

## Overall robots



# Overal robots

Automatisering van de liefde tot de dood

Lambèr Royakkers  
Floortje Daemen  
Rinie van Est

Met bijdragen van:

Michiel Besters, Frans Brom, Gaston Dorren en Martijntje Smits

Boom Lemma uitgevers  
Den Haag  
2012

Omslagontwerp: Textcetera, Den Haag  
Foto omslag: Arjen Born  
Opmaak binnenwerk: Textcetera, Den Haag

© 2012 Rathenau Instituut | Boom Lemma uitgevers

*Behoudens de in of krachtens de Auteurswet gestelde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.*

*Voor zover het maken van reprografische verveelvoudigingen uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16h Auteurswet dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 3051, 2130 KB Hoofddorp, [www.reprorecht.nl](http://www.reprorecht.nl)). Voor het overnemen van (een) gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (art. 16 Auteurswet) kan men zich wenden tot de Stichting PRO (Stichting Publicatie- en Reproductierechten Organisatie, Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, [www.cedar.nl/pro](http://www.cedar.nl/pro)).*

*No part of this book may be reproduced in any form, by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publisher.*

ISBN 978-90-5931-833-5  
NUR 811

[www.boomlemma.nl](http://www.boomlemma.nl)  
[www.rathenau.nl](http://www.rathenau.nl)

# Inhoud

<b>Voorwoord</b>	<b>7</b>
<b>1 Overall robots</b>	<b>11</b>
1.1 Met visie	12
1.2 Technisch gesproken	15
1.3 Sociaal gezien	31
1.4 Ter verkenning	33
<b>Intermezzo: Interview met Pieter Jonker, hoogleraar vision-based robotica aan de TU Delft</b>	<b>35</b>
<b>2 Thuisrobot: slaaf of vriend?</b>	<b>39</b>
2.1 Inleiding	39
2.2 Functionele huishoudrobots	39
2.3 Amusementsrobots	47
2.4 Ethische en juridische kwesties	59
2.5 Slotbeschouwing	63
<b>Intermezzo: Interview met Tijn van de Zant, directeur van het Laboratorium voor Cognitieve Robotica, Groningen</b>	<b>67</b>
<b>3 Zorgrobot: ja robotzuster, nee robotzuster</b>	<b>73</b>
3.1 Zorgrobot: een machine aan ons bed?	73
3.2 Trends in de langdurende zorg	74
3.3 Van domotica tot robotica	78
3.4 Zorgrobots	80
3.5 Ethische kwesties bij de invoering van zorgrobots	85
3.6 Slotbeschouwing	91
<b>Intermezzo: Interview met Hans Rietman, hoogleraar revalidatiegeneeskunde en -technologie aan de Universiteit Twente</b>	<b>96</b>
<b>4 Robotauto: rij jij of rij ik?</b>	<b>101</b>
4.1 Inleiding	101
4.2 Problemen voor het moderne wegverkeer en hun kosten	103
4.3 De robotisering van de auto	106
4.4 De autonome auto	117
4.5 Maatschappelijke en ethische vraagstukken rond de robotisering van de auto	122
4.6 Slotbeschouwing	129

<b>Intermezzo:</b>	<b>Interview met Bart van Arem, hoogleraar transport en planning aan de TU Delft</b>	<b>134</b>
<b>5</b>	<b>Politierobot: alleen waakzaam of ook dienstbaar?</b>	<b>139</b>
5.1	Inleiding: de beloften van politierobots	139
5.2	De opkomst van de politierobot	141
5.3	Hoofdtaken van de Nederlandse politie en de rol van technologie	143
5.4	Politierobots in Nederland: voorbeelden	149
5.5	Maatschappelijke en ethische vraagstukken	152
5.6	Slotbeschouwing	159
<b>Intermezzo:</b>	<b>Interview met Mark Wiebes, commissaris en innovatiemanager bij het Korps Landelijke Politiediensten</b>	<b>164</b>
<b>6</b>	<b>Militaire robot: geschikt of ongeschikt?</b>	<b>169</b>
6.1	Inleiding	169
6.2	Trends in de militaire robotica	171
6.3	Militaire robottoepassingen	175
6.4	De toepassing van onbewapende versus bewapende militaire robots	180
6.5	Ethiek van bewapende robots	183
6.6	Slotbeschouwing	195
<b>Intermezzo:</b>	<b>Interview met Marcial Hernandez, Tweede Kamerlid en voormalig landmachtofficier</b>	<b>201</b>
<b>7</b>	<b>Automatisering van de liefde tot de dood</b>	<b>205</b>
7.1	Van internet naar co-robotica	207
7.2	Maatschappelijke en ethische kwesties	212
7.3	Bestuurlijke zaken	221
7.4	Slotwoord	225
<b>Verantwoording</b>		<b>229</b>
<b>Fotoverantwoording</b>		<b>231</b>
<b>Literatuur</b>		<b>233</b>
<b>Noten</b>		<b>253</b>
<b>Over de auteurs</b>		<b>259</b>



# Voorwoord

Amerikaanse *drones*, onbemande luchtvaartuigen, vliegen boven Afghanistan, op zoek naar terroristen. Tegelijkertijd speelt in Japan een robot de hoofdrol in een toneelstuk. Eva, een zorgrobot – gebouwd door studenten aan de TU Delft – verricht huishoudelijke taken en voegt zich al lerend naar de wensen van de gebruiker. En in het Europese project *Robot companions for citizens* wordt gewerkt aan menselijke robots die de billen van bejaarden moeten gaan wassen.

Robots werken allang niet meer alleen in fabrieken. Wereldwijd begint de *nieuwe robotica* in rap tempo een deel van ons alledaagse leven te worden. Bij deze nieuwe robotica, gebaseerd op een inspirerende visie die aan het begin van deze eeuw in Japan werd ontwikkeld, gaat het om het automatiseren van zeer uiteenlopende menselijke activiteiten. Denk aan het verzorgen van zieken of het rijden van een auto. Maar ook aan het bedienen van seks en het doden van mensen.

Deze nieuwe robotica, zo blijkt uit dit boek, gaat letterlijk over de automatisering van de liefde tot de dood. Ze wordt gedreven door de ultieme ingenieursdroom: het ontwikkelen van een autonome en sociaal en moreel vaardige machine. Een robot, op de mens geïnspireerd, die in complexe en ongestructureerde omgevingen kan handelen en bewegen.

Volgens Japan, de motor achter de snelle ontwikkelingen, is robotica hét instrument om economisch concurrerend en onafhankelijk van het buitenland te blijven, vooral met het oog op de vergrijzing van de Japanse samenleving. De visie van de '*Neo Mechatronic Society*', een sterk gerobotiseerde maatschappij waarin robotica op tal van terreinen – zorg, transport, educatie – een rol speelt, leidde de afgelopen jaren tot wereldwijde en forse investeringen in de nieuwe robotica.

Vorig jaar lanceerden de Verenigde Staten het *National Robotics Initiative*. De VS willen een leidende positie in de ontwikkeling van de nieuwste generatie robots, de zogenaamde co-robots: intelligente robotsystemen die intensief met mensen kunnen samenwerken en hen kunnen ondersteunen bij taken in de gezondheidszorg, landbouw, energie, defensie en ruimtevaart. Ook de Europese Commissie ziet veel in de toekomst van robotica en investeert er flink in. In Nederland proberen onderzoekers, verenigd onder de naam RoboNed, publiek geld los te krijgen voor een groots opgezet Nederlands roboticaonderzoeksprogramma.

De nieuwe robotica zal ons leven aangenamer maken. Mensen zullen door robots in de zorg, door telezorg en domotica langer zelfstandig thuis kunnen wonen. De robotisering van het autoverkeer en de ontwikkeling van de autorobot zullen de wegen veiliger maken. Op termijn nemen robots ons smerige, saaie of gevaarlijke werk over. Ze worden al ingezet bij het ontmantelen van explosieven, en zullen volgens sommigen, ooit zelfs in de seksindustrie worden gebruikt, als een technisch alternatief voor de vaak mensonwaardige omstandigheden in de prostitutie.

De nieuwe robotica zal ons leven ook lastiger maken. Want we moeten gaan nadenken, discussiëren en ons een mening vormen over de talloze politieke, ethische, filosofische juridische en maatschappelijke vragen die de onstuimige robotica-ontwikkelingen ons nu al opleveren.

Zijn we in staat de innovatiekansen van de nieuwe robotica te grijpen? Hebben we nagedacht over hoe we maatschappelijk verantwoorde innovatie concreet vorm kunnen geven? Hoe we de voorwaarden creëren voor een publiek vertrouwen in technologie? Hoe we tijdig de wettelijke barrières voor de introductie van nieuwe robotica kunnen slechten?

Hebben we al nagedacht over de vraag of, en wanneer we moreel verplicht zijn om robotica in te zetten? Wordt het ooit moreel verwerpelijk om een militair een bevel te geven waarbij zij de kans lopen dood te gaan als een militaire robot deze taak ook had kunnen doen? Zijn we moreel verplicht om, net als in Zweden, te kiezen voor het optimaal veilig maken van het verkeerssysteem door middel van de best beschikbare (robotica) technologieën?

En wat is de gewenste en ongewenste inzet van politierobots, zoals de surveillancerobot of de bewapende robot? Zal de politie door het gebruik van robotica uiteindelijk haar door langdurige training en ervaring verworven vaardigheden verliezen? Versterkt de rol van technologie de neiging van de politie om de controlerende rol (rechtshandhaving en opsporing) te versterken ten koste van haar sociale rol, zoals een voormalig hoofdcommissaris van de Amsterdamse politie vreest?

Leidt de inzet van tele-geleide robots bij de politie of bij defensie voor een emotionele en daardoor ook morele afstand tussen de actie en de ethische implicaties van die acties? Voorstanders vinden dat deze robots leiden tot minder psychologisch leed onder militairen, en uiteindelijk dus tot rationelere besluiten. Critici zijn bang voor de woorden van een jonge militaire robot *operator*, die over zijn werk zegt: *'It's like a videogame. It can get a little bloodthirsty. But it's fucking cool.'*



In de zorg kunnen robots worden ingezet om autistische mensen in kleine, gereguleerde stappen in een veilige omgeving te leren bepaalde menselijke emoties te herkennen. Tegelijk zijn er mensen die vrezen dat onze sociale competenties er juist op achteruit gaan als we te veel omgaan met sociaal vaardige robots. Denk dan aan puur menselijke competenties als het kunnen omgaan met afwijzingen en het herstellen van ruzies. Er zijn onderzoekers die menen dat onze kinderen, opgevoed met sociale media en mobiele telefoons, nu al veel minder empathisch zijn dan wij, omdat intimiteit vermeden kan worden en relaties via internet of met apparaten minder verplichtend zijn. Hoe voorkomen we op lange termijn een dehumanisering, of sociale *de-skilling*?

