

## PDF hosted at the Radboud Repository of the Radboud University Nijmegen

The following full text is a preprint version which may differ from the publisher's version.

For additional information about this publication click this link.

<http://hdl.handle.net/2066/33076>

Please be advised that this information was generated on 2020-09-27 and may be subject to change.

## Wat is genomics? Een filosofische profielschets

Hub Zwart

### Inleiding

In juli 2001 stelde het kabinet een bedrag van 189 miljoen € beschikbaar voor de versterking van de Nederlandse genomics-infrastructuur.<sup>1</sup> Het *Nationaal Regie-Organ Genomics* (NROG) kreeg de taak, grensverleggend en innovatief onderzoek te stimuleren om zo het Nederlandse genomics-onderzoek internationaal op de kaart zetten. Nederland dreigde een kennisachterstand op te lopen ten aanzien van andere landen<sup>2</sup> en mocht de aansluiting bij internationaal toponderzoek in de *life sciences* niet missen (NWO 2001, p. 5). Van meet af aan diende daarbij aandacht te worden gegeven aan de maatschappelijke dimensies van genomics. Dat wil zeggen, niet alleen bètawetenschappelijk onderzoek in strikte zin, maar ook onderzoek naar de ethische, economische, juridische, communicatieve, sociale en culturele aspecten van genomics diende een impuls te krijgen, enerzijds via het NWO-programma *De maatschappelijke component van Genomics-onderzoek (MCG)*, anderzijds via het *Center for Society and Genomics (CSG)*.

Dit initiatief was niet zonder precedent. Het Human Genome Project staat in feite model voor een nieuwe wijze van onderzoeksprogrammering in de levenswetenschappen: een combinatie van massa en focus, samenwerking en competitie, een grootschalig, multidisciplinair en trans-nationaal onderzoeksprogramma, waarbij een deel van het budget (5 %) voor maatschappelijk onderzoek werd gereserveerd. Dit onderzoek naar de *Ethical, Social and Legal Issues* van genomics staat sindsdien als Elsi-onderzoek te boek. James D. Watson was niet alleen een van de initiatiefnemers van het Human Genome Project als zodanig, maar ook een vooraanstaand pleitbezorger van *elsification*. Van meet af aan diende er aandacht te zijn voor maatschappelijke aspecten en impact van genomics.

Tegen de achtergrond van deze aandacht voor genomics is het opvallend dat over de vraag wat genomics nu eigenlijk *is* geen overeenstemming lijkt te bestaan. De term “genomics” werd in 1987 geïntroduceerd: in september van dat jaar verscheen het eerste nummer van een tijdschrift met die titel, onder redactie van Victor McKusick en Frank Ruddle, bedoeld om resultaten te publiceren van wat tegenwoordig “structural genomics” heet: het in kaart brengen van het genoom van model-organismen, met speciale aandacht voor de mens (McKusick 1987). De term “genomics” was een jaar eerder bedacht,<sup>3</sup> tijdens een vergadering over de oprichting van dit tijdschrift (Kuska 1998, p. 93). Sindsdien echter heeft de definitie van genomics een belangrijke verschuiving ondergaan. In feite wordt onder genomics nu vooral “functional genomics” verstaan: het onderzoek naar de

---

<sup>1</sup> Nationaal Regie-Organ Genomics. Oproep voor het indienen van *Expressions of Interest voor een Centre for Society and Genomics*. Utrecht: 2002. Het kabinetsbesluit werd voorbereid door de *Tijdelijke Adviescommissie Kennisinfrastuctuur Genomics* onder voorzitterschap van dr. Herman Wijffels (SER). Op het advies van deze commissie zal ik zo dadelijk nog nader ingaan.

<sup>2</sup> Niet enkel *Westerse* landen. Vooral China, India en Zuid-Korea zijn in opkomst als kennis-supermachten, ook op het gebied van de levenswetenschappen.

<sup>3</sup> Genomics as it enters its second decade (Editorial). *Genomics*, 1997, 45, p. 243.

