er ons ook vrij toe verhouden. Gelatenheid neemt hierin de vorm aan van het beamen van techniek, zonder ervan in de ban te geraken. Je verzet je er niet tegen, maar je gaat er ook niet blind in mee. In praktijk betekende dat voor Heidegger hij veel poëzie las, het liefste Hölderlin, en lange wandelingen door het Zwarte Woud maakte. Hij trachtte zo de natuur als tevoorschijn-brengend indachtig te worden. Toch heeft dit meer weg van een ontsnappingspoging, dan een manier om een werkelijke verhouding aan te gaan met techniek.

Het is de vraag of zo'n beweging weg van moderne techniek en hedendaagse wetenschap - zeker voor een nanobioloog - wel een goede optie is in een tijd waarin techniek alomtegenwoordig is. Ik verwacht bovendien niet dat ik mijn medestudenten en collega-wetenschappers massaal aan de poëzie kan krijgen. Wellicht is dat ook niet nodig. Ik betwijfel namelijk of wetenschappers daadwerkelijk allemaal onnadenkend de natuur opvorderen. Als ik een wetenschapper aanspreek op haar of zijn onderzoek, ontstaat er veelal een gesprek waar de fascinatie voor de desbetreffende natuurverschijnselen vanaf spat. Ik ken menig wetenschapper

bovenal als avonturier, creatief op zoek om zich telkens weer op nieuwe, elegantere manieren te verhouden tot biologische fenomenen. Is het mogelijk dat Heidegger, verblind door de donkere wolk van het ge-stel en de invloed daarvan op de wetenschap als geheel, een lichtpuntje in het lab over het hoofd zag? Om dat uit te vogelen doen we een stap in tegenovergestelde richting van Heidegger, ontsnappen we uit het Zwarte Woud en gaan we op weg naar het lab.

II: Voorbij technowetenschap

In het vorige hoofdstuk hebben we kennisgemaakt met Heideggers blik op moderne techniek en de hedendaagse wetenschap. Het blijkt dat zijn filosofie nog steeds relevant is voor *life sciences* zoals nanobiologie. Toch blijft zijn antwoord op het gevaar van de moderne techniek onbevredigend. Is er een manier om ons, geïnspireerd door Heideggers ideeën, te verhouden tot hedendaagse wetenschap zonder dat we ons van haar af wenden? Een manier die wellicht meer recht doet aan de oprechte intenties van vele wetenschappers die minder robotachtig opvorderend in het lab staan dan Heidegger zich voorstelde vanuit zijn hut in het Zwarte Woud?

Een dergelijke intentie heeft Hub Zwart in *Coming to Terms with Technoscience: The Heideggerian Way*. Hierin poogt hij een methode te vinden om het gat tussen filosofie en, waar we al eerder mee hebben kennisgemaakt, technowetenschap te overbruggen. Zwart is ervan overtuigd dat filosofie de blootstelling aan hightech wetenschap nodig heeft om relevant en actueel te blijven en dat, aan de andere kant, wetenschap een filosofische blik nodig heeft om te kunnen reflecteren op het pad dat zij heeft ingeslagen of nog zal inslaan.¹²

Deze focus op methode komt niet uit de lucht vallen, maar is geïnspireerd door een studie over Heidegger en klimaatverandering. Daarin wordt speculatief realisme door Vincent Blok als voornaamste innovator gezien binnen de hedendaagse filosofie.¹³ Deze stroming heeft namelijk succesvol een impliciet correlationisme blootgelegd dat de filosofie sinds Kant beheerst: de assumptie dat we alleen toegang hebben tot de correlatie tussen denken en zijn, dat we alleen toegang hebben tot de realiteit zoals wij die ervaren. Dat betekent ook dat andere realiteiten niet toegankelijk zijn en dat filosofie hardnekkig antropocentrisch is. Speculatief realisme lijkt een geschikte kandidaat te zijn om zinvol bij te dragen aan het vanuit de filosofie adresseren van globale uitdagingen omtrent klimaatverandering. Echter blijft een dergelijke bijdrage ook vanuit deze innovatieve hoek uit. Terwijl speculatieve realisten succesvol het correlationisme bekritisieren, blijken ze niet in staat om zelf

12. Zwart, "Coming to Terms with Technoscience," 386.

13. Wessel Reijers, "Blok, Vincent: Heidegger's concept of philosophical method: innovating philosophy in the age of global warming," *Cont Philos Rev* 54 (2021): 100.

een methode te ontwikkelen waarmee filosofie de immense milieu-uitdagingen wél aan kan gaan. Volgens Blok heeft dat te maken met hun desinteresse in filosofische methode. Vandaar dat hij voorstelt dat een post-Heideggeriaanse filosofie van klimaatverandering moet beginnen met de vraag naar de methode.¹⁴

Zwart gaat mee met deze claim en vliegt daarom zijn vraagstuk over technowetenschap vergelijkbaar aan. Zijn gevonden filosofische methode neemt hierin de vorm aan van een reeks aanwijzingen, die Zwart verspreid over het werk van Heidegger en in diens commentaar op hedendaagse wetenschap vindt. In Heideggers vroege werk wordt de menselijke existentie gethematiseerd als geleefde praktijk. Hedendaagse wetenschap zou dus ook als zodanig bestudeerd moeten worden. Fenomenologie is daarbij dé filosofische methode. Hoe zijn dingen voor een wetenschapper aanwezig? Later lijkt Heidegger de vraag naar een methode juist de rug toe te keren. Hij ziet deze zoektocht dan louter als een symptoom van het ge-stel, een manier om de natuur op te vorderen en in een mal van reproduceerbaarheid te stoppen. Desalniettemin is ook in de latere Heidegger na deze schijnbare ommekeer een methode van filosofische reflectie te onderscheiden. Dit is echter een methode die onderweg ontwikkeld wordt, een methode waar je aan begint, om langzaam, beetje bij beetje, op te doemen uit de mist. Dit zijn de twee voornaamste aanwijzingen, of - beter in lijn met Heideggers onderweg zijn vertaald - heenwijzingen (*Hinweise*) die samen een heroverweging vormen van Heideggers methode. Het is namelijk niet Zwarts bedoeling een commentaar te leveren op Heideggers oeuvre. Zijn artikel vormt eerder een reflectie op Heideggers werk, met daarin de hedendaagse wetenschap, de realiteit van technowetenschap, in het achterhoofd. De focus ligt hierbij specifiek op de *life sciences* en de bijbehorende laboratoria.¹⁵

14. Reijers, "Blok, Vincent," 100.

15. Zwart, "Coming to Terms with Technoscience," 386-387.

16. Martin Heidegger, "Being and Time: Introduction," in *Basic Writings*, bewerkt door David Farrell Krell (New York, HarperCollins Publishers, 2008), 41.

17. Zwart, "Coming to Terms with Technoscience," 389.

18. Michael Wheeler, "Martin Heidegger," *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2020 Edition), bewerkt door Edward N. Zalta, verkregen op 26 februari 2021, <https://plato-stanford-edu.tudelft.idm.oclc.org/archives/fall2020/entries/heidegger/>.

De methode van de vroege Heidegger

Zoals gezegd maakt de vroege Heidegger gebruik van fenomenologie als methode van onderzoek. In zijn centrale werk *Zijn en Tijd* past hij dit toe als hij zoekt naar een begrip van 'Zijn', een 24 eeuwen lang verwaarloosd begrip.¹⁶ Door een stap terug te doen en zich weer te richten tot Zijn, poogt hij het vastgeroeste en vanzelfsprekende begrip dat we ervan hebben los te maken, te deconstrueren. Met een hernieuwd begrip van Zijn kunnen we vervolgens vanuit de fenomenologie vragen naar de manier waarop dingen zijn.¹⁷

Zijn moet hier onderscheiden worden van 'de zijnden', de entiteiten die zijn. Dit noemt Heidegger later ontologische

differentie.¹⁸ Het antwoord op de vraag naar het Zijn vinden we namelijk niet tussen de entiteiten die zijn. Zijn is niet een zijnde dat je tussen alle andere zijnden gaat vinden, zoals je het antwoord op de vraag wat een boom is ook niet zal vinden als een boom tussen andere bomen. Tevens is het belangrijk dat we ons realiseren dat met het stellen van een vraag ook een zoektocht begint. Een zoektocht is daarnaast altijd ingegeven door een bepaalde intuïtie, een richting waarin we zoeken. Het stellen van een vraag gaat dus niet alleen over het onderwerp dat centraal staat in de vraag, maar omvat ook wie of wat bevraagd wordt. Het stellen van vragen, het jezelf bevinden in een zoektocht, zou je bovendien ook kunnen zien als manier van Zijn, een existentiële modus. Oftewel, de vraag naar Zijn behelst dat een zijnde (wij, in dit geval) in een existentiële modus is.¹⁹ Om de vraag goed te beantwoorden, moeten we daarom eerst uiteenzetten wat dat zijnde is dat de vraag naar Zijn stelt. Heidegger noemt dit ‘er/daar zijn’ (*Dasein*).

Uitwerking van de zijnsvraag wil dus zeggen: doorzichtig-maken van een zijnde - de vragende - in z'n zijn. Het vragen van die vraag is als zijnsmodus van een zijnde zelf naar zijn aard bepaald door waar we in dit vragen naar vragen - door het zijn. Voor dit zijnde dat we zelf telkens zijn, en dat onder andere de zijnsmogelijkheid heeft van het vragen, kiezen we de term erzijn (Dasein). Om de vraag naar de zin van zijn nadrukkelijk en op doorzichtige wijze te kunnen stellen, moeten we eerst een zijnde (erzijn) ten aanzien van z'n zijn adequaat ontvouwen.²⁰

De fenomenologische methode brengt dus een analyse van *Dasein* met zich mee. *Dasein* is ‘zijn in de wereld’ of, letterlijker vertaald, er of daar zijn. Als *Dasein* zijn we onderdeel van een betekenisvol geheel, we interacteren met en zijn gericht op onze omgeving. Zwart formuleert het als volgt: “*Dasein* is not presented as an isolated ‘thinking ego’ facing an object, but as a form of existence structured by intentionality: dwelling in a world, standing out towards and uncovering concrete things, which are part of a coherent and meaningful ambiance.”²¹ Als *Dasein* gaan we zorgvuldig om met dingen uit onze omgeving (*πράγματα* - *pragmata*), in ons achterhoofd houdende wat hun onderlinge relatie en verhouding tot het geheel is.²² Zo schrijf ik deze thesis niet alleen op mijn laptop, maar ook zittende aan een tafel waar deze laptop op staat, bij voorkeur in een rustige omgeving. Het is een activiteit, onderdeel van mijn geleefde praktijk, welke

19. Martin Heidegger, “Being and Time,” 47.

20. Martin Heidegger, *Zijn en Tijd*, vertaald door Mark Wildschut (Nijmegen: SUN, 1998), 26

21. Zwart, “Coming to Terms with Technoscience,” 389. Cursief door YT.

22. Zwart, “Coming to Terms with Technoscience,” 389.

in zich in dit geval ontvouwt in het geheel van de medische bibliotheek van het Erasmus Medisch Centrum.