*Overal robots. Automatisering van de liefde tot de dood* is een verkenning van de hedendaagse en mogelijke toepassingen van robotica op vijf terreinen: thuis, in de zorg, in het verkeer, bij de politie en bij de krijgsmacht. Uitgangspunt is dat innovatie niet alleen gaat over het ontwikkelen van technologie. De uitdaging is om zo vroeg mogelijk de kansen en risico's van de nieuwe robotica in te zien en te overwegen. Want uiteindelijk is het de mens die de automatisering van de liefde en dood moet vormgeven.

**Jan Staman**  
Directeur Rathenau Instituut



# Overall robots

De film *I, Robot* begint met een fascinerende scène. De camera zoomt rustig in op een drukke winkelstraat in Chicago in het jaar 2035. En langzaam krijg je in de gaten dat tussen het winkelende publiek robots lopen. Het zijn mensachtige machines die publieke diensten verrichten. De robots laten honden uit, ruimen afval op en maken ontspannen een praatje met buurtgenoten. Deze intelligente machines lijken totaal geïntegreerd in de samenleving. Ze worden vertrouwd. De basis van dat publieke vertrouwen is het feit dat robots handelen volgens de drie wetten van Asimov (zie kader 1.1), die in 1950 een aantal korte sciencefictionverhalen schreef onder de titel *I, Robot*. Deze robots zijn niet alleen slim en handig, het zijn morele machines... En dan gaat er natuurlijk plots toch iets goed fout.

Inmiddels is het idee dat robots op allerlei plaatsen in onze samenleving nuttige diensten zullen gaan verrichten geen sciencefiction meer. De robot heeft de afgelopen decennia met name de productie van goederen en daarmee het werk in de fabriek sterk veranderd. Maar volgens vele robotexperts, bedrijven en overheden is de tijd gekomen dat robottechnologie buiten de fabriek wordt toegepast. Bill Gates van Microsoft denkt bijvoorbeeld dat in 2025 elk huishouden uitgerust zal zijn met een 'slim mobiel apparaat' (Gates, 2007). Automatisering beperkt zich niet langer meer tot productieprocessen. We gaan in toenemende mate het huishouden, entertainment, vervoer, de zorg voor anderen en de oorlogsvoering automatiseren. Het staat buiten kijf dat deze nieuwe robotrevolutie een grote invloed zal hebben op onze samenleving. De eerste tekenen daarvan zijn nu reeds zichtbaar. Denk aan onbemande robotvliegtuigen, zogenaamde *drones*, die de Amerikanen in de oorlog in Afghanistan inzetten om talibanstrijders op te sporen en aan te vallen. Oud-generaal Kees Homan ziet deze robotisering van het leger als de grootste verandering sinds de atoombom (Van den Dikkenberg, 2010). Ook de zorgrobot wordt een gouden toekomst voorspeld. Er wordt volop geëxperimenteerd met knuffelrobots die het leven van demente bejaarden in Nederlandse verzorgingstehuizen beloven te veraangename. De Japanners geloven sterk in een toekomst waarin mensachtige robots een belangrijke rol spelen in de zorg voor ouderen (Lau, Van 't Hof & Van Est, 2009).

In ons land roept dit soort visies en ontwikkelingen echter vaak vele emotionele reacties op. Het inzetten van robots voor het verrichten van saaie, zware en vieze klussen lijken we wel te billijken. Maar hoe ver willen we gaan met het automatiseren van onze zorg voor kinderen en ouderen, het doden van terroristen of het bedrijven van de liefde? Zetten we daarmee niet de mens en onze menselijkheid buitenspel? Dit boek probeert op

een maatschappelijk betrokken, maar tevens nuchtere wijze de nieuwe robotica onder de loep nemen. Welke robottechnologieën komen eraan? Waartoe zijn ze in staat? En welke ethische en reguleringsvragen brengen die met zich mee? We onderzoeken de maatschappelijke betekenis van de nieuwe generatie robots op vijf terreinen: thuisrobot, zorgrobot, autorobot, politierobot en militaire robot. We beginnen onze zoektocht dus letterlijk dicht bij ons bed en eindigen deze ver van ons bed, namelijk op het strijdveld.

### Kader 1.1 De drie morele robotwetten van Asimov (1950)

#### *Eerste Wet*

Een robot mag een mens geen letsel toebrengen of door niet te handelen toestaan dat een mens letsel oploopt.

#### *Tweede Wet*

Een robot moet de bevelen uitvoeren die hem door mensen gegeven worden, behalve als die opdrachten in strijd zijn met de Eerste Wet.

#### *Derde Wet*

Een robot moet zijn eigen bestaan beschermen, voor zover die bescherming niet in strijd is met de Eerste of Tweede Wet.

Deze inleiding beschrijft ten eerste de opkomst van de visie dat robots breed in onze samenleving zullen worden ingezet. Daarna benoemen we enkele technische sleutelkarakteristieken van robotica. Wat voor machines zijn robots eigenlijk? Over wat voor soort technologieën hebben we het als we het over robots hebben? Vervolgens kijken we naar enkele sociale sleutelkarakteristieken van robots. De moderne robot wordt ingezet in sociale praktijken en verandert daarmee die praktijken. Robots maken bijvoorbeeld werken en handelen op afstand mogelijk. Diverse taken kunnen zelfs geheel aan robots gedelegeerd worden. Om de lezer een soort kompas mee te geven voor de volgende hoofdstukken benoemen we een aantal typische wijzen waarop robotica ingrijpt op sociale praktijken. We sluiten de inleiding af met een aantal centrale vragen waarop we in dit boek antwoorden zoeken.

## 1.1 Met visie

*'Robots are at the dawn of a new era, turning them into ubiquitous helpers to improve our quality of life by delivering efficient services in our homes, offices, and public places.' (European Robotics Technology Platform [EUROP], 2009, p. 7)*



Net na de Tweede Wereldoorlog fantaseerden niet alleen schrijvers als Asimov over robots die op allerlei plaatsen in de maatschappij een rol spelen. Dat deed ook de natuurkundig ingenieur Joseph F. Engelberger. In 1956 zette deze 'vader van de robotica' het eerste robotbedrijf op. In die jaren ontwikkelde hij de eerste industriële robot, de Unimate (zie figuur 1.1) – oftewel de universele helper van de mens. Deze eerste industriële montagerobot kreeg in 1961 een plek in de autofabriek van General Motors. Tot op dit moment vormt de auto-industrie de grootste markt voor robots. Inmiddels is in de auto-industrie meer dan de helft van alle taken geautomatiseerd. En het einde is nog niet in zicht. Lange tijd werden robots vooral ingezet voor puntlassen en spuitlakken. Tijdens de jaren tachtig werden robots steeds meer gebruikt voor het vervoeren (laden en lossen) van materiaal binnen de autofabriek, maar ook andere takken van industrie. Daarnaast werden robots ontwikkeld voor het opruimen van milieuvervuiling en voor exploratie van de ruimte of diepzee.



**Figuur 1.1** De eerste industriële robot Unimate

De robottechnologie krijgt stap voor stap steeds complexere handelingen onder de knie. Dit wordt mogelijk gemaakt door beter zicht (via 3D-visiesystemen), betere navigatie en mobiliteit, betere spraak-(herkenning) en slimmere interactie met mensen. Experts verwachten daarom dat in 2025 65 procent van alle taken in de auto-industrie geautomatiseerd zal zijn, en in 2050 zelfs 80 procent. In andere industrietakken, zoals de chemie-, textiel- en voedingsindustrie, ligt de automatiseringsgraad lager, maar de trend is exact hetzelfde. De inzet van robots voor steeds complexere handelingen heeft grote consequenties

voor de werkgelegenheid, de organisatie van het productieproces en de positie van de mens daarin. In de jaren zeventig was automatisering een zeer gevoelig gespreksonderwerp tussen werkgevers en vakbonden. Terwijl de trend van automatisering keihard doorgaat, lijkt industriële robotisering momenteel vreemd genoeg geen politiek issue meer.

Al in de jaren zestig pleitte Engelberger voor het gebruik van robottechnologie buiten de fabriek, zoals de dienstensector en de gezondheidszorg. Om de mogelijkheden van de Unimate aan een breed publiek te laten zien, verscheen Engelberger in 1966 met zijn robotvriend op tv en liet hij zien dat deze ook bier kon inschenken en een band kon dirigeren. Pas in het midden van de jaren negentig omarmde de gemeenschap van robot-experts het idee dat robots op kantoren, in het onderwijs, het ziekenhuis, restaurants en thuis een rol zouden kunnen gaan spelen. Robots zouden een massaproduct worden en wij, gewone mensen, de eindgebruiker. Men sprak van *servicerobots* of *serve us-robots* en deze werden gedefinieerd als 'machines die kunnen waarnemen, denken en handelen ten dienste of ter versterking van de menselijke talenten en om de menselijke productiviteit te vergroten' (Pransky, 1996, p. 4).

Inmiddels wordt de visie dat robotica in de toekomst een centrale rol gaat spelen in allerlei domeinen van onze samenleving, door vele robot-onderzoekers en -bedrijven met verve uitgedragen. Ze kunnen daarbij wijzen op de flinke technologische vooruitgang die de afgelopen jaren op het gebied van robottechnologie is geboekt. Dit heeft tot diverse toepassingen geleid op het gebied van lastige productiemethoden, logistiek en gezondheidszorg. De fine fleur van de Amerikaanse universiteiten stelde in 2009 een visie voor de toekomst van robotica op, getiteld *From internet to robotics* (Asara et al., 2009). In deze roadmap wordt robotica gezien als 'one of the few technologies capable in the near term of building new companies and creating new jobs' (Asara et al., 2009). De Obama-regering heeft deze raad ter harte genomen en in juni 2011 het *National Robotics Initiative* (NRI) gelanceerd. De VS willen een leidende positie in de ontwikkeling van de nieuwste generatie robots, de zogenaamde co-robots. Het gaat hier om intelligente robotsystemen die in staat zijn intensief met mensen samen te werken in de gezondheidszorg, landbouw, bij de exploratie van grondstoffen, bij defensie en in de ruimtevaart. Op de lange termijn is robottechnologie volgens hen cruciaal om de vergrijzende Amerikaanse bevolking bij te staan. Ook volgens het *European Robotics Technology Platform* (EUROP) gaat hun bedrijfstak een belangrijke fase in. Dit platform stelt dat vanaf 2020 de robotmarkt in snel tempo zal veranderen in een consumentenmarkt (EUROP, 2009, p. 35). De Europese Commissie verwacht dat bij monde van Eurocommissaris Neelie Kroes (2011) ook. Zij stelt dat Europa koploper is op het gebied van onderzoek naar robots en de industriële toepassing daarvan. Het

onderzoeksprogramma van de Europese Commissie investeert al sinds 2002 flink in cognitieve systemen en robotica. Op dit moment worden ongeveer honderd onderzoeksprojecten gefinancierd door de FP7-ICT Cognitive Systems and Robotics Challenge.