*functie* van genen, met name complexe interacties tussen grote aantallen genen onderling en tussen genetische informatie en omgevingsfactoren. Genomics is een synthese van moleculaire biologie, genetica en bioinformatica. Kenmerkend voor genomics is het gebruik van “high throughput” technologieën, waarbij grote aantallen variabelen gelijktijdig worden onderzocht, en *high-speed computational biology*: geavanceerde *computational tools* voor data-analyse (NWO 2001, p. 6). De micro-array geeft dit type onderzoek als het ware een gezicht.

Daarmee is de vraag wat genomics is nog nauwelijks beantwoord. Het is overigens opvallend dat, ondanks de nadrukkelijke aandacht voor maatschappelijke aspecten van genomics, het beantwoorden van deze vraag in feite aan de bèta-onderzoekers wordt overgelaten. Reflexieve en sociaal-wetenschappelijke disciplines nemen pas het woord, zo lijkt het, wanneer de belangrijkste vraag al is beantwoord. En dat is niet vanzelfsprekend. Want kwesties van strategische en wetenschapsfilosofische aard spelen bij de definitie-strijd inzake genomics een belangrijke rol.

Genomics is meer dan een naam. In dit artikel zal ik de *epistemologische ambities* van het genomics-programma benadrukken. Daarbij zal ik mij vooral op programmatische teksten baseren, omdat daarin deze epistemologische ambitie uitdrukkelijk aan de orde komt. Kenmerkend voor genomics-onderzoek is dat het accent verschuift van genetische modificatie naar het inzichtelijk maken van complexiteit. Vervolgens zal ik ingaan op de vraag wat de betekenis is van deze epistemologische ambitie voor de *framing* van het maatschappelijke debat.

### **Een kwantumsprong in de levenswetenschappen?**

Grofweg kunnen op de vraag “Wat is genomics?” twee incompatibele antwoorden worden gegeven. Sommigen zien in genomics een “kwantumsprong”, een “paradigmawisseling”, een radicaal nieuw hoofdstuk in de geschiedenis van de levenswetenschappen, waarin de aandacht verschuift van monogenetisch onderzoek (klassieke genetica) en genetische modificatie van organisme (biotechnologie) naar het zichtbaar en inzichtelijk maken van complexe processen en structuren. Nieuwe technologie zou het mogelijk maken om complexiteit in het laboratorium te onderzoeken. Het klassieke reductionistische paradigma zouden we daarmee achter ons kunnen laten. Anderen daarentegen stellen dat genomics eenvoudigweg een nieuwe naam is voor onderzoeksactiviteiten die tot voor kort als genetica, moleculaire biologie en biotechnologie werden aangeduid. De term genomics zou vooral een strategische functie hebben: nieuwe financieringsbronnen mobiliseren en de betreffende wetenschapsgebieden vrijwaren van ongewenste associaties in het publieke debat.

Door NWO en NROG wordt de volgende definitie van genomics gehanteerd: “Onderzoek dat zich middels het grootschalig karakteriseren van genen en genproducten richt op het ophelderen van de wijze waarop genen, RNA, eiwitten en metabolieten samenwerken bij het functioneren van cellen, weefsels, organen en het gehele organisme, binnen een

soort, in een populatie, of tussen soorten en hun omgeving” (NWO 2001, p. 8; NWO / Nationaal Regie-Organ Genomics 2002, p. 5). Elke poging om genomics te definiëren lijkt echter een momentopname. De snelle ontwikkelingen in het onderzoeksgebied maken voortdurend verfijningen en herformuleringen noodzakelijk. Van belang is niettemin dat in programmatische teksten van onder meer NWO en NROG met nadruk afstand wordt genomen van “conventioneel” genetisch en genetisch modificerend onderzoek, waarbij in beginsel de relatie tussen één gen en één eigenschap wordt onderzocht. Onderzoek dat uitsluitend is gericht op het ophelderen van de structuur of functie van een gen of van een eiwit, valt buiten de definitie en daarmee buiten het programma. Hetzelfde geldt overigens voor het genereren van genoomsequenties *als* zodanig, dat wil zeggen voor structurele genomics in strikte zin (NWO 2001, p. 4). Bij genomics gaat het niet om een of enkele genen, maar op *gene networks*. En “gene sequencing” is strikt genomen slechts een voorbereiding op het genomics-onderzoek in eigelijke zin. Het genoom wordt opgevat als een *dynamisch* geheel en genomics-onderzoek dient “in complexiteit het conventionele niveau van functionele analyse van een of enkele genen significant te overstijgen” (NWO 2001, p. 9). Het gebruik van *high throughput*-technologie brengt met zich mee dat *in silico*-onderzoek terreinwinst boekt ten opzichte van *in vivo*-onderzoek bij levende organismen (lees: biotechnologie).