Wat gebeurt er nu als we een analyse van *Dasein* meenemen naar de *life sciences*? In dat geval zal het laboratorium het betekenisvolle geheel vormen waar onderzoekers onderdeel van zijn. Hier ontvouwt zich de geleefde praktijk van deze tak van wetenschap, het laboratorium vormt de werkplaats van wetenschappers. Dagelijks interacteren zij hier met andere zijnden zoals petrischaaltjes, pipetten en testbuisjes. Fenomenologie vraagt ons een stap terug te doen van deze alledaagse taferelen, weg van de segregatie tussen subject en object, artificieel en natuurlijk. Op deze manier kunnen we nieuw licht schijnen op deze op het eerste gezicht opvorderende taferelen, licht waarin we deze taferelen kunnen beschouwen vanuit de intentionaliteit van de onderzoekers. Om recht te doen aan die intentionaliteit, zullen we niet alleen moeten lezen over wetenschap, maar bovenal de werkplaats van de wetenschap binnentreden.²³

Van een aantal entiteiten die we tegenkomen in het lab is vrij direct duidelijk wat hun functie is. Zo is een pipet een soort gereedschap dat onderzoekers gebruiken om vloeibaar materiaal van de ene naar de andere testbuis over te brengen. Petrischaaltjes worden gebruikt om bacteriën of stamcellen in te laten groeien, testbuisjes dienen als reactieomgeving of bewaarplaats. Echter zijn er ook veel dingen die we tegenkomen in het lab met een indirecte functie: ze nemen de functie aan van een teken of signaal.²⁴ Een fluorescerend signaal onder de lichtmicroscopie verwijst naar een (actief) molecuul, welke een bepaalde functie heeft in een organisme. Na elektroforese verwijst een bandje in een gel naar een stuk geknipt genetisch materiaal. Dit soort bandjes worden vergeleken met een referentie, de ladder, waarna de daaruit blijkende lengte de onderzoeker vertelt of een experiment geslaagd is. Het heeft in deze gevallen weinig zin om te focussen op dat bandje of fluorescerende signaal zelf, het gaat immers om waar deze tekens naar verwijzen.

Overigens is het laboratorium niet meer de enige plaats waar de geleefde praktijk van de *life sciences* zich ontvouwt. Binnen de hedendaagse wetenschap is immers de afgelopen decennia een enorme slag gemaakt op het gebied van informatica, in dit geval bioinformatica. In groeiende mate wordt er met veelal abstracte signalen en grootschalige metingen gerekend met behulp van een programmeertaal en -omgeving op een computer, om uit te komen op een versimpeld, makkelijker te interpreteren signaal. Dergelijk onderzoek ontvouwt zich dus in een virtueel laboratorium, waarin bioinformatici zich verhouden tot verschillende programmeertalen,

23. Zwart, "Coming to Terms with Technoscience," 389.

24. Zwart, "Coming to Terms with Technoscience," 389.

applicaties en omgevingen. We zullen dus niet alleen het fysieke lab binnen moeten treden, maar ook het virtuele, indien we de hedendaagse *life sciences* willen begrijpen vanuit een post-Heideggeriaans perspectief.

Heidegger werkt fenomenologie als dé methode van filosofie verder uit in een seminar gegeven in hetzelfde jaar dat *Zijn en Tijd* verschijnt. Fenomenologie is een methode van “wetenschappelijke filosofie”.²⁵ Filosofie wordt zo een wetenschap van het zijnde als zodanig. Waar de meeste wetenschappen concreet het zijnde zelf bestuderen, bestudeert filosofie vanuit de fenomenologie systematisch de manier waarop het zijnde is. Kenmerkend is wederom de stap terug, waarmee Zijn in zicht komt door een analyse van de modi van het zijnde. *Dasein* wordt dus zorgvuldig geanalyseerd via de interacties die we hebben met onze omgeving en, in analogie, de wetenschapper via haar of zijn interacties in het lab.²⁶

In het kort vinden we in Heideggers vroege werk een aantal heenwijzingen. Ten eerste is technowetenschap een geleefde praktijk. Deze praktijk ontvouwt zich in een betekenisvol geheel, het laboratorium. De *life sciences* dienen we van binnenuit bestuderen door het lab, zowel fysiek als virtueel, binnen te stappen en onderzoekers en de dingen waarmee ze zich tot hun onderzoek verhouden in deze context te benaderen. Zodoende kunnen we de intentie van de wetenschappers onthullen. Tot slot is het belangrijk dat we hierin een stap terug doen van vastgeroeste, conventionele opvattingen over hoe entiteiten in het lab zijn, zodat de manier van Zijn van laboratoriumartefacten zich opnieuw kan ontvouwen.

De methode van de latere Heidegger

In later werk lijkt Heideggers houding ten opzichte van methode te zijn veranderd. Waar hij zich eerder focust op het ontwikkelen van een strikte methode, associeert hij deze striktheid en rechtlijnigheid later met de calculerende houding die de techniek en hedendaagse wetenschap beheerst. In plaats van de focus op de filosofische methode komt nu de ervaring van authentiek denken. De vraag is echter of Heidegger hiermee de methode de rug toe keert, of dat hij ‘methode’ anders is gaan begrijpen. Zwart beargumenteert het laatste. Heidegger keert zich inderdaad weg van het strikte en systematische van methode zoals we dat kennen van de hedendaagse wetenschap. Maar hij keert tegelijkertijd ook terug naar de oorspronkelijke betekenis van methode. Deze term is afgeleid van *meta* (μέτα), het voorvoegsel ‘na’, en *-odos* (ὁδός), weg of manier. Heideggers latere ‘methode’ kunnen we dus het beste begrijpen als ‘onderweg zijn’. Zijn

25. Zwart, “Coming to Terms with Technoscience,” 390. Vertaald door YT.

26. Zwart, “Coming to Terms with Technoscience,” 390.

terughoudendheid wat betreft methode is zeker geen ontkenning van het belang van methodologische overwegingen, maar een aansporing om filosofie te zien als ontdekken, een zoektocht of een praktische activiteit.²⁷

Authentiek denken staat centraal in *Was heißt Denken?*, waarin Heidegger zich als gids heeft opgeworpen en de lezer de praktijk van het denken poogt te leren. *Was heißt* betekent hier niet alleen ‘wat is’, in de zin van wat het is dat we denken noemen, hoe we denken traditioneel definiëren of aan welke voorwaarden we moeten voldoen om te denken. Het betekent ook ‘wat roept op’, als in wat het is dat vraagt gedacht te worden. In het Engels wordt de titel dan ook op twee manieren vertaald: *What is called thinking?* en *What calls for thinking?*²⁸ Het Nederlandse ‘wat geeft te denken?’ zou deze dubbele lading ook goed kunnen dekken.

Het is dus belangrijk om notie te nemen dat bij het stellen van een ‘wat is’-vraag, in dit geval ‘wat is denken?’, ook hoort dat we ons tot iets richten: we worden aangetrokken door wat gedacht dient te worden. Met het stellen van de vraag beantwoorden we aan een oproep. We worden op een pad gezet en zijn onderweg.²⁹

Allereerst hoort hierbij dat we onderweg leren te denken. We beginnen niet met een heldere definitie van denken, anders zouden we ons niet afvragen wat denken is. We geven enkel gehoor aan een oproep en erkennen tegelijkertijd dat we vooral nog weinig idee hebben van wat denken is. We kunnen alleen leren denken door eenvoudigweg een begin te maken met denken.

We kunnen tijdens deze leerweg niet vertrouwen op wetenschap: “De wetenschap denkt niet.”³⁰ Wetenschap lijkt wellicht veel te weten over denken, in de zin dat er onwijs veel onderzoek is gedaan waarin hersenactiviteit uiteengezet en bestudeert wordt door middel van individuele elektronische hersengolven, welke later met behulp van netwerktheorie samen geknutseld worden tot ‘modules’ die gerelateerd worden aan cognitieve functies. Toch is dit allemaal gebaseerd op een specifieke manier van denken. Zoals we al eerder hebben gezien, is wetenschap een manier van opvorderend ontbergen. Wetenschap is door het gestel niet in staat na te denken over haar eigen, calculerende manier van denken, laat staan authentiek denken.

Enmaal begonnen met denken en de wetenschap achter ons latend zijn er nog wat dingen waar we op kunnen letten. We moeten bijvoorbeeld zorgvuldig omgaan met de woorden die we gebruiken en aandachtig zijn voor de geschiedenis van die termen. Dit geldt voornamelijk voor vanzelfsprekende termen. Juist in die vanzelfsprekendheid is

27. Zwart, “Coming to Terms with Technoscience,” 391-392.

28. Martin Heidegger, “What Calls for Thinking?” in *Basic Writings*, bewerkt door David Farrell Krell (New York, HarperCollins Publishers, 2008), 383.

29. Zwart, “Coming to Terms with Technoscience,” 394.

30. Heidegger, “What Calls for Thinking?” 373. Vertaald door YT.

de notie van de manier van Zijn van het zijnde waar het woord naar refereert weggeëbd. Het zijn termen waarvan de betekenis en implicatie ons ontglippen in de alledaagsheid.*

Hiermee verbonden gaan we ook de confrontatie aan met de gedachten van grote denkers. In een dialoog bevragen we wat gedacht is, maar ook wat ongedacht is gebleven. We gaan zo terug naar het begin van ideeën die ook nu nog een rol spelen in hoe we denken.

De latere Heidegger articuleert zijn ‘methode’ niet in een uitgebreid stappenplan, maar als heenwijzingen die ons op weg helpen. Zo hoort bij onderweg zijn onderweg leren. We meanderen door een landschap waarin we aandachtig gebruik maken van taal en de geschiedenis van de voor de hand liggende termen zorgvuldig meewegen. Eenmaal op pad gaan we de dialoog aan met invloedrijke denkers en laten we ons zeker niet leiden door de eerste de beste ingeving vanuit de wetenschap. Samen met wat we eerder gezien hebben, dat wetenschap gezien moet worden als een geleefde praktijk die we van binnenuit moeten bestuderen en dat een dergelijke studie een stap terug behelst waarmee we licht kunnen schijnen op de manier van Zijn van artefacten in de werkplaats, neemt Zwart hiermee de eerste stappen naar een bezinning op technowetenschap. Hij deelt dit op in drie dimensies: de objecten, de experimentele omgeving en de globale onderneming van technowetenschap.

De methode in de praktijk

Op het objectniveau past Zwart ‘vergelijkende fenomenologie’ toe.³¹ Zoals Heidegger het liefst ambachtelijke dingen bestudeert met zijn fenomenologische methode, doen we hier hetzelfde met laboratoriumartefacten. Tegenovergesteld aan een kruik, iets wat mensen samenbrengt, lijkt een instrument als een microscoop vooral te segregeren. Op het eerste gezicht brengt dit het te bestuderen fenomeen dichterbij, het maakt mogelijk dat onderzoekers dieper kunnen doordringen in biologie dan met het blote oog mogelijk is. Een microscoop introduceert echter ook een afstand, een onderscheid tussen subject en object of binnen- en buitenkant. Dit is geen fysieke afstand, maar een ontologische afstand. Een microscoop maakt mogelijk de biologie te objectiveren.

Zo zijn testbuisjes - veelal zogeheten ‘epjes’, afsluitbare buisjes die gebruikt worden voor het voorbereiden van kleine hoeveelheden biologisch materiaal, liefkozend genoemd naar het bedrijf dat ze maakt - niet enkel bewaar- of reactievaatjes, maar ook uniform en doorzichtig. Epjes maken het op grote schaal mogelijk de natuur te vangen, meten en te bewaren. Wederom introduceren ze een verschil tussen

*Natuur komt bijvoorbeeld van het Latijnse *nasci* - geboren worden, ontstaan. Materie komt van het Latijnse *mater* - moeder. Beide termen refereren eigenlijk naar ‘oorsprong’, terwijl ze in de dagelijkse praktijk verwijzen naar iets wat van dichtbij, eenvoudig en vanzelfsprekend te bestuderen is.