Ook diverse overheden steunen de visie van een gerobotiseerde samenleving. Het Zuid-Koreaanse ministerie van Informatie verwacht dat in 2020 elk Zuid-Koreaans gezin een robot zal bezitten. De Japanse overheid ziet de toepassing van robottechnologieën in allerlei sociale omgevingen als een belangrijke groeimarkt. Het ministerie van Economie, Handel en Industrie (METI) voorziet zelfs de opkomst van de zogenaamde 'Neo Mechatronic Society' (Lau et al., 2009). Een belangrijke drijvende kracht achter deze visie is de scherpe prijsdaling van allerlei robottechnologieën. METI voorspelt een thuismarkt voor robottechnologie van 6000 miljard yen (ongeveer 48 miljard euro) in 2025. Men verwacht dat robots een sleutelrol gaan spelen bij het bestrijden van het arbeidstekort in de zorg als gevolg van de vergrijzing. Om die reden investeert Japan royaal in de ontwikkeling van robotica voor de zorgsector. In de Verenigde Staten investeert men met name in robotica voor de ruimtevaart en het leger. In Nederland komt het platform RoboNed begin 2012 met een roadmap voor robotica in Nederland die moet leiden tot extra publieke investeringen in roboticaonderzoek en -ontwikkeling. Men verwacht dat in ons land robotica de meeste potentie zal hebben voor de zorgsector, de land- en tuinbouw, de bouw en inspectiemaatregelen (Topteam High Tech Systems en Materialen, 2011, p. 56).

## 1.2 Technisch gesproken

*'Dankzij een combinatie van technische ontwikkelingen is de rekenkracht, het waarnemings- en bewegingsrepertoire en het communicatievermogen van robots spectaculair uitgebreid. Door een toename van rekencapaciteit, integratie van sensoren (zoals camera's) en snelle besturingssystemen, worden robots steeds "intelligenter". Ze kunnen meer gegevens verwerken, op omgevingssignalen reageren en complexe beslissingen nemen.'* (Brom et al., 2011)

Het woord 'robot' is bedacht door de broer van de schrijver Karel Čapek. Het stamt af van het Tsjechische woord *robota*, dat 'werk' of 'verplichte arbeid' betekent. Čapeks toneelstuk *R.U.R. (Rossum's Universele Robot)* uit 1920 begint met een fabriek waarin kunstmatige mensen worden gemaakt, zogenaamde robots. Het kunstmatig (re)produceren van levende wezens – mensen en dieren – is al sinds de oudheid onderwerp van verbeelding van filosofen en ambachtslieden.

### Van automata tot robots

In de achttiende eeuw leeft de zoektocht naar kunstmatig leven sterk op. Die inspanning richt zich op het bouwen van automata. Een automaton is een zelf-opererende machine die zonder hulp van buitenaf bepaalde taken kan uitvoeren. Automata zijn puur mechanisch en bootsen vaak dieren en mensen na. Ze werden gebouwd als luxe speelgoed en als attractie voor de adel en het gewone publiek. Wellicht de twee bekendste makers zijn de Fransman Jaques de Vaucanson en de Zwitser Pierre Jaquet-Droz. Vaucanson maakte onder meer een mechanische kruidenier en een levensgrote eend, die zelfs was voorzien van een soort spijsverteringskanaal. De Zwitser werd vooral beroemd door drie mechanische poppen die hij vanaf 1760 maakte: de 'kunstenaar' die kan tekenen, de 'schrijver' die met een pen kan schrijven, en de 'musicienne' die een soort klavecimbel kan bespelen (zie figuur 1.2).



**Figuur 1.2** Automaton de 'musicienne'



Dergelijke automata hadden een belangrijke symbolische en intellectuele waarde. Ze toonden het technisch vernuft van die tijd en boden tevens zicht op een nieuwe wijze van fabriceren. Daarmee leverden ze het technisch en conceptuele fundament voor de opkomende industriële revolutie. Dergelijke speelgoedattracties speelden ook een centrale rol in het intellectuele debat van die tijd. Riskin (2003, p. 601) ziet bijvoorbeeld Vaucansons automata als 'filosofische experimenten om na te gaan welke aspecten van het leven tot welk niveau mechanisch nagebouwd kunnen worden en om te zien wat dergelijke nabootsingen ons leren over natuurlijke subjecten' (geciteerd in Shaw-Garlock, 2010, p. 3). De wens om mechanisch leven na te bouwen ligt zodoende aan de basis van de industriële revolutie. Met de opkomst van de industriële revolutie na 1760 zakt de belangstelling voor de bouw van automata en het bouwen van kunstmatig leven echter geleidelijk weg. Die belangstelling is sinds de Tweede Wereldoorlog weer helemaal terug. Het gaat nu niet om het bouwen van mechanische automata, maar om het bouwen van intelligente elektromechanische machines, de zogenaamde robot.

De wens om intelligente levensachtige machines te bouwen ligt aan de basis van de huidige informatierevolutie. Die technologische revolutie wordt gedreven door een nieuwe ingenieursvisie op het leven die na de Tweede Wereldoorlog sterk opkomt: leven als een informatiesysteem (Van Est, 2010). Het gaat hier om de cybernetica, die stelt dat zowel organische als mechanische processen kunnen worden gestuurd door terugkoppeling van informatie. Deze ingenieursvisie beschouwt en beschrijft levende en niet-levende processen dus op gelijke wijze. Grondlegger van de cybernetica, Norbert Wiener (1948), beschreef zowel dieren als machines als informatieverwerkende systemen die steeds vanuit een bepaald doel handelen, dan nagaan of hun handelen tot het gewenste resultaat leidt en op basis daarvan hun gedrag aanpassen. Op deze manier kunnen enerzijds biologische, cognitieve en sociale processen in digitale termen beschreven worden. Anderzijds kunnen machines gebouwd worden die doelbewust handelen en eigenschappen vertonen die we normaliter toekennen aan levende systemen. Net als de mechanische automata van de achttiende eeuw proberen heden ten dage intelligente robots diverse aspecten van leven technisch na te bootsen. Robotica heeft zich dan ook in nauwe samenwerking met de cybernetica ontwikkeld. Met name de gebieden kunstmatige intelligentie en mens-machine-interactie spelen daarbij een centrale rol.

### **De intelligente genetwerkte servicerobot**

Robotica is een ingenieursveld dat zich bezighoudt met het bedenken, ontwerpen, maken en laten werken van robots. Robotici maken daartoe gebruik van een brede verzameling expertisegebieden, zoals elektronica, computerwetenschappen, kunstmatige intelligentie en mechatronica.

De kern van robotica is het integreren van dit brede veld aan technologieën. Sommige technische competenties zijn zeer specifiek voor robotica. Belangrijke sleutelgebieden zijn navigatie, waarneming, perceptie, beweging en manipulatie. Andere technologieën, zoals batterijen en snelle processors, zijn ook in tal van andere domeinen van belang. De robot is zodoende een mechanische technologie, maar ook een elektronische technologie, en ook een informatietechnologie, enzovoort.

De International Organisatie voor Standaardisering (ISO) definieert een klassieke industriële robot als een 'automatically controlled, reprogrammable, multipurpose, manipulator programmable in three or more axes, which may be either fixed in place or mobile for use in industrial automation applications' (ISO 8373). In ons boek kijken we naar robots die buiten de fabriek ingezet worden. In het algemeen spreekt men in dat geval van *servicerobots*. Er bestaat nog geen algemeen aanvaarde definitie voor een servicerobot. De ISO werkt op dit moment aan een definitie. Totdat die er is, hanteert de International Federation of Robotics (IFR) de volgende voorlopige definitie: 'Een servicerobot is een robot die gedeeltelijk of volledig autonoom diensten verricht die van nut zijn voor het welzijn van mensen en installaties, uitgezonderd werkzaamheden in de fabriek.' Of in het Engels: 'A servicerobot is a robot which operates semi- or fully autonomously to perform services useful to the well-being of humans and equipment, excluding manufacturing operations' (zie: [www.ifr.org/service-robots/](http://www.ifr.org/service-robots/)).

Voor onze verkenning van de nieuwe robotica is deze definitie echter niet voldoende bruikbaar. De IFR definieert de servicerobot bij voorbaat als een voor de mens nuttige machine. Dit boek gaat juist op zoek naar de maatschappelijke voor- en nadelen van de servicerobot. Daarom benoemen we hier een aantal centrale kenmerken van de nieuwe robotica. Het gaat daarbij om intelligente (meestal genetwerkte) machines die met een bepaalde mate van autonomie fysieke handelingen verrichten binnen een complexe en (in meer of mindere mate) ongestructureerde omgeving en dynamische sociale praktijk. Dat houdt onder meer in dat interactie tussen omgeving en machine en mens en machine steeds een belangrijke rol speelt. Om die interactie mogelijk te maken beschikt de robot over sensoren waarmee de omgeving en de mens kunnen worden waargenomen.

Een groot verschil tussen de industriële en servicerobot betreft zodoende de omgeving waarin ze moeten opereren. De industriële robot werkt veelal in een zeer gestructureerde omgeving. Binnen die gestructureerde omgeving zijn robot en mens vaak strikt gescheiden, en de mensen die met de robots omgaan zijn daar vaak specifiek voor opgeleid. In dat geval kunnen de robothandelingen vaak van tevoren totaal worden vastgelegd, of beter gezegd voorgeprogrammeerd. Dat is bij een service-robot meestal niet mogelijk, omdat deze zijn fysieke taken verricht in een

steeds veranderende en veel minder gestructureerde omgeving, en vaak in interactie met mensen, hun taken verricht. De inzet van robots in dergelijke omgevingen vraagt dus om het sterk rationaliseren van de omgeving. Denk aan de stofzuigerrobot die in een rommelkamer zijn werk niet goed kan doen, maar slechts in een designkamer tot zijn recht komt. Een andere route is het versterken van het leervermogen en intelligent gedrag van de robot. En die kunstmatige intelligentie is volgens Trevelyan (1999) precies datgene wat karakteristiek is voor de robot van de 21ste eeuw. Hij definieert robots daarom als 'intelligente machines die de menselijke mogelijkheden vergroten'. Het gaat daarbij trouwens niet alleen meer om cognitieve intelligentie. Voor de interactie met gewone mensen dienen robots tevens sociale en emotionele vaardigheden te bezitten.

Moderne robots bezitten echter niet alleen een robotbrein (computerhardware en -software), maar ook een robotlichaam. Er bestaat een grote diversiteit aan robots, zowel met betrekking tot gedragsrepertoire als autonomie (robotbrein) en verschijningsvorm (robotlichaam). In het navolgende willen we recht doen aan het feit dat er intelligente robots zijn in alle soorten en maten en met verschillende cognitieve en sociale vaardigheden. Een robot is namelijk een modulair apparaat. Wat een robot is en kan, wordt daarom bepaald door de mogelijkheden van zijn 'lichaam' en 'brein'. De moderne robot is meestal geen autarkisch systeem. Om de mogelijkheden en onmogelijkheden van de nieuwe robotica te begrijpen is het belangrijk te beseffen dat de servicerobot meestal ondersteund wordt door een netwerk van informatietechnologieën; denk bijvoorbeeld aan het internet. Het gaat zodoende met name om genetwerkte robots.

