

# DE BETERE MENS

Een medisch-ethisch kader voor mensverbetering  
vanuit christelijk perspectief

Bert-Jan Heusinkveld



Eburon  
Utrecht 2021

Deze studie is mede mogelijk gemaakt door:  
Haak Bastiaanse-Kuneman Stichting  
Pieter van Foreest Stichting

Deze uitgave is mede mogelijk gemaakt door:  
Stichting Zonneweelde  
Stichting Aanpakken

ISBN 978-94-6301-358-1

Academische Uitgeverij Eburon, Utrecht  
[www.eburon.nl](http://www.eburon.nl)

Omslagontwerp: Textcetera, Den Haag  
Grafisch ontwerp: Studio Iris, Leende

© 2021 B.J. Heusinkveld. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of op enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de rechthebbende.

*Het leven is moeilijk te begrijpen  
Mensen hebben daar niet genoeg verstand voor (Prediker 7:24 BGT)*



# INHOUD

<b>VOORWOORD</b>	<b>13</b>
<b>I. MENSVERBETERING</b>	<b>15</b>
<b>1. Inleiding</b>	<b>17</b>
1.1 Het kan beter!	17
1.2 De maakbare mens	17
<b>2. Technologische mensverbetering</b>	<b>20</b>
2.1 Convergerende technologieën	20
2.1.1 Nano- en biotechnologie	20
2.1.2 ICT	22
2.2 Onderzoeksterreinen	22
2.2.1 Fysieke verbetering	23
2.2.2 Gedragsverbetering	24
2.2.3 Genetische verbetering	25
2.2.4 Levensverlenging	26
2.2.5 Stemningsverbetering	28
2.2.6 Cognitieve verbetering	29
2.2.7 Implantaten	31
2.3 Mens en machine	35
2.3.1 Transhumanisme	36
2.3.2 Cyborg	37
<b>3. Definities</b>	<b>40</b>
3.1 Grensbegrippen: therapie en verbetering	42
3.2 Twee niveaus van verbetering en ethiek	45
3.3 Definitie functionele verbetering en mensverbetering	47
<b>4. Een medisch-ethisch kader</b>	<b>48</b>
4.1 Culturele context en antropologisch concept	48
4.2 Morele reflectie	51
4.3 Onderzoeksvraag en doelstelling	53
<b>Samenvatting</b>	<b>55</b>

<b>II. DE BETERE MENS IN CULTUURPARADIGMATISCH PERSPECTIEF</b>	<b>59</b>
<b>5. Inleiding</b>	<b>61</b>
<b>6. Mensverbetering: geschenk of verworvenheid</b>	<b>64</b>
6.1 De mythische mens	64
6.2 De magische mens	65
6.3 Evaluatie (1)	66
<b>7. De ideale en perfecte mens is mogelijk</b>	<b>67</b>
7.1 Mensverbetering door zelfkennis	67
7.2 Mensverbetering door denkende ontwikkeling en ascetische spiritualiteit	70
7.3 Evaluatie (2)	73
<b>8. Een door theologie gekleurd cultuurparadigma</b>	<b>75</b>
8.1 Mensverbetering: van tijdelijke naar eeuwige rust	75
8.2 Prioriteit van het algemene of van het bijzondere?	77
8.3 Mensverbetering door te streven naar goddelijk geluk	78
8.4 Persoonlijke wil doorslaggevend	81
8.5 Evaluatie (3)	82
<b>9. Mensverbetering: van genade naar vrijheid</b>	<b>84</b>
9.1 Van kwaliteit naar kwantiteit	85
9.2 Beheersing	87
9.3 Rationaliseringstendens en vooruitgangsgeloof	91
9.4 Mensverbetering als technisch project	92
9.5 Lichaam, subject en context	95
9.6 Identiteit als project	98
<b>10. Slot - Mensverbetering: (g)een eenzijdige oriëntatie</b>	<b>102</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>106</b>