In programmatische beschrijvingen en definities van genomics speelt de term *complexiteit* een opvallende rol. Genomics onderzoek wil de natuurlijke werkelijkheid op een andere wijze tegemoet treden dan de klassieke genetica en de klassieke biotechnologie deden, zo lijkt het. De “klassieke” levenswetenschappelijke visie op de natuur werd ongeveer een eeuw geleden door Jacques Loeb op kernachtige wijze onder woorden gebracht (Pauly 1987). Voor de levenswetenschappelijke ingenieur, aldus Loeb, is de natuur slechts het ruwe materiaal, vatbaar voor verbetering. Waarom zouden we genoeg nemen met de beperkte set aan mogelijkheden die de natuur te bieden heeft? In een laboratoriumcontext worden ogenschijnlijk complexe processen geanalyseerd door ze terug te brengen tot interacties tussen een beperkt aantal variabelen. Op die manier wordt de natuurlijke werkelijkheid controleerbaar en modificeerbaar. Loeb legde daarmee de ideologische grondslag voor het biotechnologische programma zoals dat in de loop van de Twintigste Eeuw, maar vooral na de zogeheten “biotechnologische revolutie” omstreeks 1975, gestalte zou krijgen. In programmatische beschrijvingen van genomics-onderzoek daarentegen komt een andere grondhouding jegens de natuur naar voren. Anno Nu hebben we, zo lijkt het, ontdekt hoe gecompliceerd en geavanceerd natuurlijke systemen zijn. Genomics stelt ons in staat op een meer intelligente wijze gebruik te maken van de potenties van de natuur door meer natuurvriendelijke onderzoekstechnieken te ontwikkelen en de natuur nadrukkelijk te imiteren. In dit opzicht is het Advies van de *Tijdelijke Adviescommissie Kennisinstructuur Genomics* onder voorzitterschap van Herman Wijffels van belang en “voer voor filosofen”.<sup>4</sup> In dit document, dat in feite de grondslag legde voor het huidige Nederlandse genomicsbeleid, lijkt de hardnekkige tegenstelling tussen technologie en natuur spoedig tot het verleden te behoren. “Genomics maakt het mogelijk de potenties van de natuur beter te

---

<sup>4</sup> <http://www.minocw.nl/genomics/advies.pdf>

benutten.... Genetische modificatie, waarmee genomics niet verward mag worden, kan zo worden vermeden of veel selectiever, nauwkeuriger en veiliger worden toegepast” (p. 16). Of: “De natuur is zeer efficiënt in het op duurzame wijze maken van zeer complexe stoffen. Door via genomics een beter begrip te krijgen van natuurlijke (vaak enzymatische) processen kunnen nieuwe generaties enzymen worden ontwikkeld. Deze kunnen worden ingezet in meer duurzame produktiemethoden, ter vervanging van chemische processen. Dit wordt ‘vergroening van de chemie genoemd” (p. 16). Elders heet het dat genomics onderzoek “meer inzicht kan bieden en biomoleculaire assemblagetechnieken die de natuur hanteert” en die een bijdrage kunnen leveren aan de ontwikkeling van biomaterialen en miniaturisering: het verleggen van de verkleiningsgrenzen, medt name in de context van nanotechnologie en ICT (p. 33).

Een gelijkkluidende boodschap wordt uitgedragen door een programmatische tekst van het *Genomics Agrofood Initiatief* uit 2001. Genomics, aldus dit document, is een onderzoeksterrein, dat zich richt op het grootschalig toepasbaar maken van de schat aan genetische informatie van mensen, dieren planten en micro-organismen, die momenteel beschikbaar komt. “De precisiekennis die hierdoor ontstaat, zal resulteren in een optimale en duurzame benutting van het erfelijke potentieel van biologisch uitgangsmateriaal. Doordat *genomics* primair uitgaat van het natuurlijke, biologische vermogen van een organisme, kan de techniek alternatieven bieden voor genetische modificatie” (p. 2). In programmatische teksten die het belang van genomics benadrukken wordt gesteld dat genomics voor een systemische of zelfs “holistische” benadering opteert. Genomics heeft, met andere woorden, een uitgesproken epistemologische ambitie. Dit type onderzoek wil afscheid nemen van traditionele, reductionistische, mono-causale, lineaire benaderingen die kenmerkend is voor klassiek-genetisch en genetisch-modificerend onderzoek. Genomics wil *leren* van de natuur, wil recht doen aan de complexiteit van levende systemen.