### **Robotlichaam**

We willen hier kort ingaan op drie kenmerken van het robotlichaam: de fysieke verschijningsvorm, de fysieke handelings- en de waarnemingsmogelijkheden van de robot. Deze kenmerken hangen vaak ook met elkaar samen. Een bepaalde verschijningsvorm, bijvoorbeeld twee benen, maakt een bepaalde handeling, zoals lopen, mogelijk en andere handelingen onmogelijk of zeer lastig, zoals vliegen.

### **Uiterlijk is belangrijk**

De fysieke verschijningsvorm van de robot hangt veelal af van zijn functie. De robot kan eruitzien als een machine. Men spreekt wel van *mechanoiden* (Walters, Syrdal, Dautenhahn, Boekhorsten & Koay, 2008). Maar net als de automata uit de achttiende eeuw kunnen moderne robots er ook uitzien als mensen of dieren. Het technische argument om robots op mensen te laten lijken is dat dergelijke *humanoïden* goed zullen kunnen opereren in menselijke omgevingen, die zijn geoptimaliseerd voor menselijk gebruik. Men gaat ervan uit dat de verschijningsvorm belangrijk is voor de interactie tussen robots en mensen. Om dat te onderzoeken

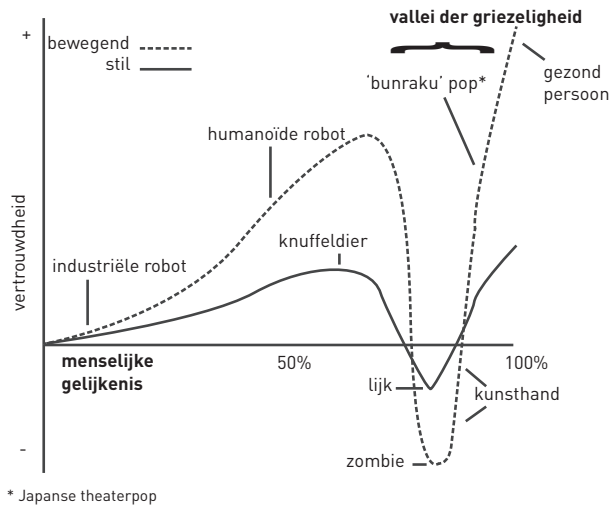
bouwt de Japanse robotwetenschapper Ishiguro zo levensecht mogelijke humanoïde robots (Ishiguro et al., 2004) (zie figuur 1.3).



**Figuur 1.3** De naar zijn evenbeeld gebouwde humanoïde robot van robotwetenschapper Ishiguro

De theorie van de 'vallei der griezelligheid' van de Japanse roboticus Masahiro Mori (1970) speelt al sinds de jaren zeventig een belangrijke rol bij het nadenken over de interactie tussen robots en mensen (zie figuur 1.4). Mechanoïden zullen weinig emotionele reacties bij mensen oproepen. Maar hoe sterker een robot lijkt op een mens of huisdier, hoe meer positieve en empathische gevoelens deze zal oproepen in mensen. Maar als robots uiterlijk sterk op mensen gaan lijken, terwijl hun gedrag niet menselijk genoeg is, voorspelt Mori een sterk gevoel van onbehagen. In dit geval is de verschijning mensachtig, maar de vertrouwdheid negatief. Dat noemt Mori de 'vallei der griezelligheid'. Mori adviseert om de vallei

te vermijden door robots te bouwen die niet te veel op mensen (dieren) lijken, maar zich wel mensachtig (dierachtig) gedragen. Paro is daar een goed voorbeeld van. Paro is een bekende huisdierrobot die op een zeehondbaby lijkt. In eerste instantie wilde men een robotkat ontwikkelen. Proefpersonen reageerden daar negatief op, waarschijnlijk omdat men bij een 'kat' een duidelijk verwachtingspatroon heeft dat door de robotkat niet werd waargemaakt. Bij de zeehondrobot liep men niet tegen die 'vallei der griezelligheid' op. Een tweede manier om de 'vallei der griezelligheid' te vermijden is het bouwen van robots die qua uiterlijk én gedrag heel veel op mensen (dieren) lijken en daarvan niet te onderscheiden zijn. Dat lijkt de ultieme droom van robotmakers te zijn.



**Figuur 1.4** De 'vallei der griezelligheid' (Uncanny Valley)

### **Fysieke handelingsmogelijkheden**

Fysieke handelingsmogelijkheden hangen vaak samen met de vorm of lichaamsbouw van de robot. We zagen dat de industriële robot veelal een passieve robot is. Daarnaast zijn er tal van mobiele robots. Denk aan de humanoïde robots, zoals Asimo (zie figuur 1.5) van Honda en de Partner Robot van Toyota, die 6 tot 7 km/uur kunnen lopen. Een ander voorbeeld betreft de rijdende robots, robotvaartuigen en vliegende robots, zoals de onbemande drones (zie figuur 1.6) die door het Amerikaanse leger in de oorlog in Irak en Afghanistan worden ingezet. Of dierlijke robots zoals de vierbenige BigDog, in 2005 gemaakt door Boston Dynamics in samenwerking met NASA en Harvard University. Naast het voortbewegen zijn er tal van andere fysieke handelingen die robots kunnen verrichten. De zorgrobot RIBA II, ontwikkeld door het Japanse onderzoeksinstituut RIKEN, kan patiënten tot 80 kilo vanaf de vloer op een bed of in een

rolstoel tillen. Een belangrijke technische uitdaging betreft de energievoorziening van mobiele robots. De Roomba is een stofzuigerrobot die op zoek gaat naar zijn eigen oplader als zijn accu leeg begint te raken. In Amerika ontwikkelden de bedrijven Robotic Technology Inc. en Cyclone Power Technologies Inc. de EATR (*Energetically Autonomous Robot*), die zelf op zoek kan gaan naar voedsel (biomassa) en daar biobrandstof voor de eigen energievoorziening van kan maken.



**Figuur 1.5**      Humanoïde robot Asimo



**Figuur 1.6** Een onbemande drone

### **Kunstmatige zintuigen**

Mensen hebben vijf zintuigen: de oren om mee te luisteren, de ogen om mee te kijken, de huid om mee te voelen, de neus om mee te ruiken en de tong om mee te proeven. Robots kunnen ook met allerlei kunstmatige zintuigen, of beter gezegd sensoren, uitgerust worden. Denk aan elektronische neuzen en smaaksensoren. Camera's met lichtsensoren worden ingezet voor gezichts- of emotieherkenning. De waarneming van robots kan de menselijke waarneming ruimschoots overtreffen. Sommige onbemande militaire vliegtuigen, zogenaamde *drones*, gebruiken infrarood-camera's om 's nachts ook te kunnen observeren en radars om door wolken heen te kijken. Onderzoekers willen chirurgische robots verbeteren door het aanbrengen van tastsensoren. In dit geval communiceert de robot over de chirurgische handeling die de chirurg uitvoert door kracht uit te oefenen op diens handen. Men spreekt van *haptic feedback* of haptische waarneming (oftewel waarneming via de tastzin).

### **Robotbrein**

*'Artificial Intelligence is the science of making machines do things that would require intelligence if done by men.'* (Minsky, 1968)

Een robot is een informatietechnologie die computerhardware en -software bevat. De robot bezit geen menselijke intelligentie, maar machine- of kunstmatige intelligentie. Deze artificiële intelligentie (AI) bepaalt het gedragsrepertoire van de robot, zijn cognitieve, sociale en morele mogelijkheden (Böhle, Coenen, Decker & Rader, 2011). De aanname is dat emotionele intelligentie, sociaal gedrag en dynamische interactie met de omgeving noodzakelijke voorwaarden zijn voor individueel en sociaal gedrag van robots in complexe sociale praktijken.

**Sterke en zwakke AI**

In de jaren vijftig ontstond het idee dat alle vormen van intelligentie en leren zo precies beschreven kunnen worden dat een machine ze kan nabootsen. Sommigen dachten dat menselijke intelligentie volledig begrepen kon worden met behulp van computers en dat het mogelijk is om machines te maken die zich gedragen als mensen en die kunnen denken, redeneren, schaken en emoties hebben. Deze houding wordt de 'sterke AI'-these genoemd. In die visie worden machines uiteindelijk slimmer en moreel gevoeliger dan mensen. Aanhangers van de 'zwakke AI'-these zien computers als een hulpmiddel bij de studie van de geest. Ze verwachten dat machines specifieke 'intelligente' taken kunnen verrichten ter assistentie van menselijke gebruikers. De 'zwakke AI'-opvatting kent de meeste aanhangers. Maar de 'sterke AI'-visie krijgt de meeste media-aandacht, onder meer omdat ze enkele zeer uitgesproken voorstanders heeft, zoals Marvin Minsky, Hans Moravec (1988) en Ray Kurzweil (1990, 2005).

Minsky is een van de belangrijkste voorvechters van AI van het eerste uur (Noble, 1997). Hij was er al in 1956 bij toen in Dartmouth College de eerste bijeenkomst op het gebied van AI plaatsvond. Minsky stelde dat het mogelijk is om intelligente machines te bouwen, omdat hersenen zelf machines zijn. Stappen in die richting waren volgens Minsky machines die informatie kunnen opzoeken, patronen kunnen herkennen, expert-kennis bezitten en wiskundige stellingen kunnen bewijzen. Hij dacht ook aan de opkomst van de robotica. In de verre toekomst voorzag Minsky een versmelting tussen mens en machine. Volgens hem vertegenwoordigen denkmachines een volgende stap in de evolutie. De *Machina Sapiens* is een nieuwe soort, die op den duur de *Homo Sapiens* voorbij zal streven. Kunstmatige intelligentie werd daarom gezien als een ultiem keerpunt in de menselijke evolutie. De belangrijkste hedendaagse woordvoerder van dat gedachtegoed is Raymond Kurzweil. Hij is een pionier op het gebied van spraakherkenning en uitvinder in 1976 van een apparaat dat tekst in spraak omzet voor de blinde lezer. In zijn boek en film *The singularity is near* (2005) stelt hij dat wetenschap en technologie zich exponentieel ontwikkelen. Dit leidt volgens hem onherroepelijk tot een punt waarop kunstmatige intelligentie menselijke intelligentie zal overtreffen. Dat moment werd door Vernor Vinge het singulariteitspunt genoemd. Kurzweil denkt dat we dat technische en culturele omslagpunt voor het midden van deze eeuw zullen bereiken.