<b>III. DE BETERE MENS IN THEOLOGISCH PERSPECTIEF</b>	<b>115</b>
<b>11. Inleiding</b>	<b>117</b>
<b>12. Schepsel en representant</b>	<b>119</b>
12.1 Beeld van God	119
12.2 Koning in de schepping	124
12.3 Menselijk leven	126
12.4 Leven in relaties	127
<b>13. Goed of kwaad?</b>	<b>130</b>
13.1 Mensverbetering?	130
13.2 Ontregeling	132
13.3 Aangetaste relaties	133
<b>14. Breuk met de medemens</b>	<b>139</b>
14.1 Verantwoordelijkheid en aangetaste identiteit	139
14.2 Toch menselijk	140
<b>15. Een nieuw begin</b>	<b>143</b>
15.1 Degeneratie	144
15.2 Modificatie	146
<b>16. Een uit de hand gelopen humaniteit</b>	<b>148</b>
16.1 Menselijk imperialisme	148
16.2 Van vloek naar zegen	150
<b>Intermezzo - Op zoek naar verbetering</b>	<b>151</b>
<b>17. De nieuwe mens</b>	<b>155</b>
17.1 Christus: het beeld van God	156
17.2 Mensenkind	158
17.3 Progressieve parallelle ten opzichte van het Oude Testament	159
17.4 'Vlees' en 'geest' als manieren van lichamelijk bestaan	162
17.5 De lichamelijke opstanding van Christus	166
<b>18. Lichamelijke opstanding</b>	<b>169</b>
18.1 Van een natuurlijk naar een geestelijk lichaam	171
18.2 Continuïteit en discontinuïteit	172
18.3 Een nieuw lichaam	175

<b>19. Normatieve contouren voor mensverbetering</b>	<b>178</b>
19.1 Futurum en adventus	179
19.2 De mens als navolger	180
<b>20. Slot - Betekenis voor mensverbetering</b>	<b>184</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>189</b>
<b>IV. DE BETERE MENS IN ANTROPOLOGISCH PERSPECTIEF</b>	<b>201</b>
<b>21. Een antropologisch concept</b>	<b>203</b>
21.1 Het lichaam: geleefd, geobjectiveerd, voorgesteld, idealiter	203
21.2 Normativiteit	206
21.3 Kwalitatief-normatieve structuren	208
21.4 Modale aspecten	209
21.4.1 Wetmatigheden voor natuur en cultuur	212
21.4.2 Modaliteiten en de mens	213
21.5 Entitaire structuren	216
21.5.1 Ontwikkeling van entiteiten - subject- en objectfuncties / context	216
21.5.2 De entiteit 'mens' - subject / context	218
21.6 Lichaamsstructuren	220
21.6.1 Fysisch-chemische substructuur	220
21.6.2 Biotische substructuur	222
21.6.3 Sensitieve substructuur	224
21.6.4 Actstructuur	225
21.6.5 Dieptelagen - disposities, ethos	228
21.6.6 Het 'ik'	231
21.6.7 De 'ik-zelf'-verhouding	232
21.7 De mens als vervlochten structuurgeheel	236
21.7.1 DNA	238
21.7.2 Embryo	239
21.7.3 Het brein	240
21.7.4 Conclusie	242
<b>22. Identiteit</b>	<b>243</b>
22.1 Diachrone identiteit	244
22.2 Sociale identiteit	246