Ook in deze verschuiving, deze herontdekking en herwaardering van complexiteit, heeft het Human Genome project een belangrijke rol gespeeld. In het jaar 2000 werd dit project min of meer afgerond met een opvallend resultaat: het genoom van de mens bleek minder dan 40.000 genen te bevatten. We zijn een organisme dat zich staande moet zien te houden in een uiterst complexe, dynamische omgeving, een technotoop die we zelf geschapen hebben. De verwachting was dat de onmiskenbare complexiteit en intelligentie van de mens ook in ons genoom zou worden teruggevonden, maar dat bleek niet het geval. Het menselijk genoom verschilt niet wezenlijk van dat van ander organismen. Dit is niet zonder gevolgen voor ons zelfbeeld. Het *Human Genome Project* werd aanvankelijk als de definitieve bekroning van een genetisch-reductionistische mensvisie uitgelegd, als “the culmination of the reductionist approach characteristic of molecular biology” (Vicedo 1992, p. 267). Eindelijk zouden we rechtstreeks toegang krijgen tot de genetische instructies die menselijke eigenschappen bepalen. De verwachting was tot voor kort dat het menselijk genoom ruim 100.000 genen zou bezitten, maar dat viel zoals gezegd tegen. Op het niveau van het genoom bleek van het onmiskenbare verschil in complexiteit tussen de mens en andere organismen weinig

terug te vinden. De overeenkomsten zijn veel groter dan de verschillen. Een nieuwe narcistische krenking, om met Freud (1917) te spreken. Dat wij een bijzondere, bij uitstek *culturele* levensvorm zijn zonder precedent, valt niet af te lezen uit ons genoom. Stephen Jay Gould (2001) benadrukte echter de *positieve* betekenis van deze op het eerste gezicht teleurstellende uitkomst. De conclusie die we uit het HGP moeten trekken is dat kennis van het genoom alléén niet volstaat om de complexiteit van het menselijke bestaan te begrijpen. Dit inzicht bevrijdt ons, aldus Gould, van het simplistische denkbeeld dat elk aspect van ons bestaan toe te schrijven zou zijn aan een bepaald gen. Het HGP markeert met andere woorden niet de overwinning, maar juist het *failliet* van het reductionisme – een dramatische, om niet te zeggen dialectische wending. De eigen zijnswijze van de mens laat zich niet reduceren tot genetische componenten. Het menselijke bewustzijn bevindt zich niet in onze genen. Onze intelligentie is een emergente eigenschap, het resultaat van een lange co-evolutie van onze biologische natuur en onze culturele omgeving. Voor andere organismen geldt echter hetzelfde. Ook zij moeten als *organisme* worden bestudeerd.