31. Zwart, “Coming to Terms with Technoscience,” 393. Vertaald door YT.

subject en object. Waar RNA eerst nog onderdeel was van de levende natuur, is het nu geïsoleerd en gezuiverd om op -80 °C in driesvoud bewaard te worden voor latere metingen.

Terwijl we ons hier afvragen: ‘wat is een microscoop?’ of ‘wat is een testbuisje?’, is het van belang dat we niet meegaan met een wellicht meer voor de hand liggende, wetenschappelijke ingeving. Het antwoord op deze vragen wordt niet gegeven door ‘met het beeldmateriaal geproduceerd door een met de microscoop verbonden camera kunnen we kijken of de cellen een gezond karyotype hebben’. Dit is wellicht een correct antwoord, hiervoor kan een onderzoeker inderdaad een microscoop gebruiken, toch geeft het weinig inzicht in hoe een microscoop is, de manier van Zijn van dit laboratoriumartefact.

Het laboratorium is vanuit een Heideggeriaans perspectief een ambigue omgeving. Nauwgezet worden micro- en nanobiologische werelden tot in het kleinste detail omgespit, terwijl deze dimensies compleet over het hoofd worden gezien in de werkelijkheid van alledag. Genoeg hedendaagse wetenschappers wijden hun hele carrière aan één gen of eiwit. Deze werelden worden overigens binnen een specifiek raamwerk uitgedroogd. Microben zijn biomoleculaire machientjes, waarvan de gedragingen gevangen kunnen worden in dominante en recessieve allelen, elk weergegeven in een vierletterige code van A, C, G en T. Leven en natuur verworden in het lab als experimentele omgeving tot bio-informatie die op steeds grotere schaal bestudeerd kan worden met behulp van computerprogramma's.

Als globale onderneming laat technowetenschap natuurlijke fenomenen op steeds grotere schaal naar voren komen als objecten. Technowetenschap behelst de metafysische claim dat natuur kan en moet worden geobjectiveerd. Dit materialiseert zich als wereldwijd geïnstitutionaliseerd onderzoek, waarin louter methodes worden toegepast die tot meer validiteit, objectiviteit en repliceerbaarheid leiden. De hedendaagse wetenschap vraagt niet om geleerdheid, maar om een efficiënte productie van kennis. Publicaties leiden tot fondsen, die leiden tot meer onderzoek, nieuwe publicaties, meer financiering, enzovoorts. Door hedendaagse wetenschap zo in te richten dat de drijvende kracht achter wetenschappelijk onderzoek meer wetenschappelijk onderzoek veiligstelt, is wetenschap een zelfvoorzienende industrie geworden. Daarnaast maakt het globale karakter van de *life sciences* het mogelijk de biologie niet tot zomaar informatie te reduceren, maar tot computationeel berekenbare informatie.

Toch laat het kwantificeerbare altijd iets over. Zwart merkt

terecht op dat “datafication (as a specific form of objectification) inevitably casts a non-representable shadow of unquantifiability: a refuse which refuses computation.”³² Dit is ook op te merken aan ontdekkingen en het bijbehorende, vaak kort durende, optimisme in de geschiedenis van biologie. De eerste resultaten van het *Human Genome Project* brachten een enorm vertrouwen in de toekomst met zich mee. Vanaf dat moment zou het nog maar enkele jaren duren voordat we elke ziekte konden genezen. We waren immers inzicht aan het krijgen in elk menselijk gen en de daarbij behorende functie in het lichaam. Het duurde niet lang tot dat bleek tegen te vallen. Genen blijken vaak werkzaam binnen complexe netwerken. Grote regio’s genoom tussen genen zijn geen *junk DNA*, maar spelen ook een rol in regulatie van celprocessen. Bovendien blijken genen aan- en uitgezet te kunnen worden met epigenetische markeringen (*έπι* verwijst hier naar niet-overerfbare aanpassing bóvenop het genoom). Om nog maar niet te spreken van alle aanpassingen eiwitten na translatie nog ondergaan, waardoor op het moment dat eiwitten aan de slag gaan ze niet meer één op één matchen met de genetische ‘code’. Cellen blijken minder gedetermineerd te zijn door hun genoom en het genoom is niet simpelweg te reduceren tot genen.

Het voorgestelde model is binnen de *life sciences* altijd te simplistisch gebleken. Dat geldt bijvoorbeeld niet alleen voor het één-gen-één-functie-model, maar ook voor weefsels of kanker. Het wordt steeds duidelijker dat elk weefsel een soort stamcel heeft, die het mogelijk maakt om de darmwand of huid telkens van verse, gespecialiseerde cellen te voorzien. Het lijkt er zelfs op dat tumoren ook een soort ‘stamcellen’ hebben en helemaal niet uit één type kankercel bestaan, maar uit een verscheidenheid van verschillende typen kankercellen bestaan.

Tegelijkertijd lijkt het er ook op dat een ‘niet-representeerbare schaduw’ er vanaf het begin van de moderne wetenschap al is. Zodra deze schaduw blijkt te bestaan, wordt inderdaad getracht het model aan te passen zodat de observaties wel weer passen. Deze houding past uiteraard binnen het berekenende denken dat al sinds de zeventiende eeuw in de wetenschap prevaleert. Deze constatering maakt het echter ook lastig om een aantal van Zwarts voorstellen verder uit te werken. Zwart betoogt dat we terug moeten keren naar eerder werk van wetenschappers, zoals Mendels erwtenplanten of Van Leeuwenhoeks eerste tekeningen, en deze met een vergelijkende fenomenologie naast de hedendaagse equivalenten kunnen leggen. Dergelijk werk is al scharrelende tot stand gekomen. Uit deze vergelijking zal echter

32. Zwart, “Coming to Terms with Technoscience,” 404.

niets nieuws komen, het zijn allemaal de meest omvattende modellen van de biologische realiteit zoals mogelijk was of is. Het ambachtelijke karakter van dit soort wetenschappelijk werk heeft meer met de onvolmaaktheid van hun instrumenten te maken, dan met de houding van Van Leeuwenhoek of Mendel; ook zij stopten de natuur in een mal van respectievelijk recessieve en dominante allelen of ‘kleine diertgens’.

De methode herzien

Er lijkt dus niet zoveel verschil te bestaan tussen het werk van zeventiende-eeuwse wetenschappers en hedendaagse wetenschappers. Desalniettemin ervaren we dat wél zo. Vroeger wetenschappelijk werkt lijkt zeker meer ambachtelijk tot stand te zijn gekomen. Van Leeuwenhoek sleep maandenlang aan lenzen voor zijn microscopen eer hij wat van zijn zelf opgeviste slootwater onder de loep kon nemen. Mendel kweekte vol geduld zijn erwtenplanten in zijn kloostertuin, voordat hij de kleur van de bloemen kon vergelijken. Daartegenover staat het moderne, steriele, witte laboratorium, waar reactiemixen van de ene uniforme testbuis naar de ander worden over gepipetteerd. Althans, zo lijkt het tenminste voor een buitenstaander.

Het zou natuurlijk kunnen dat dit een verheerlijking van ouder wetenschappelijk werk is. Aan de andere kant zou het ook mogelijk kunnen zijn dat een karakterisering van vroegere wetenschappers als ambachtslui ook op de hedendaagse wetenschapper van toepassing is, ook al lijkt dat in beide gevallen, maar zeker in het laatste geval, haaks te staan op de resulterende, calculerende zienswijze van onderzoekers. In dit geval belicht de door Zwart geschetste methode de intentie van de wetenschapper eenzijdig door enkel naar het werk en de omgeving van de wetenschapper te vragen en blijkt het opvorderende karakter van het laboratorium de wetenschapper enkel als opgevorderde besteller te kunnen belichten. Als we écht dichterbij de intentie van wetenschappers willen komen, zullen we daarom een soort vergelijkende fenomenologie van onderzoekers zelf moeten doen. In plaats we ons af te vragen wat de omgeving over de wetenschapper zegt, moeten we ons wellicht afvragen wat een wetenschapper over die omgeving zegt. Hoe is een onderzoeker in een lab? Wat is de manier van Zijn van een wetenschapper?

Uiteraard dienen we hierbij niet te vervallen in de wetenschappelijke blik van de wetenschapper. Het blijft een filosofische onderzoeking en dus zullen we op een of andere manier het fenomenologische pad moeten blijven vervolgen. Daarnaast is het van belang dat we niet de fout maken te vervallen in een antropologische of sociologische studie van de

wetenschapper. Dit zou leiden tot spionage. Hiermee zouden we ons post-Heideggeriaans perspectief verruilen voor een STS-perspectief (*Science, Technology and Society studies*). Integendeel, we willen het uiteraard nog steeds van binnenuit of zij-aan-zij aanpakken.

Zwart zet met zijn artikel eerste stappen om in het reine te komen met technowetenschap. Echter lijken de eerste aanzetten, hier en daar wat verder uitgewerkt, nog steeds op de eerder besproken conclusies van Heidegger uit te komen. Calculerend denken prevaleert in de wetenschap en maakt het daarmee tot een zelfvoorzienende industrie. Het gevolg lijkt nog immer te zijn dat ook wetenschappers tot een bestand zullen worden en we lijken niet veel dichter tot hun intentie te zijn gekomen. Natuurlijk zijn we overduidelijk veel dichter bij een analyse van de hedendaagse *life sciences* gekomen. Het laboratorium is voor het eerst open gebroken voor een fenomenologische interpretatie van laboratorium-artefacten, het lab zelf en de globale samenwerking tussen labs. Toch blijft Heideggers blinde vlek bestaan en zijn we niet voorbij de onderzoeker als ‘robot’, als functionaris van de techniek gekomen. Hoe kan dit?

Wat opvalt in de toepassing van Heideggers methode binnen elk van de drie dimensies, is dat telkens wordt gekeken naar de omgeving of het werk van onderzoekers. Enkel het ‘er/daar’ van *Dasein* wordt bevraagd om dichterbij de manier van Zijn van wetenschap en onderzoekers te komen. Deze aanpak is in lijn met de fenomenologische methode die geschetst wordt door Zwart, maar schiet ook te kort. Zou het kunnen dat de geschetste methode onvolledig is? Wat zegt de wetenschapper eigenlijk over het ‘er/daar’?

In het volgende hoofdstuk zal ik een poging doen om die vraag te beantwoorden. In wezen draaien we de door Zwart gestelde vraag om en pogen we het *Dasein* in kwestie te laten vragen naar het ‘er/daar’ om zo dichterbij haar of zijn manier van Zijn te komen. Het *Dasein* zal in dit geval een wetenschapper zelf moeten zijn. Een buitenstaander, ook een geoefend filosoof, zal zich nooit tot het lab kunnen verhouden zoals een wetenschapper met haar of zijn oprechte intentie doet. Aan de andere kant zal er nog immer een fenomenologische blik moeten worden gericht op de hedendaagse wetenschap. Het zal dus een wetenschapper moeten zijn die in staat is om zich niet enkel met een calculerende blik te verhouden tot de natuur, maar ook met een verruimende, denkende blik. En laat ik, als nanobioloog/filosoof, nou nét de belichaming kunnen zijn van zo iemand!