22.3 Biografische identiteit	248
22.4 Ideale identiteit	250
22.5 De beperkte mens	251
<b>23. De maakbare mens</b>	<b>254</b>
23.1 Menselijke natuur	254
23.2 Leven en artefacten	257
23.3 Cyborg	263
<b>24. Conclusie</b>	<b>267</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>271</b>
<b>V. EEN MEDISCH-ETHISCH KADER VOOR MENSVERBETERING</b>	<b>285</b>
<b>25. Inleiding</b>	<b>287</b>
<b>26. Medische praktijk als normatieve praktijk</b>	<b>289</b>
26.1 Richting	291
26.2 Structuur	292
26.2.1 Kwalificerend	293
26.2.2 Funderend	294
26.2.3 Faciliterend	295
<b>27. Het goede leven</b>	<b>297</b>
27.1 Zelfaanvaarding en dienst aan het leven	299
27.2 Antropologische kaders	302
27.2.1 Gezondheid en normaliteit	302
27.2.2 Geluk	304
27.2.3 Transhumanisme	307
<b>28. Medische ethiek</b>	<b>310</b>
28.1 De verbeterhandeling	310
28.1.1 Weldoen	311
28.1.2 Niet schaden	312
28.1.3 Autonomie en authenticiteit	314
28.1.4 Rechtvaardigheid	320
28.2 Het verbeterdoel	323

28.2.1	Bestemming van de medische praktijk	326
28.2.2	Risico's: voorzorg en proportionaliteit	328
28.2.3	Subsidiariteit	331
28.3	De verbeteraar	334
28.3.1	Prudentie	335
28.3.2	Motieven	336
28.4	Maakbaarheidsdenken	338
<b>29.</b>	<b>Een medisch-ethisch kader</b>	<b>340</b>
29.1	Prioriteit mensverbetering boven functionele lichaamsverbetering	340
29.2	Geen gereguleerde en gefinancierde medische verbeterpraktijk	341
29.3	Antropologische argumenten	342
29.3.1	Unieke realisatie lichaamsstructuren	342
29.3.2	Mensbeeld en wensbeeld	343
29.3.3	Waardering - integratie, continuïteit, coherentie, ik-zelf	344
29.3.4	Het 'volle' leven	345
29.4	Simultane realisatie van normen	348
	<b>Casus - Brain-computer interfaces</b>	<b>353</b>
	<b>Samenvatting</b>	<b>364</b>
<b>VI. DE BETERE MENS</b>		<b>381</b>
<b>30. Conclusies en verantwoording</b>		<b>383</b>
30.1	Mensverbetering	383
30.2	Cultuurparadigmatisch perspectief	386
30.3	Theologisch perspectief	389
30.4	Antropologisch perspectief	392
30.5	Medisch-ethisch kader	397
30.6	Besluit	404
<b>SUMMARY</b>		<b>407</b>
<b>LITERATUUR</b>		<b>429</b>
<b>CURRICULUM VITAE</b>		<b>463</b>

# VOORWOORD

*De betere mens* is een studie naar een medisch-ethisch kader vanuit christelijk perspectief voor de beoordeling van functionele lichaamsverbetering.

Voor een goede ethiek ligt het voor de hand om functionele lichaamsverbetering te bezien vanuit het bredere gezichtspunt van mensverbetering. Dan komen vragen op als: ‘Wat is goed voor een mens?’ ‘Waar wordt hij beter van?’ ‘Wie of wat is een mens eigenlijk?’

Dat zijn vragen die de mensheid altijd al heeft gesteld en die niet van een definitief antwoord voorzien kunnen worden, ook niet in deze dissertatie. Gelukkig is een proefschrift slechts een ‘proeve van bekwaamheid’. De discussie over de mens en zijn verbetering zal doorgaan.

Achter deze proef is een punt gezet. Het was een heel proces. Naast een fulltime predikantschap werd het een proces over vele jaren. Dankbaar stemt het dat ik de kracht en gezondheid van God ontving om het proces te doorlopen. Hij heeft mij mede daardoor gevormd. Hem zij de dank, de lof en de eer!

Dankbaar stemt ook dat ik een hooggeleerde begeleider had die positief, kritisch, bemoedigend en geestelijk eensgezind het hele proces meeding en aanwijzingen gaf. Ik bedank hier van harte prof. dr. ir. Henk Jochemsen voor al het goede dat hij heeft gegeven gedurende al die jaren. Ik mocht veel van hem leren. Zijn begeleiding bracht dit werk op niveau en heeft meer gegeven dan in dit proefschrift tot uiting komt.