Daarmee heeft het HGP grote, zij het onbedoelde gevolgen gehad voor de manier waarop we onszelf en de wereld om ons heen begrijpen. Terwijl de klassieke genetica decennialang op zoek was naar zoiets als een intelligentie-gen, zullen we intelligentie voortaan, in het genomics-tijdperk, als een multifactoriële eigenschap begrijpen, als het resultaat van complexe interacties tussen een groot aantal genetische en omgevingsfactoren. Intelligentie is maar ten dele genetisch bepaald. We hebben een wereld geschapen die intelligent gedrag faciliteert en bekrachtigt. De geschiedenis van de mens is een interactieve co-evolutie van psychologie en technologie. Kortom, omstreeks het jaar 2000 heeft zich een belangrijke verandering voltrokken: het post-reductionistische tijdperk heeft zijn intrede gedaan. De aandacht verschuift van monogenetische eigenschappen naar onvoorspelbare processen en complexe systemen. Niet alleen onze visie op onszelf, ook onze visie op de natuur is daarmee verandert. Tot voor kort zagen we de natuur als een reservoir van grondstoffen waarvan *wij* iets nuttigs vervaardigen: de mens als ingenieur. Nu we ontdekt hebben hoe complex, geraffineerd en geavanceerd de natuur eigenlijk is zullen we op meer intelligente wijze gebruik gaan maken van de mogelijkheden die de natuur biedt. Zij wordt dan niet langer beschouwd als een verzameling grondstoffen die geëxploiteerd en gemanipuleerd moeten worden, maar als een verzameling complexe en dynamische systemen waarvan wij nog het nodige kunnen leren, bijvoorbeeld bij de ontwikkeling van biomaterialen. Dankzij ICT beschikken we sinds kort over de *tools* die nodig zijn om complexiteit in een laboratorium-situatie te bestuderen. Om complexe systemen te onderzoeken maakt genomics gebruik van zogeheten platformtechnologieën, zoals micro-arrays, waarmee de activiteit van duizenden genen, gefixeerd op een glasplaatje ter grootte van een diaraampje, gelijktijdig in beeld wordt gebracht. Dit type onderzoek is wel vergeleken met het aanflitsen van een verzameling TL-buizen in een archiefkamer waarin men voorheen zijn weg moest zoeken bij het schijnsel van een aansteker (Genomics Agrofood Initiatief, 2001, p. 3). Geavanceerde bioinformatische programma's maken vervolgens opslag, verwerking en analyse van de aldus verkregen hoeveelheden informatie mogelijk.

Sceptici zullen echter benadrukken dat er in werkelijkheid nauwelijks iets is veranderd. Uiteindelijk is wetenschappelijk onderzoek nog altijd uit op controle en is de nadruk op complexiteit een retorische omweg naar reductionisme. Natuurwetenschap is intrinsiek deterministisch en de opkomst van genomics zal een reductionistische kijk op de werkelijkheid juist versterken. Meer dan ooit zullen we geneigd zijn eigenschappen van de mens en van andere organismen te begrijpen vanuit het genoom.

## Reductionisme en complexiteit

Tot dusver hebben we over reductionisme en complexiteit gesproken zonder de betekenis van deze in filosofisch opzicht uiterst problematische en controversiële termen nader te preciseren. We kunnen minstens drie vormen van reductionisme onderscheiden, namelijk ontologisch, epistemologisch en pragmatisch reductionisme. Het ontologische reductionisme behelst in feite een filosofische positie, om niet te zeggen een wereldbeschouwing. De ogenschijnlijk complexe werkelijkheid, aldus de ontologische reductionist, moet worden begrepen als een optelsom van monocausale relaties, die één voor één in een laboratorium-setting kunnen worden onderzocht. Het *epistemologische* reductionisme stelt dat fenomenen die in een bepaalde wetenschap worden onderzocht, uiteindelijk te herleiden zijn tot de kennis die binnen een andere, meer fundamentele wetenschap wordt opgedaan. Eenvoudig gezegd, uiteindelijk is biologie tot elementaire deeltjes-fysica te reduceren. Het *pragmatische* of methodologische reductionisme tenslotte is bescheidener van aard. De pragmatische reductionist erkent dat de werkelijkheid veel complexer is dan de laboratoriumsituatie suggereert, en dat natuurwetenschappers de werkelijkheid doelbewust vereenvoudigen, maar ziet dat als een tijdelijke strategie, afdwongen door beperkingen van methodologische en technologische aard. In laboratoria wordt de "echte", grillige, complexe werkelijkheid zoveel mogelijk buiten de deur wordt gehouden (als een veelvoud aan storende factoren). Niet omdat de onderzoekers *en masse* het ontologische reductionisme zouden onderschrijven, maar eenvoudigweg omdat ze niet over de *tools* beschikken om complexe biosystemen als zodanig te bestuderen. Met andere woorden, de reductionistische attitude wordt afdwongen door technologische *constraints*. Als filosofische positie is reductionisme niet verdedigbaar, schrijft bijvoorbeeld Karl Popper (1974), maar het is wel een buitengewoon succesvolle methodologische attitude. Nobelprijswinnaar en theoretisch fysisch Gell-Mann, ontdekker van de quark, verdedigt in zijn boek *The quark and the jaguar* met nadruk de principiële niet-reduceerbaarheid van biologische complexiteit (de eigenschappen van "complexe adaptive systems") tot fysische componenten. Hij schrijft: "The laws of biology do depend on the laws of physics and chemistry, but they also depend on a vast amount of additional information. The science of biology is very much more complex than fundamental physics because so many of the regularities of terrestrial biology arise from chance events" (p. 115). Complexe biosystemen worden tot op zekere hoogte door fysische en chemische wetmatigheden bepaald, maar moeten uiteindelijk op hun eigen niveau van complexiteit worden