Intermezzo: spionage van het laboratoriumleven

Hoewel de meeste filosofen terugschrikken van het laboratorium, vormt deze thesis zeker niet een van de eerste keren dat een filosoof de werkplaats van wetenschappers betreedt. Een belangrijke eerdere poging is door Bruno Latour als STS-pionier in de jaren zeventig gedaan. Gedurende 21 maanden probeerde deze jonge Franse filosoof onderdeel van het meubilair te worden in het lab van Roger Guillemin in het gerenommeerde Salk Institute.³³ In dit lab wordt onderzoek gedaan binnen de neuro-endocrinologie, een vakgebied waarin Guillemin invloedrijke ontdekkingen heeft gedaan, waarvoor hij in 1977 een Nobelprijs heeft ontvangen - een luttele acht jaar na zijn allereerste belangrijke bijdrage.³⁴

In zijn tijd in het lab kruipt Latour in de rol van observant, waarin hij alles in het lab op antropologische wijze bestudeert. Hij noteert gesprekken en handelingen tot in detail, tekent plattegronden en legt vast welke literatuur er wordt gelezen en geproduceerd. Dit alles om op wetenschappelijke wijze te kijken naar een stam wetenschappers en hun productie van wetenschap. De belangrijkste bevindingen heeft Latour samen met een socioloog, Steve Woolgar, in 1979 opgetekend in het boek *Laboratory Life: the Construction of Scientific Facts*.

De belangrijkste conclusie uit het boek is dat de wetenschap wanorde tracht te transformeren tot orde. Jarenlang praktisch ambachtswerk ligt aan de basis van de constructie van feiten. Onderhandelingen met voors en tegens, bewijzen en tegenbewijzen vormen een chaotisch samenspel dat weinig verschilt van menig Kamerdebat. Wetenschap bestaat uit cycli waarin hypothesen, observaties, experimenten en conclusies telkens samenkomen in een nieuw feit of instrument, die later weer in een nieuwe cyclus gebruikt kan worden. Bovenal is wetenschap gefabriceerd uit omstandigheden. Afhankelijk van de situatie ontstaat er bijvoorbeeld wel of geen nieuw vakgebied als neuro-endocrinologie of, zoals in ons geval, nanobiologie.³⁵

Latour en Woolgar leggen goed bloot hoe het sociale en politieke niet gescheiden is van het intellectuele in de wetenschap. Wetenschappelijk werk wordt door wetenschappers zelf voornamelijk gepresenteerd als puur intellectueel. De

33. Bruno Latour en Steve Woolgar, *Laboratory Life: the Construction of Scientific Facts*, 2nd ed. (Chicester, Princeton University Press, 1986), 39.

34. "Roger Guillemin," Salk, verkregen op 1 februari 2021, <https://www.salk.edu/scientist/roger-guillemin/>.

35. Latour en Woolgar, *Laboratory Life*, 236-239.

omstandigheden, toevalligheden en discussies worden weggelaten, deels uit angst dat deze afbreuk zouden doen aan de geloofwaardigheid van het werk, deels omdat ze worden gezien als een onbenullig onderdeel van de wetenschappelijke routine.³⁶ In tegendeel tot wetenschappers zelf, halen Latour en Woolgar het sociale in de wetenschap juist naar boven en laten ze zelfs zien dat wetenschap bestaat bij de gratie van sociaal-politieke elementen. Wetenschappers zijn binnen dit raamwerk dus niet louter intellectuele wezens, maar ook sociale, waarbij deze twee aspecten onlosmakelijk met elkaar verbonden zijn.

Later werkt Latour zijn ideeën over de verwevenheid tussen intellectueel en sociaal verder uit in *We have Never been Modern*. Als moderne wezens zijn we ervan overtuigd dat natuur en cultuur, object en subject gescheiden of te scheiden zijn. Volgens Latour is het tegenovergestelde waar: alles is hybride, niets is puur. In werkelijkheid zijn we dus niet modern, sterker nog, dat zijn we nooit geweest.³⁷

In het laatstgenoemde werk heeft Latour geen goed woord over voor Heidegger. Hij zou er niets van begrepen hebben. Denkend vanuit de illusie van de moderniteit herkent Heidegger het Zijn in de wetenschap niet. Wetenschap is volgens Heidegger puur techniek, puur calculerend denken. Politiek, sociologie, psychologie, antropologie of geschiedenis ziet Heidegger niet. Als naïef, modern wezen is Heidegger er daarom van overtuigd het Zijn nergens te vinden is, “behalve op de *Holzwege** van het Zwarte Woud.”³⁸

Aangezien Heidegger Latours werk niet heeft meegeemaakt, kunnen we de archieven niet naslaan op een potentiële comeback van Heidegger. Toch staat vrijwel buiten kijf dat hij het oneens zou zijn met Latours interpretatie van zijn werk. De wetenschap is in haar breedste zin wel degelijk doordrongen van technisch denken. De calculerende blik is niet alleen voorbehouden aan de natuurwetenschappen, maar óók voor sociologie of geschiedenis. Dat Heidegger de sociale of politieke elementen in de wetenschap niet expliciet noemt, betekent niet dat ze er niet zijn. Deze aspecten zijn echter, net als het intellectuele element, ondergeschikt aan calculerend denken. Ze staan gezamenlijk klaar, de wetenschapper is als geheel verworden tot bestand, niet meer in staat te denken. Het is hierom dat Heidegger op zoek gaat naar een manier van denken buiten het calculerende om. Als een van de twee naïef zou zijn, is het Latour, hij blijft immers binnen het al bekende en beschikbare, binnen wetenschappelijk denken.

Dit intermezzo is natuurlijk niet bedoeld om een dispuut, waarin eenieder de ander een blindheid verwijt, op te lossen.

36. Latour en Woolgar, *Laboratory Life*, 21-22.

37. Bruno Latour, *We have Never been Modern*, vertaald door Catherine Porter (Massachusetts, Harvard University Press, 1993).

**Holzwege* - buiten de gebaande paden, een *Holzweg* of houtpad is een pad wat alleen bestaat voor het vervoer van gehakt hout, waardoor het vaak een vreemd lopend pad is wat nergens naartoe lijkt te gaan.

38. Latour, *We have Never been Modern*, 65. Vertaald door YT.

Bovendien zijn er belangrijke raakpunten. Zowel Heidegger als Latour legt op bepaalde wijze het wetenschappelijke verlangen bloot om complexe dingen te reduceren tot nieuwe, eendimensionale stippen aan de horizon, van waaruit weer naar een nieuwe horizon gewerkt wordt. De eerste noemt het ge-stel, de laatste inscriptie.³⁹ Daarnaast is in beiden een karakterisering van het laboratorium als werkplaats te lezen.

Toch heb ik ervoor gekozen om op Heideggers fenomenologische pad verder te gaan in de verkenning van wetenschap en wetenschappers. Latours sociologisch-antropologische methode behelst namelijk nog altijd een wetenschappelijke houding. Zijn gedetailleerde notities verwerkt hij bijvoorbeeld tot een diagram over hoe een uitspraak een feit wordt of tot een grafiek waarin de mate van acceptatie van een uitspraak als feit wordt gekwantificeerd.⁴⁰ Zoals Jonas Salk in de introductie van *Laboratory Life* al schrijft:

He [Latour] has tried to observe scientists with the same cold and unblinking eye with which cells, or hormones, or chemical reactions are studied—a process which may evoke an uneasy feeling on the part of scientists who are unaccustomed to having themselves analyzed from such a vantage point.⁴¹

Hoe is het mogelijk om vanuit deze bespionerende houding werkelijk bij de oprechte intentie van wetenschappers te komen? Natuurlijk, wetenschappers komen socialer, wellicht menselijker naar voren, maar zijn uiteindelijk nog altijd bezig met het reduceren van de natuur tot object. Ze stellen daarbij het sociaal-politieke vanuit dit antropologische oogpunt simpelweg óók in het werk om tot dat doel te komen. Hun intrinsieke beweegredenen en intenties blijven echter onbelicht, al helemaal als ze zich niet helemaal op hun gemak voelen. Het is dus niet mogelijk om dergelijke zaken van buitenaf, met spionage, vanuit een ander wetenschappelijk vakgebied te onthullen. Daarom zoek ik een andere weg en vraag ik met een fenomenologische blik naar, met en vanuit de wetenschapper zelf.

39. Latour en Woolgar, *Laboratory Life*, 51-52.

40. Latour en Woolgar, *Laboratory Life*, 82, 109.

41. Latour en Woolgar, *Laboratory Life*, 12.

III: Tastend-zoekend onderweg in het lab

Mijn eerste kennismaking met het laboratorium was in het eerste jaar van mijn studie. In een tweedelig vak was het de bedoeling dat ik en mijn medestudenten in een korte tijd de basisvaardigheden onder de knie kregen. Precies en schoon werken stond daarbij hoog in het vaandel. Logisch natuurlijk, zo zorg je ervoor dat de kans dat fouten of contaminaties roet in het experiment zouden gooien geminimaliseerd is. Toch bleek het lastig om hierbij niet in een bepaalde kramp te schieten. Een focus op netjes werken maakt namelijk makkelijk plaats voor enorme twijfel over of je wel alle schoonmaak- en tussenstappen hebt verricht. De hierdoor ontstane tijdhoed leidde er regelmatig toe dat ik of mijn medestudenten na afloop van de les nog steeds achter onze werkbank stonden om het experiment van die dag af te ronden. De volgende week wachtte ons immers een nieuwe proef, dus de resultaten konden geen weekje wachten voordat ze in onze labjournaals genoteerd werden.

Deze introductie met het praktische aspect van wetenschappelijk werk was dus typisch wat Heidegger voorzag. Compleet in lijn met de rest van de opleiding, waren experimenten opgedeeld in behapbare stappen, opgetekend in protocollen. Als je de stappen precies volgt, de genoemde hoeveelheden nauwkeurig weegt of pipetteert, de tussentijdse en uiteindelijke resultaten netjes in je labjournaal noteert, dan slaagt het experiment. De aantrekkingskracht van deze gecalculerde werkwijze was bovendien zo voelbaar, dat we er allemaal onbedoeld krampachtig in meedingen. Ruimte om dingen zelf uit te vogelen of een eigen werkwijze te vinden, was er niet.

Toch gebeurden er zelfs in dit technowetenschappelijke lab onverwachte dingen. Een eenvoudige knip- en plakexperiment met een plasmide, waarbij het DNA met de meest robuuste restrictie-enzymen opengeknippt werd, mislukte bij mij en een vriendin. Sommige medestudenten hadden de grootste moeite met precies pipetteren, een op het eerste gezicht erg eenvoudige handeling. Ook buiten de proeven zelf liep het wel eens in de soep. Zo moesten we tijdens een bepaald experiment dunne plakjes groenten onder de microscoop bekijken. Deze stukjes moest je

aan een aparte tafel afsnijden met een scheermesje. Terwijl ik naar een stuk groente reikte, wilde mijn labdocent zo'n mesje neerleggen. Onze armen kruisten elkaar daarbij, waardoor ik een snee in mijn arm opliep. Gelukkig deed het niet zeer en nog altijd is dit voorval een bron van vermaak (wie kan er nu zeggen dat je bent neergestoken door je labdocent?). Desalniettemin zou je verwachten dat, volledig in lijn met de doordachtheid van de experimenten en de aandacht voor veiligheid, dit soort dingen niet gebeuren in dit lab. Ter voorkoming van dit soort ongelukjes droegen we bijvoorbeeld allemaal een labjas. Er zouden bovendien gemakkelijk regels kunnen worden gemaakt over het aantal personen of mesjes bij die tafel.

Tegen de verwachting in, kwamen er dus onverwachte incidenten voor in dit praktische, technowetenschappelijke vak. Deze voorvallen lijken te wijzen op iets níet technowetenschappelijks, een element dat weigert ingecalculeerd te worden. De vraag is dan, wat dat precies is.