Prof. dr. Gerrit Glas was ook vanaf het begin bij het project betrokken. Zijn aanvankelijke scepsis hielp om niet op te geven. Zijn eruditie liet mij dingen zien die ik anders niet gezien zou hebben. Hartelijk dank daarvoor.

Prof. dr. Eep Talstra begeleidde de eerste jaren het theologische gedeelte. Hij liet onder andere zien dat de geschiedenis van Israël niet bepaald een geschiedenis van mensverbetering is. Dank daarvoor! Vanwege ziekte moest hij zijn begeleiding staken en werd deze overgenomen door prof. dr. Eric Peels - de enige begeleider bij wie ik jarenlang in de collegebanken zat. Daarmee staat hij eigenlijk ook aan de basis van het theologische deel. Hartelijk dank!

De leden van de beoordelingscommissie: prof. dr. Ad de Bruijne, prof. dr. Martina Cornel en prof. dr. Jan Hoogland dank ik voor hun constructieve en kritische kanttekeningen en uiteindelijke oordeel mij toe te laten tot de verdediging van mijn proefschrift.

Ook de opponenten prof. dr. Theo Boer, prof. dr. Patrick Nullens en prof. dr. Hub Zwart dank ik voor hun interesse, hun kritiek en hun aanzetten tot het verder doordenken van het onderwerp.

Tevens gaat mijn dank uit naar plaatsgenoot dr. Rein Fernhout die in de loop van de tijd de dissertatie heeft gelezen en van kritiek voorzien. Mijn hartelijke dank gaat ook uit naar mevr. Wilma van der Zande-de Roo voor haar lees- en correctiewerk en voortdurende aanmoediging gedurende de hele studie. Die aanmoediging kwam ook altijd van wijlen mijn vader Henk Heusinkveld en van mijn moeder Diny Heusinkveld, die vooral door haar voorbede meer heeft bijgedragen dan ik kan beseffen. Dankjewel daarvoor! Voor alle meelevens, bemoedigingen, voorbeden dank ik familie, gemeenteleden, vrienden en kennissen.

Mijn wens is dat dit proefschrift behulpzaam mag zijn bij medisch-ethische overwegingen ten aanzien van 'de betere mens' en vooral dat het mag zijn tot eer van de Volmaakte Mens!

# I. MENSVERBETERING

# 1. Inleiding

## 1.1 Het kan beter!

Het is al weer meerdere jaren geleden dat ik met mijn vader naar de oogarts ging omdat zijn zicht beduidend minder was geworden ten gevolge van ouderdomsstaar (cataract). Ik vergezelde hem als chauffeur en support. Nadat de arts mijn vader had onderzocht, keek hij mij aan en vroeg: ‘Wat heb jij dan?’ Een vraag van die strekking had ik wel verwacht, aangezien ik zelf een aangeboren cataract heb vanwege rubella (rode hond) tijdens de zwangerschap. De lens van mijn rechteroog is dermate troebel dat het lijkt alsof mijn oogpupil wit is. Vooral als het donker is geweest (zoals in de kamer van een oogarts tijdens onderzoek), lijkt deze witte vlek nog groter. Logisch dat de arts constateerde dat er bij mij ook iets niet klopt. Nadat ik de situatie kort had uitgelegd, vroeg hij: ‘Waarom doe je daar niet iets aan?’ Aangezien ik altijd had begrepen dat een operatie er niet toe zou leiden dat ik met dat oog meer dan een paar procenten zou gaan zien en dan onder andere opnieuw afstand zou moeten leren schatten, antwoordde ik: ‘Daar ga ik toch niet beter door zien?’ ‘Dat klopt’, zei de arts, ‘*maar dan zie je er wel beter uit!*’