**Voorspellingen van vroeger**

Nog even terug naar de voorspellingen uit de jaren vijftig en zestig van de vorige eeuw. Norbert Wiener voorzag dat computers een belangrijke rol in het productieproces zouden gaan spelen en sprak van een aanstaande tweede industriële revolutie. Maar naast de inzet van AI voor



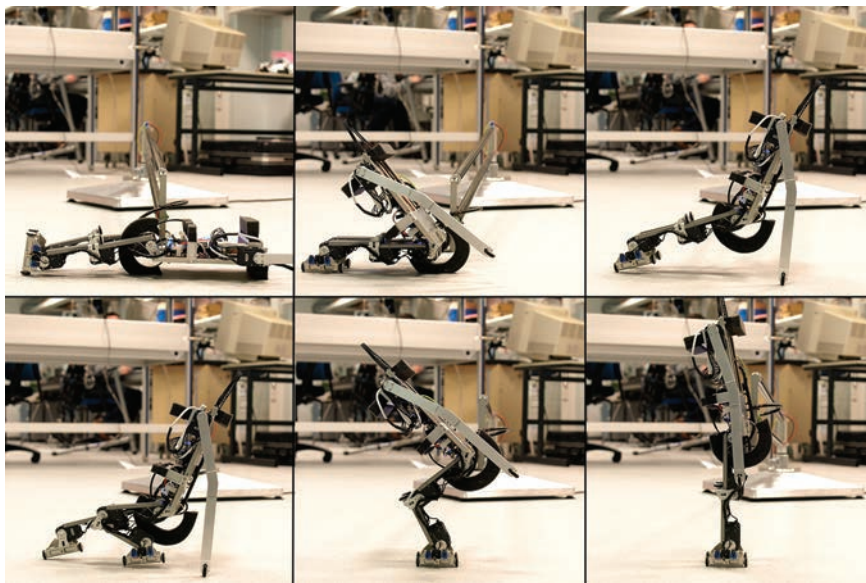
industriële taken voorzag men ook allerlei creatieve en sociale taken voor AI. Alan Turing voorzag dat computers met mensen konden gaan communiceren. Hij bedacht de zogenaamde Turing-test. Daarin stelt een persoon per e-mail vragen aan een andere mens en aan een computer, die zich beide in een andere ruimte bevinden. Op basis van de antwoorden moet de ondervrager nagaan of hij communiceert met een mens of een machine. Turing voorspelde dat over vijftig jaar (rond deze tijd dus) computers dit vraag-en-antwoordspel zo goed onder de knie zouden krijgen dat de ondervrager minder dan 70 procent kans maakt om na vijf minuten de computer van een mens te onderscheiden. Marvin Minsky stelde in 1958: 'Our mind-engineering skills could grow to the point of enabling us to construct accomplished artificial scientists, artists, composers, and personal companions' (geciteerd in Noble, 1997, p. 157). Simon en Newell (1958) voorspelden in datzelfde jaar dat reeds binnen tien jaar een computer de schaakwereldkampioen zou verslaan, nieuwe belangrijke wiskundige stellingen zou ontdekken en bewijzen, en mooie muziek zou gaan componeren.

### **Met vallen en opstaan**

Zo snel is het echter allemaal niet gegaan. De afgelopen jaren heeft AI zich eerder met vallen en opstaan ontwikkeld. Daarbij gaan veranderingen in het denken over kunstmatige intelligentie hand in hand met ontwikkelingen in de hersenwetenschappen of cognitieve wetenschappen (Böhle et al., 2010, p. 129-132). In de jaren zestig ging de AI-gemeenschap er bijvoorbeeld van uit dat elke vorm van intelligentie nagebootst kon worden door een computercode. Men liep echter langzaam maar zeker tegen de tegen-intuïtieve situatie aan dat computers relatief weinig moeite hadden met het oplossen van bijvoorbeeld geometrische problemen die voor de meeste mensen heel lastig zijn. Daarentegen bleek de computer heel veel moeite te hebben met voor de mens triviale zaken, zoals het herkennen van gezichten. Deze 'tegenvaller' leidde tot een sterke afname in de belangstelling van in het bijzonder de Amerikaanse overheid voor het stimuleren van AI-onderzoek. De gehele jaren zeventig werd gekarakteriseerd door deze zogenaamde 'AI-winter'.

Begin jaren tachtig leidde de opkomst van expertsystemen tot nieuwe hoge verwachtingen. Dit soort systemen is gebaseerd op het idee dat experts beslissingen maken op basis van een set van duidelijke regels. Tegelijkertijd zijn expertsystemen afhankelijk van grote databases met voor mensen alledaagse kennis; denk aan woorden uit diverse talen of bekende figuren. In het midden van de jaren tachtig werden neurale netwerken populair. Sinds het begin van de jaren negentig zijn er systemen op de markt die met behulp van neurale netwerken karakters en spraak kunnen herkennen. Dergelijke netwerken dienen wel getraind te worden. Vaardigheden worden aangeleerd via belonen en straffen. Bij dergelijk

*reinforcement learning* wordt de robot beloond met punten en de robot wordt zo geprogrammeerd dat hij streeft naar zo veel mogelijk punten. Het belonen en bestraffen van robots is voor robotonderzoekers vaak een zoektocht. Aan de TU Delft probeerde men de tweebeenige robot, Leo genaamd, te leren lopen (zie figuur 1.7). In eerste instantie bestraffen de onderzoekers Leo wanneer hij viel. Dit zorgde er echter voor dat Leo leerde om niet te vallen (Jonker, 2011). Dat deed deze robot bijvoorbeeld door een been in zijn nek te leggen. Belonen voor goed loopgedrag bleek beter te werken, maar leidde tot allerlei aparte manieren van lopen. Na lange tijd kwam men erachter dat als je de robot ook gaat belonen voor zuinig energieverbruik, hij de menselijke manier van lopen gaat aanleren.



**Figuur 1.7** De tweebeenige robot Leo ontwikkeld door de TU Delft

Een ander belangrijk AI-product is de 'intelligent agent'. Dit is 'a computer system that is capable of flexible autonomous action in dynamic, unpredictable, typically multi-agent domains' (Luck, McBurney, Shehory & Willmott, 2005, p. 11). Het gaat hier om computerprogramma's die hun omgeving kunnen 'waarnemen' en op basis daarvan *autonom* acties kunnen berekenen en zo hun omgeving kunnen beïnvloeden. Deze benadering wordt gezien als een belangrijk nieuw paradigma voor het ontwikkelen van software. Eind jaren tachtig kwam tevens een nieuwe AI-benadering op, de gesitueerde (*situated*) of 'belichaamde' (*embodied*) AI. Daarbij gaat men ervan uit dat intelligentie met vallen en opstaan van de grond af wordt opgebouwd. Daarnaast heeft de computer een 'lichaam' nodig om

de wereld daadwerkelijk te leren kennen. Deze AI-aanpak levert dus een extra motivatie om een robot te bouwen.

### **Brute rekenkracht**

Wat is er terechtgekomen van de verwachtingen van de AI-experts van het eerste uur? De tweede industriële revolutie die Wiener voorspelde, is er gekomen en raast met de opkomst van de industriële robot nog steeds voort. Inmiddels heeft een computer ook de wereldkampioen schaken verslagen. Dat lukte niet binnen de tien jaar die Simon en Newell (1958) hadden voorspeld, maar duurde bijna veertig jaar. Met name het gebrek aan rekenkracht speelde AI lange tijd parten. Een decennialange exponentiële stijging van de snelheid en rekencapaciteit van computers, de zogenaamde Wet van Moore, maakt inmiddels heel veel mogelijk op basis van brute rekenkracht. In maart 1997 versloeg de schaakcomputer Deep Blue II de toenmalige wereldkampioen Gary Kasparov. De match van zes partijen eindigde in 3,5 – 2,5. De schaakgrootmeester klaagde nadien dat er mensen in het spel waren geweest. Volgens Kasparov was een bepaalde zet duidelijk te dom voor een computer, een andere was hem te creatief. Andere schaakcomputers bleken echter gelijksoortige zetten te kunnen produceren. Een jaar later toonde muziekprofessor David Cope een programma dat de muziekstijl van oude meesters, zoals Bach en Strawinsky, analyseert.<sup>1</sup> Op basis daarvan maakt het programma EMI (*Experiments in Musical Intelligence*) zogenaamde synthetische klassieke muziek. Een symfonie in de stijl van Mozart, getiteld *Austrian composer's 41st*, is al opgevoerd. Alleen echte Mozart-kenners kunnen de EMI-symfonie onderscheiden van een echte Mozart. Een wellicht nog sterker staaltje van kunstmatige intelligentie of creativiteit vond plaats in 2009. De Aberystwyth Universiteit ontwierp, tezamen met die van Cambridge, een kunstmatige wetenschapper. De wetenschappelijke Adam-robot werd de eerste robot die onafhankelijk een aantal nieuwe wetenschappelijke vindingen heeft ontdekt. De robot ontdekte een gen in gist waar onderzoekers al decennia naar zochten (Ravilious, 2009). In datzelfde jaar ontwikkelde Cornell-onderzoekers een computerprogramma dat de bewegingswetten van Newton afleidde uit de beweging van een slinger (Keim, 2009). Men hoopt dat computers in de toekomst in staat zullen zijn nog onbekende natuurwetten te vinden.

### **Kunstmatige sociale intelligentie**

In het voorgaande werd aangegeven dat robotexperts robots met een mensachtig lichaam willen ontwikkelen, omdat onze fysieke omgeving is aangepast aan onze menselijke maten. Met betrekking tot het brein van een robot wordt sinds het midden van de jaren negentig een identiek argument gebruikt. Men stelt dat indien robots in menselijke omgevingen gaan opereren, het van belang is dat deze machines zo geprogrammeerd worden dat ze op een sociale manier met mensen kunnen interacteren en

dat ze ook op een morele manier kunnen handelen. We zien de opkomst van concepten als sociale robots en *artificial moral agents*.

'Social robots are technologies designed to engage with humans on an emotional level through play, sometimes therapeutic play, and perhaps even companionship' (Shaw-Garlock, 2011, p. 3). We zien al langere tijd de opkomst van de sociale virtuele robot (ook wel softbot genoemd) oftewel de chatbot (Driessen, 2011). De chatbot is een zogenaamde intelligent agent. Op de IKEA-website kunt u bijvoorbeeld uw vragen stellen aan de virtuele assistent Anna. Een van de verst ontwikkelde chatbots is de Cleverbot. Men beweert zelfs dat de Cleverbot tijdens een technologiefestival in India in 2011 is geslaagd voor de Turing-test (Aron, 2011). Bij het genereren van antwoorden maakt de Cleverbot gebruik van eerdere antwoorden van mensen op gelijksoortige vragen die op het internet te vinden zijn. Om een indruk te krijgen van de stand van deze technologie is het instructief om een filmpje op YouTube te bekijken waarin een gesprek tussen twee Cleverbots te zien is (Labutov, Yosinski & Lipson, 2011). Het gesprek is enerzijds levensecht, maar anderzijds ook zeer bevreemdend. Het lijkt alsof we hier te maken hebben met een soort 'vallei der griezeligheid', in de zin dat de taal echt lijkt, maar de sociale omgang niet. Het gesprek tussen deze twee computers is echter geenszins griezelig, maar eerder humoristisch.