Met de basis enigszins in de vingers, stapte ik ongeveer tweeënhalp jaar later de drempel over van het lab waar ik aan mijn bacheloreindproject zou beginnen. Hier kreeg ik een eigen werkbank in het lab, die ik zelf kon inrichten. Daar zat ik dan, klaar om in diezelfde kramp te schieten. Maar dat bleek allemaal wel mee te vallen.

Net en veilig werken leek hier nét wat minder de prioriteit. Zo droegen de meeste laboratoriumgenoten alleen een labjas in de ruimte waar we bacteriën kweekten of waar we met stamcellen werkten. In ruil daarvoor was er ruimte om nieuwe dingen te leren, een werkwijze te ontwikkelen en te ontdekken wat interessant was of niet, goed ging of niet. Planmatigheid en precisie maakten plaats voor het proces van experimenteren. Onderzoek nam hierbij veel minder de vorm aan van een opeenstapeling van protocollen dan de vorm van een zoektocht.

In het vorige hoofdstuk hebben we Zwarts aanzet besproken om met een Heideggeriaanse methode dichterbij de intentie van wetenschappers te komen. In het nu volgende zullen we dat werk complementeren door terug te gaan naar mijn ervaringen in het lab en vanuit mij, als nanobioloog/filosoof, vragen naar manier van zijn van de objecten, het laboratorium en de globale onderneming van wetenschap.

Laboratoriumartefacten en de intuïtie van wetenschappers

Als het gaat om laboratoriumartefacten, zijn deze inderdaad veelal doorzichtig en uniform. Epjes maken het daadwerkelijk mogelijk om reacties uit te voeren of monsters te bewaren.

Petriskaaltjes maken het mogelijk om mooi uitgespreid en zichtbaar koloniën te kweken, ongeacht of het bacteriën, schimmels, gisten of dierlijke cellen betreft. Tot nog toe is dit compleet in lijn met Zwarts analyse. Het is ook in lijn met de statische, calculerende voorstelling van praktische wetenschap die opdoemt bij het analyseren van protocollen en methodes. De vraag is nu, of protocollen ook daadwerkelijk zo uitgevoerd worden. Wat gebeurt er eigenlijk bij het vervullen van elke stap bij het uitvoeren van een experiment, of beter, tussen die stappen in?

Om die vraag te beantwoorden, zal ik eerst even beter schetsen hoe de werkbank van een wetenschapper (in spe) er ongeveer uitziet. Zoals gezegd had ik een eigen werkbank. Daaraan vastgeklemd had ik drie pipetten, elk geschikt voor een andere hoeveelheid. Daarnaast hield ik ook een voorraadjepjes, buisjes en pipetpuntjes op mijn bench, een afvalbakje, schilderstape om mijn experimenten te markeren en een verscheidenheid aan vloeistoffen die handig waren om bij de hand te hebben. Tegen deze doorgaans vrij goed georganiseerde achtergrond heb ik de meeste experimenten uitgevoerd.

Het feit dat mijn werkbank meestal overzichtelijk was, betekent echter niet dat het per se een voorbeeld van typische technowetenschap is. Juist doordat het goed georganiseerd was, kon ik mijn protocollen, na wat oefening, *intuïtief* uitvoeren. De beslissingen tussen de stappen in, zoals welke pipet te gebruiken voor hoeveelheden die net tussen twee maten pipetten inzaten, konden snel gemaakt worden. Ik wist die pipetten namelijk blind te vinden en kon ze eventueel zelfs vastpakken om even aan te voelen welke het prettigst voor mij zou werken op dat moment. De werkbank van een laborant is uitstekend te vergelijken met de werkbank van een timmervrouw of het aanrecht van een kok. Ze zijn allemaal goed georganiseerd, juist zodat de proef, het meubel of het gerecht fijnzinnig gemaakt kan worden, en juist zodat alles aan het eind een puinhoop kan zijn om later weer opgeruimd te worden. Onderzoeker, timmervrouw of kok, allemaal voeren ze hun werk grofweg volgens een vast stappenplan uit, terwijl ze tegelijkertijd continu kleine aanpassingen op basis van hun waarnemingen doen. Net te lang gewacht met een bepaalde stap? Pas een volgende stap op gevoel aan en je zult zien dat het experiment, meubel of gerecht alsnog slaagt. Of niet, dan probeer je het gewoon opnieuw en pas je hier en daar je werkwijze aan. Ik volgde niet blind een protocol, zoals een functionaris van de techniek zou doen. In tegenstelling, als wetenschapper in spe *zocht* ik elke keer opnieuw *tastend* mijn weg door het protocol, door het experiment.

Een deel van mijn werk in het lab vond plaats in een aparte ruimte voor celkweek. Hier werkte ik aan het maken van nieuwe cellijnen van stamcellen van muizen door middel van het inbrengen van stukjes DNA die zo'n cellijn speciale kwaliteiten gaf met de expressie van bepaalde genen. Bij het kweken van cellen, zeker van stamcellen, is het belangrijk dat je ze goed verzorgt. Dat betekende in mijn geval dat ik de cellen dagelijks van vers medium voorzorg, zodat ze goed konden groeien. Na zo'n drie dagen groeien, moest ik de cellen volgens het protocol bovendien splitsen. Tegen die tijd raakte de plaat namelijk volgroeid. Als ik de cellen niet zou herverdelen op verschillende nieuwe platen, zouden ze over elkaar heen groeien, te weinig voedingsstoffen en zuurstof hebben en uiteindelijk sterven.

De momenten waarop het medium verversst moest worden of de cellen gesplitst moesten worden, waren vastgelegd in een protocol dat was toegespitst op dit celtype. Toch was het protocol lang niet altijd leidend. Na wat oefening leerde ik dat vooral de kleur van het medium, de vorm van mijn cellen of kolonies en de veelvuldigheid waarmee de cellen zich hadden gedeeld ten opzichte van de dag ervoor belangrijke factoren waren om mee te wegen. Ik leerde mijn cellen als het ware kennen. Ik wist wanneer ze 'gelukkig' of 'ongelukkig' waren. Ik voelde aan wanneer ik ze nog wat extra tijd moest geven om zich aan te passen, bijvoorbeeld als ze recent ontdood waren. Vergelijkbaar met een timmermansoog, ontwikkelde ik gedurende mijn project een bescheiden 'celkweekoog'.

Hierbij was de microscoop het cruciale instrument. Een van de eerste dingen die ik 's ochtends deed, was de platen waarop mijn cellen groeiden onder de microscoop leggen om te bedenken wat ik die dag in mijn celkweektijds slot ging doen. De microscoop creëerde natuurlijk een ontologisch onderscheid tussen mij en mijn cellen, ik kon ze immers met het blote oog niet benaderen als bestudeerbaar object. Het is echter belangrijk om ook te zien dat in dat proces de fijnzinnigheid of ambachtelijkheid niet verloren hoeft te gaan. Sterker nog, zonder microscoop zou ik niet in staat zijn geweest om mijn celkweekoog, mijn intuïtie te ontwikkelen. Deze fijnzinnigheid komt extra goed naar voren in het geval van *single cell picking*. Het was een behoorlijk lastige klus om onder de microscoop met je kleinste pipet losse cellen op te zuigen, met de bedoeling deze individueel uit te laten groeien tot nieuwe cellijnen. Nóg specialistischer is bijvoorbeeld de dissectie van muizenembryo's van enkele dagen oud onder de microscoop,* met name omdat deze embryo's nog heel klein zijn en nauwelijks te onderscheiden zijn van het

*Het artikel "Dissection of 6.5 dpc Mouse Embryos" van Kelly Shea en Niels Geijssen (2007), bevat een filmpje van dit precieze werkje. Ik heb met open mond zitten kijken. Zie: <https://www.jove.com/t/160/dissection-of-65-dpc-mouse-embryos>

omringende weefsel.

Naast een eigen werkbank, had ik, net als de andere studenten, ook een eigen bureau in het lab. Hier hield ik mijn labjournaal bij, maar vooral werkte ik achter de computer. Ik plande mijn experimenten, deed literatuuronderzoek en schreef er mijn thesis.

Op mijn laptop had ik ook een programma waarmee ik virtueel kon knippen en plakken met DNA sequenties. Dit gebruikte ik met name voor het bedenken van een strategie voor het maken van nieuwe genetische constructen in plasmiden, die ik daar later weer uit zou knippen om over te brengen in stamcellen van muizen en nieuwe cellijnen te maken. Het programma gaf voor mij precies de genetische code en de belangrijkste elementen daarin weer, zoals de locaties waar een specifiek restrictie-enzym zou knippen.

Het ontwerpen van die genetische constructen gaat, uiteraard, volgens een stappenplan. Je begint met het gen dat je wilt gebruiken. Meestal bestel je dit gen, geflankeerd door locaties waarin bepaalde restrictie-enzymen kunnen knippen. Dan zoek je een plasmide uit waarin diezelfde kniplocaties aanwezig zijn. Je geknipte genetische sequentie en circulaire plasmide gooi je, nu nog virtueel, bij elkaar, waardoor een nieuwe plasmide met daarin je gen ontstaat. Dit nieuwe geheel controleer je op fouten, waarna je al deze stappen in het lab kan herhalen in een zogeheten kloonexperiment. Hierbij transfecteer je de plasmide in bacteriën. Die bacteriën kweek je, waardoor niet alleen de bacteriën zich repliceren, maar ook je plasmide gerepliceerd wordt. Het resultaat hiervan is een werkbare hoeveelheid plasmide. Je kunt nu eindelijk checken of je plasmide correct is en, indien dat daadwerkelijk het geval is, een hoeveelheid van je gen weer uitknippen om óf te combineren met andere genen in een nieuwe plasmide, óf te transfecteren in stamcellen.

Maar goed, terug naar het stappenplan. Ik ontwierp de plasmiden dus virtueel, waarbij bepalend was welke restrictie-enzymen ik zou gebruiken. Welke enzymen je kiest, hangt af van een heleboel factoren, zoals de efficiëntie van de restrictie, hoe goed verschillende enzymen te combineren zijn en of de ligatie leidt tot een verschuiving van het gen waardoor de genetische sequentie niet meer 'leesbaar', niet *in frame*, is in de stamcel. Toch was het ontwerpen van de plasmiden geen simpele afweging van deze factoren. Regelmatig kwam het voor dat ik een mooie optie had gemaakt op de laptop, om erachter te komen dat we dat enzym helemaal niet (meer) hadden. Daarnaast maakte ik veel plasmiden die slechts een tussenvorm waren van de uiteindelijke plasmide,

waarin verschillende genen gecombineerd werden, waardoor de keuze voor bepaalde enzymen bepalend was voor meer dan één stap in het kloonproces. Dergelijke praktische limitaties waren vaak veel belangrijker in mijn ontwerpproces dan de eerdergenoemde ‘theoretische’ factoren. Het maken van een goede plasmide wordt daarom niet beschreven door een simpele optelsom van voor- en nadelen, maar wordt voornamelijk geleid door een zoektocht naar de meest *elegante* oplossing.

Een goed voorbeeld van een elegant ontwerp dat ik tijdens mijn project heb gemaakt is een combinatie tussen de sequentie van een bepaald gen en een plasmide met de sequentie van een fluorescerend eiwit. Door de sequentie van het gen *in frame* met de sequentie van het fluorescerend eiwit te maken, komt deze combinatie na overbrenging in stamcellen tot expressie als een gecombineerd eiwit. Dit gecombineerde eiwit vervult een bepaalde functie en geeft licht onder de microscoop, waardoor het bijvoorbeeld makkelijk te herkennen is wanneer de transfectie goed gelukt is. Dat extra lichtgevend eiwit kan echt ook in de weg zitten als de rest van het eiwit gewoon zijn functie probeert te vervullen in de cel. Daarom had ik de plasmide zo ontworpen, de restrictie-enzymen zo gekozen, dat de sequentie van het lichtgevend eiwit er achteraf ook eenvoudig uitgeknipt kon worden indien het erop leek dat het combinatie-eiwit inderdaad niet functioneel was in stamcellen. Die denkstap stond helemaal nergens opgeschreven, maar kwam tot stand door het aftasten verschillende opties en ideeën in het programma totdat mij deze buitenkans binnenviel.