bestudeerd. Of onderzoekers voor een meer reductionistische dan wel voor een meer holistische benadering opteren, wordt door de omstandigheden bepaald. Met complexiteit wordt niet enkel bedoeld dat er zeer veel factoren in het spel zijn. Complexiteit in eigenlijke zin betekent dat de eigenschappen van het systeem niet voorspelbaar zijn op grond van een beschrijving van de afzonderlijke componenten, oftewel: het geheel is complexer dan de optelsom van de delen. Complexe systemen zijn "systems that display properties that are not predictable from a complete description of their components, and that are generally considered to be qualitatively different from the sum of their parts".<sup>5</sup> Genomics heeft zoals gezegd de ambitie de reductionistische benadering te verlaten. Experimenten waarbij sprake is van het uitschakelen of toevoegen van een of enkele genen (via *knock-out* of *gene transfer*) mogen niet tot het genomicsonderzoek worden gerekend.

### **Definitiepolitiek**

Sceptici benadrukken echter dat de introductie van de term genomics niet door overwegingen van epistemologische aard werd ingegeven, maar veeleer door strategische motieven. Pleitbezorgers van genomics willen ongewenste associaties met controversiële thema's als genetisch gemodificeerd voedsel of het kloneren van mensen vermijden, zaken die in de beeldvorming rond de *life sciences* in het publieke domein momenteel een grote rol spelen. Genetisch modifieren en kloneren zijn trefwoorden die terughoudendheid en bezorgdheid oproepen. Men wil duidelijk afstand nemen van de negatieve beeldvorming die rond genetische modificatie in Europa en elders is ontstaan. Daarmee is genomics inzet van een definitiestrijd. Waar programmaitsche documenten het nieuwe, zelfs holistische karakter van genomics benadrukken, zijn sceptici hardnekkig geneigd om genomics op één lijn te plaatsen met reeds langer bestaande vormen van genetisch onderzoek en biotechnologie. Het definitiedebat is in hoge mate bepalend voor de wijze waarop de maatschappelijke discussie over genomics gevoerd zal worden. Voor betrokken onderzoekers lijkt het primair te gaan om een nieuw en fascinerend veld van onderzoek dat ongekende mogelijkheden voor grensverleggend en maatschappelijk relevant onderzoek biedt. Voor de buitenwacht daarentegen lijkt genomics onze macht om organismen te modifieren verder te versterken en die kennis omtrent ons DNA-profiel in handen zal spelen van machtige maatschappelijke en economische actoren zoals werkgevers en verzekeraars. Onderzoekers benadrukken dat genomics in feite een meetinstrument is dat uiterst complexe processen inzichtelijk maakt, maar de bestudeerde systemen zelf intact laat, heeft een politieke component. Critici wijzen er echter op dat met name in de toepassingscontext het onderscheid tussen genomics en biotechnologie onvermijdelijk zal vervagen.

In feite speelde een vergelijkbare discussie bij het Human Genome Project (HGP). Ook hier werd door direct betrokken onderzoekers benadrukt dat het HGP slechts grote hoeveelheden informatie zou genereren, terwijl anderen erop wezen "that it is impossible to separate the HGP completely from the use that people will make of the data it gathers...

---

<sup>5</sup> Editorial, *Nature Biotechnology*, 1999, 1, p. 511.



[There] is not a sharp distinction between basic and applied research” (Vicedo 1992, p. 261).