Bij sociale interactie tussen mensen gaat het echter niet alleen over verbale informatie, maar vooral ook over non-verbale communicatie; denk aan lichaamshouding of emoties die van het gezicht af te lezen zijn. *Affective computing* houdt zich met dit gebied van mens-machine-interactie bezig. Volgens een van de grondleggers van dit veld, Rosalind Picard van MIT, gaat het hier over 'computing that relates to, arises from, or influences emotions' (Picard, 1995, p. 1). Het doel is dat computers emoties van mensen leren herkennen en daar hun gedrag op kunnen aanpassen. Daartoe analyseert affective computing bijvoorbeeld de intonatie van de stem, gebaren die mensen maken, lichaamshouding en gezichtsuitdrukking. Het Nederlandse bedrijf Noldus heeft bijvoorbeeld de FaceReader ontwikkeld, die regelmatig door marketingonderzoekers wordt gebruikt. Deze technologie gebruikt de *Facial Action Coding System* (FACS) die is ontwikkeld door Paul Eckman, een vermaard psycholoog die reeds in de jaren zeventig stelde dat er zes menselijke basisemoties zijn – woede, afkeer, vrees, blijdschap, droefheid en verassing – die alle op de milliseconde zijn af te lezen van het gezicht. Deze codering kan ook gebruikt worden om avatars, softbots of echte robots emoties te laten tonen. Men verwacht dat de inzet de gebruiksvriendelijkheid en daarmee de acceptatie van dergelijke technologieën zal vergroten (Picard & Klein, 2002).

**Kunstmatige moraliteit**

Niet alleen over sociaal gedrag maar ook over de vraag of moreel gedrag in een computer geprogrammeerd kan worden, vindt op dit moment discussie plaats. Het gaat hier wel nadrukkelijk om een heel jong wetenschappelijk veld. Aan het begin van dit inleidende hoofdstuk werd al verwezen naar de drie ethische wetten van Asimov waaraan volgens Asimov robots zich dienen te houden. Met name op het gebied van militaire robots wordt nagedacht over de inzet van robots die zich dienen te gedragen volgens het humanitair oorlogsrecht, zoals dat bijvoorbeeld is vastgelegd in de Geneefse Conventie. Donald Arkin (2007) gaat ervan uit dat het mogelijk is om robots te ontwikkelen die in gevechtsomstandigheden betere beslissingen kunnen nemen dan menselijke soldaten. Hij stelt dat AI niet afhankelijk is van emoties, omdat ze slechts gebaseerd is op logica, stelt tevens dat de inzet van dergelijke morele machines het aantal militaire slachtoffers tot een minimum kan beperken. Wallach en Allen (2009) pleiten ook voor de ontwikkeling van zogenaamde *artificial moral agents*. Zij stellen dat de ontwikkeling van machines die (morele) besluiten nemen die de maatschappij aangaan, doorgaat. Daarnaast stellen ze dat mensen niet bij machte zijn om alle consequenties van zeer complexe interacterende softwaresystemen te overzien, wat mogelijk tot catastrofes kan leiden. Te denken valt aan de automatisering van financiële transacties, de *virtual of robotic trading*, waarvan niemand de gevolgen overziet. Om dergelijke catastrofes in een vroege fase te onderkennen en tegen te houden dienen zogenaamde softwarebots ethisch gedrag te kunnen vertonen.

**Genetwerkte robots**

Bij de analyse van robots zijn vaak alle ogen gericht op de robot zelf. Vele robots zijn echter voor hun functioneren sterk afhankelijk van allerlei ondersteunende technologieën. Het zijn zogenaamde genetwerkte robots, die ondersteund worden door diverse informatienetwerken en zonder die netwerken ook niet zouden kunnen functioneren. De militaire *drones* boven Aghanistan maken bijvoorbeeld gebruik van de 32 satellieten van het global positioning system (gps), waarvan het onbemande vliegtuig er vier nodig heeft om te bepalen waar het zich bevindt. Hiervoor werd al beschreven dat de Cleverbot zijn antwoorden genereert op basis van antwoorden die op het internet zijn te vinden. Expertsystemen zijn voor hun werking afhankelijk van grote databestanden, en het internet levert inmiddels heel veel informatie op tal van gebieden. In onze verkenning van de nieuwe robotica besteden we daarom steeds aandacht aan de netwerken achter de robot. De betekenis van de moderne robotica voor de maatschappij is anders niet te doorgronden.

Het populaire, maar incomplete, beeld van de robot als onafhankelijke en zelfvoorzienende machine wordt gedragen door hedendaagse toekomstbeelden. Maar is waarschijnlijk ook een relikwie van het toekomst-

denken uit het verleden. In de jaren vijftig en zestig van de vorige eeuw werd de robot veelal afgebeeld als een zelfstandig bewegende machine met pootjes en sensoren. Eind jaren zestig dachten de futurologen Kahn en Wiener (1968, p. 102-114) dat de invloed van computers zich tot het jaar 2000 met name zou doen gelden via automatisering van mechanische machines. Dat gold voor productiewerk, maar ook bijvoorbeeld voor huishoudelijk werk. De Engelse werktuigbouwkundige Thring (1964) voorzag reeds rond 1984 een robot 'met niet meer gevoelens dan een auto, maar met een geheugen voor opdrachten en een beperkt ingebouwd of ingebracht vermogen om te handelen naar gelang van de stand waarin hij verschillende voorwerpen aantreft. Hij zal andere meer gespecialiseerde machines bedienen, zoals de stofzuiger of de wasmachine' (geciteerd in Kahn & Wiener, 1968, p. 112). Kahn en Wiener zagen de automatisering van informatieprocessen als de volgende, meer lastige, stap. Ze halen Lipetz (1966) aan, die dacht dat door deze ontwikkelingen 'beginnen de geografische grenzen gesteld door de traditionele informatieopslag en reproductiesystemen, te verdwijnen. In hun plaats verschijnen er uitgestrekte netwerken van communicatiesystemen die de gebruiker verbinden met vele gespecialiseerde en elkaar overlappende verzamelingen' (geciteerd in Kahn & Wiener, 1968, p. 114).

Automatisering van machines en informatie zijn de afgelopen decennia echter niet volgtijdelijk, maar gelijktijdig en vaak hand in hand opgetreden. Dit kan ook vanuit het perspectief van de convergentie van informatietechnologie (IT) met andere technologieën uitgelegd worden. De invloed van IT op verschillende andere technische gebieden – ook wel digitalisering genoemd – wordt vaak aangeduid met de term convergentie. Automatisering van allerlei productieprocessen vraagt om het samengaan van mechanica en elektronica, oftewel mechatronica, de basis van de industriële robots. Het ontstaan van het internet hangt af van het samenkomen van informatie- en communicatietechnologieën; we spreken dan ook van ICT. De hoge verwachtingen van de nieuwe robotica zijn gebaseerd op de convergentie tussen het internet en de robotica die de komende jaren wordt verwacht. De ontwikkeling van de nieuwe robotica wordt dus gedragen door het internet, en verandert dat tevens.

Het afgelopen decennium is het internet in alle haarvaten van de samenleving doorgedrongen. Daar zijn drie technologische trends voor verantwoordelijk (Van 't Hof, Van Est & Daemen, 2010, p. 226-230). De eerste trend is de opkomst van digitale apparaten in de openbare ruimte: van betaalautomaten, camera's, poortjes, navigatiesystemen tot slimme mobieltjes. Digitale convergentie is een tweede trend. Deze trend houdt in dat de netwerken achter de genoemde apparaten steeds meer aan het internet – het net der netten – worden gekoppeld. Ten derde is internet de afgelopen jaren op steeds meer plaatsen beschikbaar, vooral via de smart-

phone. Vanuit dit perspectief zijn servicerobots een nieuw soort slimme apparaten die onze leefwereld zullen gaan bevolken. Enerzijds bouwt de nieuwe robotica voort op de huidige netwerken. Omgekeerd verandert daardoor ook de aard van die netwerken. Dit wordt duidelijk verwoord door de visie op robotica die in Amerika is ontwikkeld: *From internet to robotics* (Asada et al., 2009). Dit geeft ten eerste aan dat de robotica voortbouwt en gebruikmaakt van de bestaande ICT-infrastructuur. Maar daarnaast is de boodschap dat robotica een verdere technische evolutie van de bestaande informatienetwerken inhoudt. Het wereldwijde web wordt uitgebreid met robotica, waardoor het internet 'zintuigen en handen en voeten' krijgt.

### 1.3 Sociaal gezien

In deze verkenning willen we de maatschappelijke betekenis van de robotica voor de komende jaren onderzoeken. Dat doen we door naar robotica-ontwikkelingen op vijf verschillende terreinen te kijken: thuis, zorg, verkeer, de politie en het leger. De centrale insteek is dat het gebruik van robotica op allerlei wijzen deze toepassingsgebieden of sociale praktijken zal beïnvloeden. Op basis van de technische karakteristieken die in de vorige paragraaf zijn beschreven, kunnen we reeds nu al een aantal – deels samenhangende – sociale sleutelkarakteristieken van de moderne servicerobotica benoemen. Dit geeft de lezer een aantal thematische handvatten bij het lezen van de volgende vijf hoofdstukken.

Ten eerste zijn robots een informatietechnologie. Dat betekent dat bekende maatschappelijke issues zoals privacy en de digitale kloof (toegang tot de technologie en computer skills) ook bij robotica een rol spelen. Het feit dat binnen de robotica er grote aandacht is voor het verbeteren van de interface tussen machines en mensen brengt met name op het gebied van privacy nieuwe vragen met zich mee. De visie van *affective computing* kan bijvoorbeeld alleen maar gerealiseerd worden indien wordt toegestaan dat de robot informatie over bijvoorbeeld onze gelaatsuitdrukkingen mag meten en deze mag opslaan.

Ten tweede hebben robots een lichaam. Om de interactie tussen mens en robots te verbeteren worden robots met menselijke of dierlijke verschijningsvormen ontwikkeld. Dit speelt in op het vermogen van de mens om technologie te antropomorfiseren: het vermogen van mensen om aan technologie menselijke eigenschappen toe te dichten. Robotica maakt expliciet gebruik van deze optie. Dit roept de vraag op tussen welke grenzen dit sociaalpsychologische fenomeen gebruikt mag worden. Tot welk niveau willen we de emotionele binding tussen mens en machine inzetten? En hoe zorgen we ervoor dat er geen misbruik gemaakt wordt van



de vertrouwensband die op kunstmatige wijze tussen mens en machine wordt opgebouwd? Sharkey en Sharkey (2010) zien 'belichaming' van de robot als een belangrijke invalshoek voor de verdere ethische analyse van robottechnologieën, en stellen: 'Robots and robotic technology require a new perspective on many ethical issues, because of their embodiment, and their often life-like appearance.'

De robot maakt het voor mensen mogelijk om op afstand te handelen. Deze derde karakteristiek hangt samen met het vorige sociale kenmerk. De robot geeft sociale actoren presentie op een andere plaats. Denk aan de chirurgische robot, die een chirurg in Amerika de mogelijkheid geeft om operaties in bijvoorbeeld Australië uit te voeren, of aan een operator die in Nevada in Amerika de *drones* bestuurt die in Afghanistan rondvliegen. Deze robots bieden dus een vorm van tele-presentie, maar die virtuele aanwezigheid is maar gedeeltelijk en wordt gemedieerd door informatietechnologie. Dit roept de vraag op in hoeverre controle op afstand inderdaad mogelijk is en op welke wijze tele-manipulatie op een verantwoordelijke wijze kan worden georganiseerd. Het veilig gebruik van robotica is binnen dit thema ook een centraal vraagstuk.