Toch lijkt de werkwijze in dit plasmideprogramma nog altijd erg op hoe voorheen werd uitgevogeld een plasmide te knippen: simpelweg tekenend op papier, maar dan aan de hand van gepubliceerde, vaak eenvoudigere plasmidekaarten in plaats van precieze sequenties van eindeloos veel plasmiden op de computer. Desalniettemin behelst ook gecompliceerder computerwerk een bepaalde fijnzinnigheid en elegantie. Bioinformatica speelt een steeds grotere rol in biologisch onderzoek, met name doordat biologische fenomenen steeds beter gedataficeerd kunnen worden. In deze grote datasets kunnen met behulp van algoritmes verbanden worden gelegd die met het blote oog niet zichtbaar zijn.

Op het eerste gezicht lijkt bioinformatica dus het toppunt van technowetenschap. Toch heb ik bij het schrijven van mijn eigen eenvoudige code gemerkt dat er meer dan dat achter schuil gaat. Iedere code wordt namelijk geschreven in een bepaalde programmeertaal en -omgeving. Deze

talen hebben net als onze taal een grammatica en syntaxis, zij het met minder ruimte voor ambiguïteit of nuance. Sommige talen zijn heel bekend, andere minder. Sommige talen zijn geschikt voor specifieke toepassingen, andere zijn heel breed toepasbaar. Sommige talen gaan goed samen, andere totaal niet. Bioinformatici beheersen daarom lang niet alle talen. Bovendien is lang niet iedereen even welbespraakt in (de functies van) elke programmeertaal. Stukken code verschillen dus van persoon tot persoon, afhankelijk van welke taal diegene beheerst, hoe eloquent diegene is in die taal en bovendien hoe diegene zich het liefst uitdrukt met die taal.

Zo gebruikte ik MATLAB om een script te schrijven om uit te rekenen hoe goed een epigenetische markering per celdeling bewaard bleef. MATLAB een taal die erg handig is voor berekeningen, heeft een uitgebreid online hulpplatform en was bovenal de enige taal die ik goed beheerste. Ik heb getracht om een zo handig mogelijke, functionele code te schrijven met de kennis die ik van MATLAB had. Programmeren is eigenlijk net een oneindige puzzel, een continue worsteling van verfijning, voor zover dat binnen je capaciteiten ligt. Inmiddels heb ik meer ervaring opgedaan in MATLAB, bijvoorbeeld met het maken van eigen functies, waardoor ik nu een elegantere variant van die code zou kunnen schrijven.

Een nadeel van MATLAB is dat de programmeeromgeving vrij duur is, waardoor veel labs er helemaal geen gebruik van maken. Het vertalen van een MATLAB-script is niet zomaar gedaan, aangezien elke taal net andere regels en gebruiksvormen heeft. De kans dat mijn script na mij nog gebruikt is door andere leden van het lab is daarom vrij klein. Hooguit is de centrale berekening overgenomen in een andere taal, maar de rest van de code waarin die berekening lag ingebed, zal daarbij grotendeels verloren zijn gegaan. Mijn script is daarom een goed voorbeeld van het feit dat een functioneel script niet afdoende is om ook een goed script te zijn, waarvan het waard is om het als zodanig te bewaren.

Virtuele programmeertalen verschillen zo bezien eigenlijk maar weinig van onze eigen taal. Geheel in lijn met de Heideggeriaanse methode is het belangrijk om aandachtig te zijn voor de taal en de geschiedenis van de woorden, of, in dit geval, functies. Eloquent en elegant taalgebruik zijn vaak belangrijker voor een goed script dan enkel functionaliteit of efficiëntie. Programmeertalen zijn bovendien vaak niet één op één vertaalbaar, waardoor de manier waarop iets uitgedrukt wordt verloren kan gaan, iets wat Heidegger zelf enorm hekelde bij de vertalingen van zijn werk in niet-Duitse talen. Programmeren is daarom veel meer dan het logisch combineren van functies. Mooi programmeren is

een zoektocht, onderweg zijn naar een steeds fijnzinnigere oplossing van de puzzel.

Het laboratorium als werkplaats

Met het voorgaande inkijkje in de dagelijkse labpraktijk van mij en mijn medewetenschappers (in spe) in ons achterhoofd, kunnen we het objectniveau ontstijgen door een stap achteruit te zetten en het lab als geheel bezien. Ik heb laten zien dat experimenteren een tastend-zoekende houding behelst. Fijnzinnigheid, ambacht en intuïtie zijn prominenter aanwezig in de zienswijze van wetenschappers naar laboratoriumartefacten dan initieel lijkt. Efficiëntie voert ogenschijnlijk de boventoon, maar maakt bij nader inzien plaats voor elegantie.

Ondersteund door voorbeelden over het praktische aspect van onderzoeken, kunnen we hier veilig constateren dat het lab goed gekarakteriseerd kan worden als een werkplaats. Een werkplaats waarin ik, samen met mijn collega's, dagelijks bezig was de natuur af te tasten. Echter komt dat op laboratoriumniveau op een andere manier naar voren. Waar het fysieke aspect van aftasten en bewerken een grote rol speelt op het objectniveau, verschuift die nadruk hier meer naar het mentale. Zo moest dat wat mij als individu bezighield natuurlijk gedeeld worden met anderen. Het lab is een plek waar ideeën, hypothesen en resultaten onderling worden uitgewisseld. In het lab staan is in die zin een continue oefening in perspectivisme, zeker voor een nanobioloog. Wanneer een natuurfenomeen mij aansprak - het waren niet voor niets *mijn* cellen, *mijn* plasmideontwerp of *mijn* script - kon dat op een biologische, natuurkundige en wiskundige manier zijn. Intern was en ben ik constant bezig die perspectieven uit te wisselen, te vergelijken en wederzijds te versterken.

Regelmatig ontstaat daarbij een spanningsveld. Elk perspectief laat altijd wel wat over. Elk perspectief bevat wel iets dat een ander perspectief tegenspreekt. De uitdaging zit daarom in het bewandelen van dat spanningsveld. Juist dáár vinden spannende dingen plaats, zijn de uitdagingen en vragen. Het is de plek waar een natuurfenomeen op verschillende manieren uit de onverborgenheid naar voren komt en telkens op andere wijze onvolledig belicht wordt.

Niet alleen binnen mijzelf ontstond een dergelijk spanningsveld. Ook tussen mij en een ander kwam dit voor. Als ik ergens tegenaan liep, maar ook als ik iets nieuws had bedacht, moest ik dat uitleggen aan een ander, meestal iemand met een biologische achtergrond. Waar ik mij intern nog intuïtief kon uitrusten met mijn eigen voorstellingswereld, mijn eigen bekendheid in ieder van de drie vakgebieden die

nanobiologie uitmaken, is dat tussen verschillende mensen een stuk lastiger. Welke taal spreek je in die situatie?

Of het nu natuurkunde, wiskunde of biologie betreft, allemaal vertalen ze in de *life sciences* de natuur in een codeerbaar geheel van A, C, T en G, genen en celtypes. Het leven komt zo het gemakkelijkst naar voren komt als bio-informatie. Dat betekent niet dat de afkortingen voor bijvoorbeeld nucleotiden die nucleotiden daadwerkelijk vervangen. De A, C, T en G verwijzen - zijn een heenwijzing - naar nucleotiden, genen en dus (indirect) naar mogelijke functies en gedragingen van cellen of organismen. Deze letters maken het mogelijk om intuïtief perspectieven uit te wisselen. Vaktaal is dus niet enkel een aanval op de natuur, zoals vanuit Heideggeriaans perspectief blijkt. Vaktaal is essentieel om mentaal tastend-zoekend een beeld te vormen van de natuur, zeker tussen mensen in. Juist doordat wetenschappers min of meer dezelfde, zij het calculerende, taal beheersen, is het ook mogelijk om *samen* dat wat onbelicht en onvertaald overblijft af te tasten.

Een nadeel van vaktaal is dat als je er niet bekend mee bent, het al snel als abracadabra kan klinken. Je blijft dan gemakkelijk steken op het calculerende en aanvallende karakter van wetenschappelijk vaktaal, waardoor je de intuïtiviteit ontgaat die tussen de regels ontstaat. Het is daarom niet zo gek dat Heidegger de fijnzinnigheid van wetenschappelijke vaktaal over het hoofd kon zien. Dat zien we ook als we de situatie omdraaien; filosofisch werk lezen is voor menig wetenschapper een enorme uitdaging en wordt daarom al snel afgedaan als zweverig of vaag.

Het lab is als werkplaats niet enkel een plek van overleg, maar volgens Zwart ook een plek waarin minuscule werelden worden verkend waar in de alledaagsheid overheen wordt gekeken. Maar wiens alledaagsheid is dat? Niet die van een wetenschapper in haar lab. Ik was juist elke dag bezig met het onderzoeken van micro- en nanobiologische dimensies. Daar hield het voor mij bovendien niet op. Waar iemand anders simpelweg een link naar een website ziet, springt voor mij daarin de lange reeks van de letter A in het oog. Direct spreekt mij dit aan als een poly-A staart van mRNA of het resultaat een stotterend RNA of DNA polymerase, eiwitcomplexen die verantwoordelijk zijn voor het kopiëren van DNA. Thuis houd ik een alsmaar uitdijende collectie planten waarvan de bladtexturen en -patronen mij met regelmaat fascineren. Tussen foto's van vrienden waarmee mijn sociale media gevuld worden, bevinden zich ook filmpjes van allerhande micro-organismen, gemonteerd onder funky elektronische deuntjes.*

*Chloé, een student microbiologie uit Montreal, heeft (net als iedere student?) in haar kamer een verzameling micro-organismen, waaronder waterbeertjes: *Tardigrada*, door haar liefkozend *tardibabes* genoemd. In haar vrije tijd bekijkt ze deze 'kleine diertgens' onder haar (nieuwe!) microscoop en maakt ze hiervan opnames met haar iPhone. Deze filmpjes deelt ze op haar Instagramaccount @tardibabe.

De nanobiologische wereld is voor mij dus niet begrensd in het lab of mijn boeken, maar bereikt mij ook in de alledaagsheid. Dat zou je natuurlijk als een teken kunnen zien van dat ik dusdanig verworpen ben tot een bestand, dat de drang tot calculerend denken mij ook buiten het lab bereikt. Toch denk ik dat het tegenovergestelde waar is. Het feit dat mijn alledaagse perspectief doordrongen is van nanobiologie en het nanobiologische perspectief doordrongen is van alledaagsheid, is juist een teken dat ik niet enkel gescheiden, calculerend denk. Ik heb de wetenschappelijke blik zo in de vingers, het is zo intuïtief, dat ik er altijd aanspraak op kan doen en door aangesproken kan worden. De wereld wordt voor mij niet grauw- en platgecalculeerd, maar krijgt juist meer kleur en dimensie als ik er met mijn fascinatie voor natuurfenomenen naar kijk.