### **Epistemologie en ethiek**

Vooralsnog ben ik geneigd de epistemologische ambitie van genomics zoals die in programmatische teksten wordt uitgesproken serieus te nemen. De volgende vraag is dan wat precies de betekenis is van deze epistemologische controverse voor het maatschappelijke debat inzake genomics? Stel dat het waar is dat genomics een kwantsprong in de levenswetenschappen vertegenwoordigt die het mogelijk maakt het klassieke reductionistische paradigma te overstijgen, maar betekent dit voor de maatschappelijke impact van genomics en voor de wijze waarop de maatschappelijke discussie gestalte zou moeten krijgen?

Als we de epistemologische ambitie van genomics serieus nemen, dat moet de gedachte van Robert Nozick (1990) dat in de toekomst ouders gewenste genen voor hun kinderen tegen betaling zouden kunnen verwerven op een genenmarkt als achterhaald worden beschouwd, evenals de gedachte van Zinder (1990) dat genomics ons het recept zal verschaffen om betere mensen te fabriceren. Het zijn fantasievoorstellingen die nog uit het reductionistische tijdperk dateren. In het genomics-tijdperk gaat het niet langer om het toevoegen van “goede” of het uitschakelen van “slechte” genen, maar veeleer over het vinden van een optimale afstemming tussen genetisch profiel en levensstijl. In de toekomst krijgen individuen en organisaties te maken krijgen met grote hoeveelheden informatie en de vraag is hoe de samenleving die informatiestroom zal verwerken. Zullen we, na langdurige blootstelling aan de logica van het monocausale genetische denken, bij machte zijn ons de denkstijl van het complexiteitstijdperk eigen te maken?

Als de epistemologische ambitie van genomics juist is, dan zal deze nieuwe wetenschap grote gevolgen hebben voor belangrijke maatschappelijke praktijken zoals gezondheidszorg, voedselproductie en industriële innovatie. Waar het de gezondheidszorg betreft concentreerde de klassieke genetica zich in feite op een beperkt aantal monogenetische aandoeningen. De informatie die dit opleverde was vooral voor specifieke risicogroepen interessant. Dankzij medische genomics zal de aandacht nu verschuiven naar multifactoriële ziektebeelden, naar de relatie tussen genetisch aanleg en levensstijl, naar een beter begrip van de werkzaamheid van medicijnen en naar preventie. De informatie die dit oplevert is in beginsel relevant voor iedereen. Door onze levensstijl (voeding, beroepskeuze en dergelijke) tijdig aan te passen aan ons genetisch profiel kunnen we gezondheidsproblemen die onvermijdelijk samenhangen met vergrijzing uitstellen. Veel medicijnen zijn in beginsel giftig en brengen het lichaam schade toe (‘bijwerkingen’). Genomics zal het mogelijk maken beter te begrijpen hoe medicatie werkt en keuze en dosering van medicatie af te stemmen op het genetisch profiel van de ontvanger. Sommige individuen zijn gebaat bij stress, terwijl dit bij anderen spoedig tot ernstige gezondheidsklachten leidt. Wellicht is daarvoor een genetische basis aan te wijzen en is het denkbaar dat genetische *pre-employment screening* in de toekomst onderdeel zal uitmaken van sollicitatie-procedures. De vraag die dan opdoemt is of

genomics inderdaad individuen in staat zal stellen op een beter geïnformeerde wijze beslissingen te nemen ('empowerment') of dat uiteindelijk mega-actoren zoals overheden, werkgevers en verzekeraars zich deze informatie zullen toeëigenen. Maar misschien is die vraag verkeerd, dsat wil zeggen te clichematig, te polariserend gesteld. In feite worden alle actoren (burgers, overheden, bedrijven) met deze ontwikkeling geconfronteerd en hebben we er baat bij gezamenlijk op zoek te gaan naar adequate scenario's voor maatschappelijke inbedding.

Waar het voedselproductie betreft zal de maatschappelijke aandacht verschuiven van de productie van voedsel (zoals het maatschappelijke debat over genetisch gemodificeerde organismen) naar consumptie. In genomics gaat het niet zozeer om genetische modificatie van organismen, maar om het zichtbaar maken van complexe processen. Hoe reageert ons lichaam op bepaalde ingrediënten? Analyse van gigantische hoeveelheden informatie in epidemiologische databanken zal meer inzicht opleveren in de relatie tussen gezondheid en levensstijl. De vraag is dan in hoeverre consumenten van de toekomst in staat zullen zijn complexe informatie in concrete alledaagse beslissingen te vertalen. En vooral ook: in hoeverre ze waar nodig bereid zullen zijn tot gedragsverandering.