Het kan dus beter! Het kan beter met mij, in elk geval esthetisch beter. En dat niet alleen door een (eventueel gekleurde) nieuwe lens in mijn rechteroog, maar ook door wat aan mijn haardos te doen. Een aardige dame attendeerde mij erop dat ik er weliswaar niets aan kan doen dat mijn haar grijs wordt, maar dat aan kaalheid zeker iets is te doen en ze snapte niet waarom ik dat nog niet had gedaan. Los van het feit dat het gemakkelijker is grijs haar een (andere) kleur te geven dan aan kaalheid (alopecia) ‘iets te doen’, geldt ook hier: *het kan beter met mij!* En dan heb ik nog maar twee verbeterpunten genoemd, die cosmetisch en esthetisch van aard zijn. Mensen om mij heen kunnen ongetwijfeld nog veel meer punten ter verbetering aandragen en ik zelf weet er ook nog wel enkele. Die verbeteringen zijn echter met cosmetische ingrepen niet te realiseren.

## 1.2 De maakbare mens

Het kan dus beter met mij. En dat zal voor de meeste mensen wel gelden, zo niet voor alle mensen. Thema van deze studie is: *mensverbetering*. Het gaat over wat in het Engels ‘human enhancement’, in het Duits: ‘„Verbesserung“ (qua-

litativ-wertend) oder „Steigerung“ (quantitativ-graduell ohne Wertung) des Menschen<sup>1</sup> en in het Nederlands: ‘de maakbare mens’ wordt genoemd.

De wens om onszelf te verbeteren is zo oud als de mensheid zelf. Vanouds wordt getracht deze verbetering te bewerkstelligen door goede voeding, lichamelijke oefening en door zaken als onderwijs, werk, meditatie, ouderschap, beïnvloeding van omgevingsfactoren of door te leven volgens religieuze of ethische codes.<sup>2</sup>

In onze tijd krijgt het verlangen naar een beter leven steeds meer gestalte in het terugdringen van de contingentie van het lichamelijke bestaan. Er wordt gezocht naar kennis en middelen om het lichaam zoals het is – als (natuurlijk) gegeven of ‘lot’ – te verbeteren. Zo wordt het gebit verfraaid door tanden te bleken, botox geïnjecteerd om kraaienpootjes en rimpels tegen te gaan, liposuctie verricht om overtollig vet kwijt te raken en bètablokkers ingenomen om rustiger te worden. Onderzocht wordt of het implanteren van elektroden in het brein de ervaring van geluk kan bevorderen en ondertussen kan met behulp van prenatale genetische diagnostiek het gewenste geslacht of kunnen de gewenste genetische kenmerken van het nageslacht bepaald worden.

Volledig ‘onbehandeld’ en ‘natuurlijk’ is de mens nooit geweest.<sup>3</sup> Wat echter de huidige situatie anders maakt dan de vroegere, is dat het nu gaat om een specifieke vorm van maakbaarheid, namelijk om *de idee mensen op te waarderen en te perfectioneren door middel van technologie*. In de laatste decennia is de idee ontstaan dat mensen biologisch of elektronisch gemodificeerd kunnen worden om daardoor het lichamelijk functioneren te verheffen boven wat (in de ervaring of statistisch) als normaal kan worden beschouwd.<sup>4</sup>

Voor het uitvoeren van deze modificaties wordt gekeken naar de medische praktijk. De medisch-technische ontwikkeling is namelijk niet alleen meer gericht op het *herstellen* van beschadigde lichamen en lichaamsfuncties, maar ook op het *beheersen* daarvan, en een stap verder: op het *verbeteren* van (uiterlijke) kenmerken, gemoedstoestanden, fysieke en mentale vermogens, lichaamsdelen en -functies.<sup>5</sup> De medisch-technische mogelijkheden worden daardoor een instrument dat moet zorgen voor een langer, gezonder, aangener, kortom: beter leven.

1 Heilinger, *Anthropologie*, 94.

2 Miller and Wilsdon, ‘Stronger, longer’, 14; Siep, ‘Normative Aspekte’, 159.

3 Sturma, ‘Jenseits der Natürlichkeit’, 175: ‘Am Anfang der menschlichen Lebensform steht der sich selbst verändernde Mensch, nicht etwa der natürliche Mensch’.