Vanuit Heideggeriaans perspectief is het laboratorium een ambigue omgeving, maar voor een gefascineerd nanobioloog als ik niet. Andersom had Heidegger duidelijk een fenomenologische aandachtigheid voor de wereld waarin filosofische werk en alledag samensmolten. Voor de meeste wetenschappers is dát juist hartstikke ambigu. Zo bezien hebben wetenschappers en filosofen eigenlijk heel wat meer met elkaar gemeen dan beiden in eerste instantie voorstellen. Hun perspectief, taal en werkplaats verschillen, maar daarbinnen kunnen beiden onderweg zijn.

Van een globale naar gezamenlijke onderneming

We hebben gezien dat tastend-zoekende element makkelijk over het hoofd te zien, maar onmisbaar is in de dagelijkse praktijk van de wetenschapper, zowel richting de te hanteren (onderzoeks)objecten als binnen het lab als geheel. De vraag is of de intuïtie en elegantie die we daar nog wisten te herkennen wel een plek heeft in de globale schaal van wetenschap. Door het gemis van de nabijheid die in het klein nog te vinden is, wordt het lastig om dergelijke vriendelijkheid te vinden binnen de grootschalige krachtveld van wetenschap als zelfvoorzienende industrie.

Toch begint alles klein, ook het industriële aspect van technowetenschap waarin ideeën en ontdekkingen die ooit ontsprongen zijn uit één onderzoeker (of enkele onderzoekers samen) grootschalig toegepast worden. Zwart schrijft daarover:

Although scientific discovery may commence as small-scale, careful, creative, and menial research practices, conducted by pioneers such as Gregor Mendel or Rosalind Franklin for instance (Zwart

2013), *Heidegger discerns an inherent force at work in technoscience, pushing it towards developing into a large-scale, anonymous enterprise (Betrieb) whose objective is the objectification of nature [...]*.⁴²

We herkennen hierin het eerder beschreven scharrelende karakter van de wetenschapper aan haar werkbank. Volgens Zwart was dit vooral voorbehouden aan vroege pioniers als Mendel of Franklin. Het grootste deel van de wetenschappers bouwt enkel voort en breidt uit op steeds grotere en industriële schaal.

We kennen echter ook recentere pioniers. CRISPR/Cas9, de genetische schaar die we eerder al voorbij hebben zien komen, is zo'n recente ontdekking met bijbehorende pioniers. CRISPR/Cas9 is bovendien niet instantaan herkend als een machtig instrument waarmee het genoom met precisie kan worden aangepast. Die ontdekking is voortgekomen uit nieuwsgierige vragen als 'hoe beschermen bacteriën zich tegen vijanden als virussen?' Uit daaropvolgend onderzoek bleek dat bacteriën gebruik maken van eiwitcomplexen die viraal RNA of DNA herkennen en vervolgens kapot maken. Een zo'n eiwitcomplex is CRISPR/Cas9, wat toevallig ook uitstekend geschikt bleek voor de huidige toepassing.

De grootschalige onderneming is daarnaast minder nieuw dan op het eerste gezicht lijkt. Ook in de tijd van bijvoorbeeld Van Leeuwenhoek verbonden wetenschappers zich aan elkaar, in zijn geval in de Royal Society. Het was door correspondentie met de Royal Society dat Van Leeuwenhoeks ontdekkingen in de vorm van zijn brieven naar buiten kwamen en anderen verder konden bouwen op zijn inzicht op het gebied van microbiologie en het maken van lenzen.⁴³ Natuurlijk is de schaal hiervan niet te vergelijken met de grote industrie van epjes, muizen, sequencingdiensten en tijdschriften waar de hedendaagse wetenschap op rust, maar dat lijkt meer te maken te hebben met het feit dat het nu veel makkelijker is om informatie te verspreiden. De manier van zijn van wetenschap, die ontstaat als tastend-zoekend pionieren en zich uitbreidt naar grootschalige toepassing en productie, is onveranderd gebleven.

De ogenschijnlijke scheiding tussen vroeger en nu, ambachtelijk pionieren en grootschalige industrie, verwaagt hiermee. Uiteraard gaat in de globale onderneming van wetenschap het meeste geld om in het grootschalig toepassen van ontdekkingen, in de wetenschapsindustrie, maar dat maakt het nog niet definiërend voor de hedendaagse wetenschap. Iedereen kan tegenwoordig - bij wijze

42. Zwart, "Coming to Terms with Technoscience", 402.

43. "Antonie van Leeuwenhoek," The Royal Society, verkregen op 23 februari 2021, <https://making-science.royalsociety.org/s/rs/people/fst00039851>.

van spreken - een genoom aanpassen met CRISPR/Cas9 of in zijn geheel laten sequencen. Om precies die reden is het industriële, technische aspect van wetenschap juist níet het toppunt van wetenschap. Genoomwijde studies zijn niet het voorbeeld van mooie, elegante wetenschap. Wetenschappers en hun laboratoria of onderzoeksgroepen die individueel en samen, fysiek en mentaal tastend-zoekend wegen zoeken naar nieuwe manieren om licht te schijnen op natuurfenomenen zijn dat wel.

Wederom is de ontdekking van CRISPR/Cas9 van deze gezamenlijkheid een mooi voorbeeld. De Nobelprijs hiervoor is gegaan naar Jennifer A. Doudna en Emmanuelle Charpentier, maar zij waren natuurlijk niet de enigen die hebben bijgedragen aan deze ontwikkeling. Buiten het feit dat zij uiteraard veel te danken hebben aan onderzoekers in hun eigen groepen, waren veel meer onderzoekers bezig met het verdedigingsmechanisme van bacteriën. Zo ook John van der Oost en zijn groep in Wageningen. Vier jaar voordat de Nobelprijswinnaressen naar buiten kwamen met hun bijdrage, heeft de Wageningse groep laten zien dat een variant van deze genetische schaar, het Cascade/Cas3 eiwit-complex, aan de hand van kleine stukjes RNA (CRISPRs) DNA herkent en onschadelijk maakt.⁴⁴ Hierdoor zijn bacteriën beschermt tegen aanvallen van virussen. De potentie van CRISPR-systemen als Cascade/Cas3 en zeker Cas9 werd pas later gerealiseerd. Bovendien was die potentie niet het directe doel, maar eerder een neveneffect van een gezamenlijke inspanning en interesse.

Verder staan dit soort wetenschappelijke artikelen natuurlijk bol van methodiek, waardoor de validiteit, objectiviteit en repliceerbaarheid gewaarborgd zijn. Dat komt uiteraard goed van pas voor het toepassen van deze ontdekking op grote schaal. Maar dat hoeft wederom niet het enige doel te zijn. Zoals we eerder hebben gezien zoekt een wetenschapper een weg, vaart ze niet alleen op logisch denken, maar vooral haar intuïtie om zo een natuurfenomeen te ontrafelen. Om dat op globale schaal te doen, samen met andere onderzoeksgroepen, moet natuurlijk wel gemeenschappelijke grond gevonden en afgesproken worden. Methodes kunnen onderdeel zijn van dit soort afspraken. Enerzijds komt hierdoor natuurlijk een objectiverende, calculerende blik op de natuur tot stand, anderzijds maakt het ook gezamenlijk overleg mogelijk voor heel de wetenschap.

44. Stan Brouns *et al.* "Small CRISPR RNAs Guide Antiviral Defense in Prokaryotes," *Science* 321, (15 augustus 2008): 960-964.

Het voorgaande stuk is niet bedoeld om de metafysische claim van de hedendaagse *life sciences* en van technowetenschap te ontcrachten. De globale onderneming

van wetenschap houdt inderdaad in dat de natuur kan en moet worden geobjectiveerd. De manier waarop kleine ontdekkingen grootschalige industrie kunnen worden en de manier waarop geïnstitutionaliseerde wetenschap eisen stelt aan bijvoorbeeld artikelen onderschrijven dat. Tegelijkertijd zien we ook dat de mogelijkheid bestaat om samen te onderzoeken, af te tasten en ideeën uit te wisselen.

De uitwassen van deze objectificatie - wetenschap als zelfvoorzienende industrie waarin efficiënte productie van kennis meer weegt dan geleerdheid - stuit bovendien op steeds meer tegenstand van binnenuit. Tastend-zoekende wetenschappers die niet op tijd 'gescoord' hebben met een publicatie in een vooraanstaand tijdschrift vallen buiten de boot voor nieuwe fondsen. Waar dat voor sommigen slechts een kwestie van pech is, kan dat voor anderen te maken hebben met het feit dat ze tot slecht gerepresenteerde groepen behoren. De ondoorzichtigheid van *peer review* werkt dit samen met de grote competitie alleen maar in de hand. De vraag is daarnaast wat vooraanstaand - uitgedrukt in *impact factor* - eigenlijk is. Sommige interessante artikelen komen veel beter tot hun recht in een specialistischer, maar minder vooraanstaand blad, andere stukken weer in tijdschriften met hoge *impact factor* en dus vaak een breder publiek. Steeds meer wetenschappers zien dus in dat de eendimensionaliteit van de huidige maatstaaf voor wetenschappelijkheid - het aantal publicaties in grote bladen - de diversiteit in onderzoek en wetenschappers tekort doet, iets waar wetenschap als geheel onder lijdt.

Deze weerstand leidt geleidelijk aan tot verschuivingen in het publicatie- en fondsenlandschap. Een groep Nederlandse kennisinstellingen en onderzoeksfinanciers heeft ook geconstateerd dat veel wetenschappers de nadruk op onderzoeksprestaties als te eenzijdig ervaren.⁴⁵ Ze stellen daarom een nieuw en verbeterd waarderingssysteem voor waarin ook leiderschap, maatschappelijke impact, onderwijs en (waar van toepassing) patiëntenzorg zullen meewegen. Hierbij wordt benadrukt dat excellentie in alle domeinen niet nodig is, maar dat diversiteit het streven is. *Open science* is het uitgangspunt: een onderzoekspraktijk waar anderen mee kunnen samenwerken en aan kunnen toevoegen doordat resultaten, methoden en data vrij beschikbaar zijn.⁴⁶ Nieuwe waarderingssystemen en *open science* hebben bovendien ook internationale aandacht, bijvoorbeeld bij de Europese Commissie in *Horizon 2020*, een programma waarin getracht wordt om Europees onderzoek te bevorderen.^{47,48}

De globale onderneming van wetenschap als zelfvoorzienende industrie is dus aan het bewegen naar een

45. NWO, "Ruimte voor ieders talent: naar een nieuwe balans in het erkennen en waarderen," (2019): 4.

46. NWO, "Ruimte voor ieders talent," 5.

47. "Open Science (Open Access)," Europese Commissie, verkregen op 24 februari 2021, <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/open-science-open-access>.

48. Europese Commissie, "Work programme 2018-2020: 16. Science with and for Society" (2020).

herwaardering van geleerdheid, weg van enkel de efficiënte productie van kennis. Wetenschappers blijken in staat om het calculerende karakter van technowetenschap te herkennen en ervaren de gevolgen hiervan als te krap, niet recht doende aan de multidimensionaliteit die elegante wetenschap omvat. De beweging die zich hierop volgend ontvouwt, heeft best wat weg van *Gelassenheit*. Technowetenschap wordt beaamd, maar men gaat er niet blind in mee door ook wetenschap zelf puur calculerend te benaderen. In tegendeel, er wordt een weg gezocht naar open en diverse wetenschap, waarmee recht wordt gedaan aan het tastend-zoekende element van wetenschap als geheel.