De vierde karakteristiek houdt verband met alle voorgaande kenmerken en betreft de mate van autonomie van de robot of, anders gezegd, de mate van controle die door de gebruiker aan de machine wordt gedelegeerd. Een actor kan verschillende taken aan de robot delegeren. Dit roept direct vragen op op het gebied van veiligheid, verantwoordelijkheid en wettelijke aansprakelijkheid. In het uiterste geval kan men robots zelfs autonomie geven. Dit roept de vraag op welke besluiten en handelingen we aan een robotmachine willen overlaten. Willen we besluiten en handelingen met een sterke emotionele of morele dimensie, zoals het doden of verzorgen van mensen, overlaten aan computers? Een centrale vraag is welke positie mensen in de controlehiërarchie dienen in te nemen. Het European Robotics Technology Platform ziet voor robots vooral een ondersteunende functie weggelegd: 'Robots should support, but not replace, human caretakers or teachers and should not imitate human form or behavior' (EUROP, 2009, p. 9). We zullen echter zien dat het Amerikaanse leger daar met betrekking tot militaire robots al anders over denkt.

We zullen ook aandacht besteden aan de wijze waarop robotica zorgt voor verschuivende sociale praktijken. Robotica zorgt niet alleen voor verschuivende professionele rollen, maar vereist vaak tevens aanpassing van de omgeving. Hiervoor gaven we reeds aan dat de industriële robot veelal in een zeer gestructureerde omgeving werkt. Het is belangrijk om te beseffen dat die gestructureerde fabrieksomgeving geen gegeven is, maar het resultaat van menselijk handelen en sociale strijd. De industriële revolutie heeft het ambachtelijke maakproces namelijk radicaal veranderd



door het werk onder te verdelen in kleine deelactiviteiten, die door weinig geschoolde arbeiders uitgevoerd konden worden. Deze verregaande vereenvoudiging en specialisering van het werk was een noodzakelijke voorwaarde voor mechanisering van diverse delen van het productieproces en maakte het in de tweede helft van de vorige eeuw mogelijk om dergelijke activiteiten te automatiseren. In dit boek onderzoeken we in welke mate servicerobots aanpassingen, dat wil zeggen rationalisering, van de omgeving vereisen. Ook kijken we in hoeverre de nieuwe robotica zorgt voor verschuivende professionele rollen. Bij het debat over automatisering van productieprocessen stond het onderwerp werkgelegenheid hoog op de politieke agenda. Gedurende de jaren tachtig verbreedde deze discussie in de richting van de vraag op welke wijze ICT en arbeid zich verhouden. De doorgaande automatisering van de productiesector en de opmars van de robotica in de dienstensector en andere domeinen van het leven maken dit thema weer extra politiek relevant. Waar is er sprake van *de-skilling*, waar verdwijnen taken en waar ontstaan nieuwe beroepen?

Ten slotte brengt robotica ook vragen mee op het gebied van innovatie en natuurlijk maatschappelijke acceptatie. Een terugkerend fenomeen op deze terreinen betreft de zeer hoge verwachtingen die een deel van de AI-/roboticagemeenschap naar voren brengt. Het gaat hier om de hegemonie van de sterke AI-/roboticavisie in de media, die bij mensen soms angstgevoelens kan oproepen. Sommige robottechnologen en -wetenschappers verwachten bijvoorbeeld dat robots snel intelligenter zullen worden dan mensen (Brooks, 2002; Kurzweil, 2005). Kurzweil schetst zelfs een toekomst waar de 'gewone' mens geen plaats meer heeft dan alleen te functioneren als een soort huisdier. De wereld wordt van mensen die hun intelligentie hebben opgevoerd (cyborgs) en van intelligente wezens (robots). Bill Joy, bijgenaamd 'Edison van het internet' vanwege zijn revolutionaire bijdrage aan de ontwikkeling van het internet, ziet deze ontwikkeling met lede ogen aan en schreef er in 2000 een geruchtmakend artikel over, 'Why the future doesn't need us', waarin hij waarschuwt voor de onbeheersbare gevaren van intelligente systemen en dat we onszelf in feite vernietigen als we doorgaan met het verder ontwikkelen van intelligente systemen. Gaat het hier slechts om sterke verhalen en wilde speculaties of moeten we dit soort toekomstvoorspellingen serieus nemen?

## 1.4 Ter verkenning

In de volgende vijf hoofdstukken verkennen we robots binnen vijf belangrijke toepassingsgebieden: thuisrobots, zorgrobots, autorobots, politierobots en militaire robots. Het boek begint dus dicht bij huis en beweegt zich vervolgens steeds verder van onze thuissituatie af. Via de

gezondheidszorg, het verkeer en de politieke praktijk eindigen we op het oorlogsslagveld. Elk hoofdstuk beschrijft de maatschappelijke en ethische vragen die op deze terreinen opdoemen. Op die wijze proberen we stap voor stap zicht te krijgen op de maatschappelijke betekenis van robotica voor de midden en lange termijn en de politieke en bestuurlijke vraagstukken die daarmee samenhangen.

In de volgende vijf hoofdstukken staan steeds de volgende vragen centraal:

- Wat zijn de technische beloften en maatschappelijke verwachtingen van robotica op het betreffende toepassingsgebied? Wat kan er al qua nieuwe robottechnieken en wat wordt mogelijk op korte en middellange termijn?
- Welke maatschappelijke en normatieve vragen doemen volgens experts op voor de kortere en langere termijn?
- Welke reguleringsissues brengen deze maatschappelijke en ethische thema's met zich mee? Oftewel, welke punten dienen publiek bediscussieerd of door politici en beleidsmakers geagendeerd te worden?

Op basis van de conclusies uit de hoofdstukken 2 tot en met 6 wordt in het slothoofdstuk een aantal aanbevelingen voor de politiek en het beleid opgesteld.



## **‘Een slecht opgevoede robot moet worden verschroot’**

Pieter Jonker, hoogleraar Vision-based  
Robotica aan de TU Delft

In een kelder van de TU Delft bouwen jonge onderzoekers robots. Lopende robots, zwemmende robots, grijpende, kijkende en zelfs nieuwsgierig lerende robots. Ze ogen verre van gelikt of mensachtig, eerder als technisch lego, maar toch: hier wordt duidelijk een onderdeel van de toekomst gemonteerd. ‘Over tien jaar hebben we een Tom Poes-robot aan onze zijde’, zegt hoogleraar Pieter Jonker. ‘Niet sterk, maar wel slim.’

‘Robots, of preciezer gezegd servicerobots, zullen voorlopig nog geen benen hebben; ze zullen nog een poos op wielen rijden. Met als gevolg dat ze ook geen trap op kunnen. En voorlopig zullen ze weinig kunnen dóén. Om dingen te kunnen optillen hebben ze nu nog zware motoren nodig. Maar door die zware motoren delen ze ook makkelijk een doodsklap uit. Wat je wilt, is een robotarm die je met weinig inspanning weg kunt duwen, net zoals je een menselijke arm weg kunt duwen, terwijl die arm toch de kracht heeft om dingen te grijpen. Pas als dat lukt, kunnen we veilig met robots leven. Om dat te bereiken, werken we aan robots met veerconstructies – in feite een variant op hoe het menselijk lichaam werkt, met buigende en strekkende spieren.

Dat duurt allemaal nog even, dus ik denk dat we over tien jaar nog maar alleen robots zullen hebben die rond kunnen rijden, de mens vergezellen en als een soort Tom Poes slimme ideeën bedenken: de side-kickrobot. Zonder veel fysieke kracht – hij zal je niet uit bed kunnen tillen, kan hoogstens wat rommel van de grond opruimen – maar wel een handig hulpje. Hij geeft nuttige informatie, waarschijnlijk op basis van een internetverbinding. Het zou zelfs kunnen dat die Tom Poes niet fysiek met ons meerijdt, maar verwerkt zit in een *virtual reality*-bril, die een laagje extra informatie over jouw blik op de werkelijkheid legt. Of misschien ook wel fysiek, maar dan verwerkt in een rollator. Die komt ’s morgens naar je toe rijden als je hem vanuit je bed roept. Ouderen zien dat wel zitten, vaak meer dan het verzorgend personeel, dat bang is dat de sociale contacten van ouderen minder worden. Maar mijn moeder bijvoorbeeld zou het belangrijker vinden dat zo’n robot dingen voor haar doet op momenten dat het háár uitkomt, in plaats van te moeten wachten tot een verzorger tijd heeft. Voor sociale contacten heeft ze vriendinnen.

Een probleem waar we wel nog mee worstelen, is de energievoorziening van robots. Wij mensen zijn geweldig efficiënt, we draaien een ochtend op twee boterhammen met kaas. Een robot kan op een volle accu maar tien

minuten bewegen, of als je een duurdere, betere accu gebruikt misschien een uur. De accu- en brandstofcellentechnologie gaat op dit moment hard vooruit, maar we moeten vooral robotlichamen ontwerpen die energetisch veel efficiënter zijn. De robot staat heel vaak stil en in balans. Voor die balans, tegen de zwaartekracht in, kun je ook deels met veren zorgen, waardoor je lichtere motoren nodig hebt. Maar efficiënte lichamen, die onder alle omstandigheden goed kunnen lopen en zich voortbewegen zoals een mens, dat duurt nog wel een jaar of twintig, denk ik.'

### **Robotschool**

'Wat hard vooruitgaat, is hun intelligentie. Robots kunnen bijvoorbeeld steeds beter overweg met emoties. Ze kunnen die nu al bij mensen waarnemen, maar dat is niet genoeg. Als ik alleen maar mérk dat jij boos bent zonder te snappen waarom, dan ben ik *puzzled*, perplex. De volgende stap is daarom dat emoties in verband gebracht moeten worden met de situatie, zodat de robots adequaat kunnen reageren. Het zou best kunnen dat we er eerder in zullen slagen om robots dat te laten doen dan om hun lichaam veilig en efficiënt te maken. Wij mensen zijn intelligent op allerlei niveaus. Je hebt de reflexen van ons centrale zenuwstelsel die ons behoeden voor allerlei gevaren, er zijn aangeleerde dingen zoals fietsen en autorijden, en we hebben cognitieve vaardigheden, waardoor we snappen wat er om ons heen gebeurt. Zolang de robot een rijdend wagentje is, hoeven we er alleen maar wat reflexen in te programmeren zodat hij nergens tegenaan botst, en hij moet een beetje leren om steeds beter zijn weg te vinden. We werken nu aan een *curious robot*, die al rondrijdend dingen pakt, bekijkt en zonodig een mens vraagt naar het wat, hoe en waarom. Zo leert hij zijn omgeving kennen: wat zijn dat voor dingen en wat is hun functie? Wat er moet gebeuren is dat zo'n robot dus voortaan een bekertje visueel kunnen herkennen, hij moet het kunnen oppakken en hij moet weten dat je er een vloeistof in kunt doen. Hij moet ook de kennis hebben dat je het bekertje niet op de kop hoort te houden omdat de vloeistof er dan uit stroomt, want dat doen vloeistoffen. Dat is een hele klus, maar het is nodig wil een robot ooit veilig en nuttig in de omgeving van de mens kunnen rondlopen. Overigens hoeft hij die kennis alleen op zijn eigen gebied te bezitten: een voetbalrobot moet de buitenspelregels kennen, maar een zorgrobot hoeft dat niet.