4 Biologisch bijv. door genen of lichaamsdelen te vervangen of te modificeren; elektronisch bijv. door technische implantaten.

5 Rolies, ‘Defatalisering’, 253.

In de nieuwere vormen van lichaamsverbetering vallen vooral twee dingen op, namelijk de subjectivering van de verbetering én het gehanteerde middel. Met de *subjectivering* van de verbetering wordt bedoeld dat het lichaam wordt gevormd naar een subjectief gekozen identiteit en zelfbeeld.<sup>6</sup> Het daartoe *gehanteerde middel* betreft allerlei vormen van op wetenschap gebaseerde technologieën. Met behulp van deze technologieën (en de bijbehorende kennis en kunde) kunnen fundamentele, ingrijpende en snelle lichaamsveranderingen bewerkstelligd worden.

6 Er is inmiddels een hele lichaamscultuur ontstaan, waarbij niet alleen het gezondheidsideaal, maar ook het schoonheidsideaal, het jeugdigeideaal, het ideaal van goede prestaties en van de maakbare gelijkheid een grote rol spelen (Laermans, *Individueel vlees*, 34, 47). Zie voor de lichaamsidealen van jeugdigheid, slankheid en welgevormdheid: Leist, 'Was Körper schön macht', 109-112.



## 2. Technologische mensverbetering

De mogelijkheden om door middel van technologie invasief en innovatief te interveniëren in het menselijk lichaam nemen snel toe. Om enigszins een idee te krijgen van de ontwikkelingen op dit terrein, zal een schets worden gegeven van de mogelijkheden. Begonnen wordt met het beschrijven van het belang van de zogenaamde ‘convergerende technologieën’ voor de idee van de ‘maakbare mens’ (2.1); vervolgens worden de onderzoeksterreinen voor verbetertechnologieën verkend (2.2), waarna de verbinding van mens en machine onder de aandacht wordt gebracht (2.3).

### 2.1 Convergerende technologieën

Een belangrijk kenmerk van de huidige mogelijkheden tot mensverbetering is de inzet van technologieën.<sup>7</sup> Voor lichamelijke renovatie en innovatie wordt veel verwacht van de *convergerende technologieën*: het samengaan van nanotechnologie, biotechnologie, informatietechnologie en de cognitieve neurowetenschappen (NBIC).<sup>8</sup> Deze technologieën opereren op de kleinste mogelijke niveaus van atomen en moleculen, genen en eiwitten, bits en neuronen.<sup>9</sup> Bij convergerende technologieën is sprake van een gelijktijdige ontwikkeling van de verschillende technologieën en kennisgebieden, met onderlinge interactie. Elke technologie heeft daarbij haar eigen dynamiek, maar er vindt ook een samenhangende (elkaar stimulerende) ontwikkeling plaats, waardoor de integratie meer is dan de som van de delen.<sup>10</sup>

#### 2.1.1 Nano- en biotechnologie

Nanotechnologie is een paraplueterm voor een brede technologische trend, waarbinnen diverse ontwikkelingen plaatsvinden.<sup>11</sup> ‘Nano’ verwijst naar de schaal van de technologie: een miljardste van een meter, een miljoenste millimeter, ongeveer

7 Ministerie, *Kenniskamer*, 12-15.

8 Bostrom, ‘Welcome’, 46-47; Roco and Bainbridge, *Converging Technologies*; ETC Group, *The Big Down*, 7: ‘Others point to “GRAIN” - genetics, robotics, artificial intelligence and nanotechnology. Whatever the acronym, the critical point about converging technologies is that they all meet at the bottom.’ De ETC Group pleit zelf voor de term ‘Atomtech(nology)’, omdat deze term ‘better describes the technologies that aim to manipulate the fundamental building blocks of matter’.