Ook op het gebied van industriële productie doemen fascinerende perspectieven op. In hedendaagse laboratoria wordt gewerkt aan verfijnde, geavanceerde technieken die het milieuprobleem zullen oplossen in plaats van veroorzaken. De hedendaagse ingenieur beseft dat we met traditionele technieken slechts een zeer klein gedeelte benutten van de mogelijkheden die de natuur biedt. De chemische industrie wordt groen en komt als het ware tot leven wanneer micro-organismen worden ingezet om duurzame, milieuvriendelijke vormen van productie mogelijk te maken, bijvoorbeeld in de context van bioraffinaderijen. Wanneer we op een intelligentere wijze gebruik maken van de mogelijkheden die de natuur biedt, leidt dat tot industriële productiviteit die minder energie verbruikt en minder afval produceert.

De "nieuwe wetenschap" die nu nog goeddeels een laboratorium-verschijnsel is, zal zich langzaam meer zeker in de samenleving gaan verspreiden. De migratie van nieuwe inzichten vanuit laboratorium naar de buitenwereld begint net op gang te komen. Deze nieuwe wetenschap gaat niet alleen gepaard met een andere, meer respectvolle grondhouding jegens de natuur, maar dient ook zelf op een andere wijze tegemoet te worden getreden. Wetenschap en samenleving staan niet langer tegenover elkaar maar zijn nauw met elkaar vervlochten geraakt. Ze zijn verwikkeld in een complex proces van co-evolutie. De samenleving verwetenschappelijkt, de wetenschap vermaatschappelijkt. Nieuwe technologieën zullen niet alleen nauwer aansluiten op natuurlijke processen, maar ook op maatschappelijke processen. Het Nee, tenzij-beleid, dat uitgaat van een tegenstelling tussen wetenschap en samenleving, moet plaatsmaken voor een meer anticiperende en proactieve attitude. Beide partijen moeten meer gaan investeren in hun relatie. Wetenschappelijke creativiteit is voor onze samenleving van cruciaal belang, maar omgekeerd zullen wetenschappers meer aandacht moeten hebben voor de

dynamiek van maatschappelijke processen en meer werk moeten maken van maatschappelijke communicatie.

### Literatuur

S. Freud (1917) Eine Schwierigkeit der Psychoanalyse. In: Gesammelte Werke 12. London: Imago.

M. Gell-Mann (1994) *The quark and the jaguar. Adventures in the simple and the complex*. London: Little, Brown & Co.

Genomics Agrofood Initiatief (2001). Genomics in de Nederlandse Agro-food Sector. Oogsten van het biologisch potentieel van planten, dieren en micro-organismen. Wageningen: Plant Research International.

S.J. Gould (2001) Goed nieuws van het genenfront. NRC Handelsblad, Opinie, 20 maart 2001, p. 8.

B. Kuska (1998) Beer, Bethesda and biology. JNCI, 90 (2).

V. McKusick (1987) Editorial. *Genomics*, 1, pp. 1-2.

R. Nozick (1990) *Anarchy, State and Utopia*. Oxford: Basil Blackwell.

NWO (2001) NWO Programma Genomics (1 mei 2001). Den Haag: NWO Programmavoorbereidingscommissie Genomics.

NWO / Nationaal Regie-Organ Genomics (2002) De maatschappelijke Component van het Genomics-onderzoek (14 november 2002). Utrecht: NWO / Nationaal Regie-Organ Genomics.

Ph. Pauly (1987) *Controlling life. Jacques Loeb and the engineering ideal in biology*. New York / Oxford: Oxford University Press.

K. Popper (1974) Scientific reduction and the essential incompleteness of all science. In: F. Ayala, Th. Dobzhansky (eds.) *Studies in the Philosophy of Biology*, pp. 259-284.

M. Vicedo (1992) The Human Genome Project: Toward an analysis of the empirical, ethical, and conceptual issues involved. *Biology and Philosophy*, 7, 255-278.

N. Zinder (1990) The genome initiative: how to spell human. *Scientific American*, 263, 96.