Conclusie: het geheim van de wetenschap

Heideggers twintigste-eeuwse antwoord op de vraag naar de techniek is nog altijd relevant gebleken voor hedendaagse *life sciences* als nanobiologie. De vrije verhouding met de technowetenschap die in dat antwoord wordt voorbereidt, laat wetenschappers - nanobiologen zoals ik - echter in onvrijheid achter. De weg naar een fenomenologie van het lab hebben we daarom in Zwart zijn voetstappen vervolgd. In deze interpretatie hebben we een eerste glimp opgevangen van een ambachtelijkheid in de wetenschap. Desalniettemin ging dit schuil achter een inmiddels vertrouwde waas van wetenschappers als functionarissen van de techniek.

Tot slot hebben we de drie niveaus van Zwart opnieuw bekeken, maar dan nu door vanuit een wetenschapper, het *Dasein* in kwestie, fenomenologisch naar de omgeving, het 'er/daar', te vragen. Laboratoriumartefacten bleken niet enkel een manier om de natuur robotisch in meetbare stukjes op te delen en meten, maar bovenal het intuïtieve verlengde van onderzoekers, waarmee een weg wordt geopend naar de micro- en nanobiologische wereld. Die dimensie vormt weliswaar een contrast met de dimensie van alledag van de meeste mensen, filosofen inclusief, maar niet voor wetenschappers. Binnen en buiten het lab kunnen onderzoekers die wereld aanspreken of er door aangesproken worden. Vaktaal is daarbij niet enkel een wijze om de natuur als object weg te zetten, maar ook een manier om haar dichterbij te halen en gezamenlijk tot leven te brengen. Die gezamenlijkheid wordt des te belangrijker op het globale niveau van wetenschap. Op het eerste gezicht is de weidse onderneming van wetenschap enkel competitief, te competitief zelfs, met als doel kleine ontdekkingen groots uit te buiten en zichzelf in deze cirkel in stand te houden. Methodiek dient echter ook tot overleg, tot gedeelde grond. Die gedeelde grond wordt bovendien bewandeld als collectief, waarin vaak meerdere ideeën en groepen uit nieuwsgierigheid leiden tot gemeenschappelijke ontdekkingen, waarvan regelmatig pas later de technowetenschappelijke potentie wordt gerealiseerd.

De efficiëntie waarmee de natuur door een calculerende blik wordt gesorteerd en begrepen, maakt plaats voor de elegantie en fijnzinnigheid die intuïtie met zich meebrengt.

Het rechttoe rechtaan van het een weg banen tussen oorzaak en gevolg vervaagt in tastend-zoekend meanderend onderweg zijn. De *life sciences* die een agressieve aanval op de natuur leken te zijn, blijken ook een nieuwsgierige koestering te herbergen. De eenzijdigheid van technowetenschap raakt bevrijd in de dubbelzinnigheid van wetenschap.

Ook Heidegger herkende deze dubbelzinnigheid in het wezen van de techniek. Zo kunnen we het volgende lezen:

Enerzijds daagt het ge-stel uit tot de razernij van het bestellen, dat elk zicht op het geschieden van ontberging belemmert en zo de betrekking tot het wezen van de waarheid fundamenteel in gevaar brengt.

Anderzijds geschiedt het ge-stel op zijn beurt binnen het vergunnende, dat de mens dáárin laat duren [...] dat hij nodig is om het wezen van de waarheid te hoeden. Zo verschijnt de opgang van het reddende.⁴⁹

Het eerste deel hebben we al uitvoerig behandeld. Nanobiologie wendt ons telkens af van tevoorschijn-brengend ontbergen en zelfs de mogelijkheid van ontbergen zelf, waardoor waarheid als *aletheia* ontoegankelijk dreigt te worden. Maar zelfs technowetenschap heeft de mens nodig om te ontbergen. Het wezen van de techniek, het ge-stel, gebeurt niet enkel als voortdurende aanval, maar gunt ons ook het wezen van de waarheid.

Wat is het wezen van de waarheid? Vrijheid. Vrijheid in de zin van zijnden laten zijn. ‘Laten zijn’ behoren we hier niet op te vatten in de reguliere manier van met rust laten. In tegendeel, we moeten ons er juist mee bezighouden.⁵⁰ Enkel door ons te verhouden tot de zijnden, door ze in de openheid naar voren te laten komen, laten we ze vrij om te zijn hoe ze in wezen zijn. Waarheid als *aletheia*, als ontbergen, vind plaats in vrijheid.

Het ge-stel bedreigt ontbergen dus voortdurend, terwijl het ons tegelijkertijd ontbergen ook vergunt. Door het gevaar van het eerste oplettend in het oog te houden, zijn we in het laatste in staat om te groeien in de ervaring van ontbergen. Voortduren en vergunnen, gevaar en redding bewegen nauw langs elkaar heen, veel nauwer dan we in eerste instantie herkennen.

Het wezen van de techniek is dus dubbelzinnig. Zo’n dubbelzinnigheid wijst volgens Heidegger op het geheim van alle ontberging.⁵¹ Waar waarheid als *aletheia* ontberging is, is het geheim dat “wat verborgen is en zich altijd verbergt”.⁵² Het geheim is het bevrijdende, maakt de openheid, de vrijheid

49. Heidegger, *De vraag naar de techniek*, 34.

50. Heidegger, “On the Essence of Truth,” 123.

51. Heidegger, *De vraag naar de techniek*, 34.

52. Heidegger, *De vraag naar de techniek*, 26.

53. Heidegger, *De vraag naar de techniek*, 26.

mogelijk.⁵³

Door oog te hebben voor de dubbelzinnigheid van wetenschap, door het vergunde ontbergen te midden van het voortdurende gevaar te zien, komt ook de redding, het bevrijdende, het geheim in zicht. De vraag is nu dus, wat dat geheim is?

Laten we daarvoor de nog wat cryptische omschrijving van het geheim eens uitpakken. We beginnen daarom bij wat we al beter kennen: waarheid als *aletheia*. Waarheid is ontberging, laat zijnden zijn, in vrijheid. Tegelijkertijd verbergt waarheid daarmee het geheel van die zijnden, de zijnden als zodanig. De openheid waarin zijnden naar voren komen, is altijd een eigen openheid. Ontberging vindt altijd plaats op een specifieke manier, waardoor we nooit het geheel, maar juist een deel onthullen. Het geheel wordt dus verborgen in ontberging.⁵⁴

Deze dubbele beweging hebben wij als *Dasein* zelden door. We richten ons immers op de entiteiten om ons heen, we ontbergen. We hebben oog voor wat onthuld is, zelden voor wat we tegelijkertijd niet meer kunnen zien. De verberging in ontberging is dus verborgen. Het geheim is hiervoor verantwoordelijk: het geheim verbergt het verbergen van het geheel, van zijnden als zodanig.

Door het vergunde ontbergen te koesteren, door oog te hebben voor het geheel dat verborgen raakt, krijgen we oog voor het geheim. Zonder dat ik het me bewust was, wist ik in het lab het vergunde ontbergen al te koesteren. Ik maakte van laboratoriumartefacten het verlengde van mijn zintuigen, om mij zodoende tastend-zoekend door de nanobiologische wereld te navigeren. Het lab was mijn werkplaats en wetenschap mijn speelveld. Binnen het opvorderend ontbergen van technowetenschap, vond ik tevoorschijn-brengend ontbergen in het lab.

Heidegger koesterde ontbergen buiten de wetenschap, in de *poiesis* van poëzie en natuur. In de wetenschap was volgens hem immers geen geheim, enkel geweld. Maar in deze thesis hebben we de natuur ook in de nanobiologie weten te vinden. We hebben poëzie ook weten te vinden in de dans van verschillende pipetten, gesprekken met collega's en artikelen van onderzoeksgroepen verderop. Juist door de vergunde ontberging te midden van het gevaar - niet buitenom - te koesteren, door dapper het lab in te stappen, vinden we ook tevoorschijn-brengend ontbergen in de wetenschap. We moeten ons daarvoor enkel blijven richten tot wat verborgen dreigt te raken: zolang we nieuwsgierig onderweg blijven, tastend-zoekend naar elegantere zienswijzen van de natuur, hebben wij ons oog óók op het geheim, het geheim van de wetenschap.

54. Heidegger, "On the Essence of Truth," 129-130.

Bibliografie

Brouns, Stan J. J., Matthijs M. Jore, Magnus Lundgren, Edze R. Westra, Rik J. H. Slijkhuis, Ambrosius P. L. Snijders, Mark J. Dickman, Kira S. Makarova, Eugene V. Koonin, John van der Oost. "Small CRISPR RNAs Guide Antiviral Defense in Prokaryotes." *Science* 321 (15 augustus 2008): 960-964.

Europese Commissie. "Open Science (Open Access)." Verkregen op 24 februari 2021. <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/open-science-open-access>.

Europese Commissie. "Work programme 2018-2020: 16. Science with and for Society." (2020).

Franklin, Rosalind en Raymond Gosling. "Molecular Configuration in Sodium Thymonucleate." *Nature* 171 (25 April 1953): 740-741.

Heidegger, Martin. "Being and Time: Introduction." In *Basic Writings*, bewerkt door David Farrell Krell. 41-87. New York, HarperCollins Publishers, 2008.

Heidegger, Martin. *De vraag naar de techniek*. Vertaald door Mark Wildschut. Nijmegen: Vantilt, 2014.

Heidegger, Martin. "On the Essence of Truth." In *Basic Writings*, bewerkt door David Farrell Krell. 115-138. New York, HarperCollins Publishers, 2008.

Heidegger, Martin. "What Calls for Thinking?" In *Basic Writings*, bewerkt door David Farrell Krell. 369-391. New York, HarperCollins Publishers, 2008.

Heidegger, Martin. *Zijn en Tijd*. Vertaald door Mark Wildschut. Nijmegen: SUN, 1998.

Latour, Bruno. *We have Never been Modern*. Vertaald door Catherine Porter. Massachusetts, Harvard University Press, 1993.

Latour, Bruno en Steve Woolgar. *Laboratory Life: the Construction of Scientific Facts*. 2nd ed. Chicester, Princeton University Press, 1986.

NWO. "Ruimte voor ieders talent: naar een nieuwe balans in het erkennen en waarderen." (2019).

Reijers, Wessel. "Blok, Vincent: Heidegger's concept of philosophical method: innovating philosophy in the age of global warming." *Cont Philos Rev* 54 (2021): 99-106.

Salk. "Roger Guillemin." Verkregen op 1 februari 2021. <https://www.salk.edu/scientist/roger-guillemin/>.

The Nobel Prize. "Press release: The Nobel Prize in Chemistry 2020." Verkregen op 26 oktober 2020. <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2020/press-release/>.

The Nobel Prize. "The Nobel Prize in Chemistry 2016." Verkregen op 26 oktober 2020. <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2016/summary/>.

The Royal Society. "Antonie van Leeuwenhoek." Verkregen op 23 februari 2021. <https://makingscience.royalsociety.org/s/rs/people/fst00039851>.

TU Delft. "BSc Nanobiology." BSc Nanobiology. Verkregen op 26 oktober 2020. <https://www-tudelft-nl.tudelft.idm.oclc.org/onderwijs/opleidingen/bachelors/nb/bsc-nanobiology/>.

TU Delft. "Vakgebied." BSc Nanobiology. Verkregen op 26 oktober 2020. <https://www-tudelft-nl.tudelft.idm.oclc.org/onderwijs/opleidingen/bachelors/nb/bsc-nanobiology/vakgebied/>.

Wheeler, Michael. "Martin Heidegger." The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2020 Edition). Bewerkt door Edward N. Zalta. Verkregen op 26 februari 2021. <https://plato-stanford-edu.tudelft.idm.oclc.org/archives/fall2020/entries/heidegger/>.

Zwart, Hub. "Coming to Terms with Technoscience: The Heideggerian Way." *Human Studies* 43, (2020): 385-408.