9 Est, *Om het kleine te waarderen*, 24; World Council, *Convergent Technologies*, 5.

10 Vriend, *Leven maken*, 28.

11 Est, *Om het kleine te waarderen*, 15.

een honderdduizendste van een haar. Een door Ten Wolde en anderen gebruikte definitie is: 'nanotechnologie is een opkomend terrein van onderzoek en ontwikkeling dat gewijd is aan de beheersing van materiële structuren die in ten minste één dimensie een nanoschaalafmeting hebben (0,1 tot 100 nm)'.<sup>12</sup> Het doel van de nanotechnologie is het verkrijgen van *controle over materie op het niveau van individuele atomen*.<sup>13</sup> De uitdaging is het ontrafelen van de mechanismen die in de natuur verantwoordelijk zijn voor de specifieke associatie van kleine eenheden. De natuur werkt bottom-up (kleine eenheden worden aan elkaar gekoppeld tot grotere structuren). De technologie heeft tot nu toe vooral top-down gewerkt (structuren worden steeds kleiner gemaakt).<sup>14</sup>

Dankzij de combinatie van nanotechnologie en biotechnologie (ook een parapluterm, die in de praktijk een verzameling technieken aanduidt, die met elkaar gemeen hebben dat ze direct ingrijpen in de levensprocessen en hun aangrijppingspunt vinden op microniveau<sup>15</sup>) kan de beheersing van het menselijk lichaam verder doorgevoerd worden. Een toepassing is bijvoorbeeld het drug delivery-systeem: eiwitmoleculen vormen een superklein 'zakje' waarin enkele moleculen van een medicijn kunnen worden verpakt. Het 'nanozakje' is biocompatibel en wordt niet ingekapseld door het lichaam, maar hecht zich aan een celoppervlak en geeft de moleculen op de juiste plaats in het lichaam af.<sup>16</sup> Ook kan een dergelijk nanozakje worden gebruikt als biosensor (in vivo-diagnostiek). In dat geval wordt het in het menselijk lichaam geïmplanteerd om bijvoorbeeld het glucosegehalte in het bloed continu te meten.<sup>17</sup> Met de 'elektronische pil' uit onderstaande afbeelding kunnen lichaamsprocessen gemonitord worden en kan gericht medicatie worden toegediend.<sup>18</sup>

Aangezien bij voelen, zien, horen, bewegen en denken elektrische signalen in ons zenuwstelsel en onze hersenen een grote rol spelen, richt nanotechnologie in de biomedische wetenschappen zich ook op de ontwikkeling van elektronische zintuigen en de koppeling van zenuwcellen en elektronica. Dit is het werkterrein van de bio-elektronica, ook wel *bionica* genoemd.<sup>19</sup>

12 Ten Wolde, *Nanotechnologie*, 2.

13 Boeing, *Nano?!*, 7: 'Der Mensch ist in diesem Moment Zeitzeuge und Gestalter einer zweiten Genesis, einer grundlegend neuen Evolution von materiellen Strukturen'.

14 Robillard en Schoondorp, 'Moleculen als chirurg?', 22-23.

15 Jochemsen, *Toetsen en begrenzen*, 15. Vgl. Heilinger, *Anthropologie*, 25.

16 Nelis en Zwart, 'Gulliver op reis', 128-130; Gezondheidsraad, *Betekenis van nanotechnologieën*, 49-51, 54-56; Est, *Om het kleine te waarderen*, 47-48.

17 Robillard en Schoondorp, 'Moleculen als chirurg?', 24. Zie voor een poging om virussen te gebruiken als 'nano-camera's': [www.newscientist.com/article/dn4615](http://www.newscientist.com/article/dn4615). Vgl. Hook, 'Techno Sapiens', 37.

18 Zie voor de nanopil, nano-neus en 'organ on a chip' van het MESA+ Instituut voor Nanotechnologie (Universiteit Twente): De Lange en Witteman, *Sleutelen*, 25-33.

19 Est, *Om het kleine te waarderen*, 39.