Het voordeel van zo'n lerende robot is, dat je niet alles zelf hoeft in te programmeren. Dat zou ook niet kunnen, want hij zal altijd in situaties komen die je niet hebt voorzien. Als jij rijles hebt gehad in een kleine auto en je rijdt dan een keer in een grotere, zul je dat zelf moeten leren. Je maakt misschien een keer een bluts bij het inparkeren, maar na een poosje gaat het goed. In de toekomst zullen robots ook leren doordat ze de resultaten van computersimulaties gedownload krijgen. Dat is vergelijkbaar met naar school gaan. Maar vervolgens moeten ze in de praktijk toch nog oefenen en zo dingen bijleren, net als wij.'

**Jeugdtrauma's**

'Als robots actief worden in de buitenwereld, duikt er een aansprakelijkheidskwestie op: wie is verantwoordelijk als ze schade veroorzaken? Ik zou zeggen: dat is hetzelfde als met huisdieren en, in zekere zin, met auto's. De eigenaar is als eerste verantwoordelijk. Als een hond een kip doodbijt, betaalt de eigenaar de schade. Als een hond een kind doodbijt, wordt hij afgemaakt en de eigenaar gestraft. Een robot die niet deugt, moet worden verschroot. Maar soms zijn honden door de vorige eigenaar verkeerd opgevoed. In de toekomst – over een jaar of veertig – zul je robots hebben die slecht zijn opgevoed, die als het ware jeugdtrauma's hebben. Dan is bij schade dus die eerdere eigenaar eigenlijk verantwoordelijk. In laatste instantie kan de fabrikant verantwoordelijk zijn, als er een productiefout aan het licht komt. Er kunnen softwarefouten in robots zitten die pas onder bepaalde omstandigheden aan het licht komen. Ik herinner me een voetbalrobot die goed functioneerde, maar die in een bepaalde situatie links en rechts verwisselde. Dat bleek een fout heel diep in de programmatuur te zijn, die meestal door zijn gezichtsvermogen overruled werd, maar in deze situatie toevallig niet. Er kan bij iedere software wel iets misgaan, maar juist bij robots spreekt dat nogal tot onze verbeelding. We zien dan meteen een paranoïde krachtpatser voor ons die om zich heen slaat of auto's verwoest. Maar als de computers van het elektriciteitsnet hun werk niet goed doen, zijn we misschien wel méér de klos. Het is net als met het verschil tussen fysiek geweld en witteboordencriminaliteit: fysiek geweld jaagt ons meer angst aan. We zijn dan ook banger voor de gewelddadigheid van een robot dan voor de witteboordencriminaliteit van een computer.'





# Thuisrobot: slaaf of vriend?

## 2.1 Inleiding

Er wordt gezien de media-aandacht veel verwacht van de thuisrobot. Populaire tijdschriften en kranten rapporteren met enige regelmaat al jaren over nieuwe robottoepassingen voor huishelijk gebruik. Kopjes als: 'A robot in every home' (Gates, 2007), 'Uw eigen programmeerbare huisrobot' (Smit, 2004), 'Huisrobot past op de woning' (Steeman, 2002), 'Nooit meer poetsen' (Dasselaar, 2006), 'Hoera, ik heb een oppasrobot' (Van der Heijden, 2008), 'De toekomst in huis' (Harmsen, 2000), 'Robots over de vloer' (Vervaeke, 2006) en 'Robots go home' (Hibbert, 2004) suggereren dat de robot zijn opmars is begonnen en massaal zijn intrede gaat doen in huis. Er zijn ook geluiden die wat minder positief gestemd zijn, en dat ondanks alle technologische ontwikkelingen thuisrobots voorlopig een vrij hoog sciencefictiongehalte zullen blijven houden (Stuurman, 2009).

In dit hoofdstuk onderscheiden we twee typen thuisrobots: (1) de huishoudrobot, die met name functionele taken verricht om mensen saaie klussen uit handen te nemen, en (2) de amusementsrobot, die een sociale en/of fysieke interactie aangaat met de mens. Bij de amusementsrobot maken we een onderscheid tussen de *sociale*-interactierobot en de *fysieke*-interactierobot, zoals de seksrobot.

We zullen in dit hoofdstuk bespreken hoe functioneel de huishoudrobots op dit moment zijn en wat we kunnen verwachten op de korte en middellange termijn (paragraaf 2.2). Ook zullen we de vraag beantwoorden hoe sociaal en/of fysiek interactief amusementsrobots zijn en wat we van deze robots kunnen verwachten op de korte en middellange termijn (paragraaf 2.3).

Vooraf bij de toekomstige ontwikkelingen en verwachtingen van amusementsrobots dringen zich veel ethische kwesties op. In paragraaf 2.4 zullen we deze kwesties inventariseren en proberen we aan te geven wanneer deze kwesties gaan spelen in de samenleving en of ze regulering vereisen.

## 2.2 Functionele huishoudrobots

Volgens sommigen dient zich in de komende jaren een volgende revolutie aan in het huishouden. De statische huishoudapparaten die bediend



moeten worden door de bewoners, zullen verruild worden voor bewegende apparaten die zichzelf besturen: huishoudrobots. Het idee is niet helemaal nieuw en Bill Gates was in 2007 dan ook beslist niet de eerste met zijn leus 'A robot in every home' (Gates, 2007). Ook de Economische Commissie voor Europa liet in 1999 in een rapport over de markt voor service- en industrieroots weten dat robots binnen tien tot vijftien jaar (dus tussen 2009 en 2014) het huishouden zullen veroveren.<sup>1</sup> Vooral van de stofzuigerrobot werd veel verwacht (Van Dijk, 1999).

Hoewel robots het eerst praktisch ingezet werden in de industrie, zijn de vroegste fantasieën over robots hardnekkig verbonden met het delegeren van huishoudelijke taken in ruil voor meer efficiency, tijdwinst en comfort. Dit beeld werd al neergezet bij de introductie van het woord 'robot' in het toneelstuk *Rossums Universal Robots (R.U.R.)* uit 1921 van de Tsjechische schrijver Karl Čapek. Daarin plaatst het bedrijf van Rossum een advertentie met de boodschap dat iedereen zijn eigen robot moet kopen om zijn gemak te vergroten.

In 1964 voorspelde Medith Wooldridge Thring dat rond 1984 een robot zou zijn ontwikkeld die de meeste huishoudelijke taken overneemt:<sup>2</sup>

*'De grote meerderheid van de huisvrouwen zal volledig bevrijd willen worden van het dagelijkse werk in het huishouden, zoals de badkamer dweilen, vloeren schrobben, het fornuis schoonmaken, de was doen, vaten wassen, afstoffen, vegen, bedden opmaken. Verreweg de meest logische stap om onze veelzijdig ingerichte woonhuizen te behouden en toch de huisvrouw van haar vervelende dagtaak af te helpen, is een robot als slaaf aan te schaffen, die op de speciale eisen van een bepaald huis kan worden afgericht en zo kan worden ingesteld dat hij, wanneer de huisvrouw een knop omdraait, een stuk of vijf vaste werkjes verricht (bijv. schrobben, vegen en afstoffen, de afwas doen, tafel dekken, bedden opmaken). Het zal een machine zijn met niet meer gevoelens dan een auto, maar met een geheugen voor opdrachten en een beperkt of ingebracht vermogen om te handelen.'*

De meeste historische huishoudrobotvoorspellingen bleken niet erg toekomstbestendig. Thring meende in 1964 dat een investering van 5 miljoen dollar genoeg zou zijn om binnen tien jaar zo'n huishoudrobot te ontwikkelen. Ondanks een veelvoud aan investeringen is de multifunctionele huishoudrobot nog altijd niet binnen handbereik. Sinds tien jaar hebben de eerste robots hun intrede gedaan in het huishouden, maar ze zijn *monomaan*: gespecialiseerde machines die slecht één taak kunnen uitvoeren. Volgens Bill Gates (2007) staan deze monomane huishoudrobots nu toch echt voor de deur. Volgens de internetberoemdheid maken we op dit moment, net als de pc in de jaren tachtig, een 'technological turning



point' mee waarop robots de huishoudens gaan binnendringen: 'We may be on the verge of a new era, when the PC will get up off the desktop and allow us to see, hear, touch and manipulate objects in places where we are not physically present.'

Op dit moment zijn de stofzuigerrobot en de grasmaaierrobot de twee meest succesvolle huishoudrobots. De meeste bekende merken leveren regelmatig nieuwe en verbeterde modellen van deze robots. Naast deze twee typen robots is de zwembadrobot voor het reinigen van het zwembad ook commercieel verkrijgbaar, maar natuurlijk voor een veel beperktere groep huishoudens interessant. Sinds kort is ook de dweilrobot op de commerciële markt verschenen. Nieuwe toepassingen die in ontwikkeling zijn voor de commerciële markt, zijn robots die de ramen kunnen zemen, kunnen strijken, kunnen opruimen en de was kunnen opvouwen.

In deze paragraaf verstaan we onder huishoudrobots bewegende onbemande systemen die (voor een groot deel) zelfstandig een huishoudelijke taak kunnen verrichten. Domoticoepassingen, zoals intelligente koelkasten die bijvoorbeeld aangeven welke boodschappen gedaan moeten worden, vallen buiten onze definitie, omdat dit geen bewegende systemen zijn. We laten zien dat de opmars van de huishoudrobots geen onverdeeld succes is aan de hand van de introductie van, met name, de meest populaire huishoudrobot, de stofzuigerrobot.

### **2.2.1 De stofzuigerrobot**

Rond 1980 daagde bij robotontwikkelaars het besef dat servicerobots in het huishouden een groot marktpotentieel zouden vormen, ook als er maar een fractie van de huishoudelijke taken zou worden geautomatiseerd. Zij dachten in de eerste plaats aan schoonmaakrobots die vloeren en ramen reinigen. Het heeft nog tot 2002 geduurd voordat de eerste schoonmaakrobot, de stofzuigerrobot, werd geïntroduceerd. Er zat ruim twintig jaar tussen het eerste concept en de marktintroductie, omdat de technische uitdagingen groter bleken dan verwacht (Prassler & Kosuge, 2008).

*Roomba*, een stofzuigerrobot die is ontwikkeld door het bedrijf iRobot, was de eerste huisrobot die commercieel beschikbaar was (zie figuur 2.1). De Roomba is tevens de meest verkochte stofzuigerrobot en is inmiddels al meer dan zes miljoen keer over de toonbank gegaan. Hoewel dit een indrukwekkende hoeveelheid is, wint de stofzuigerrobot het niet van de 'reguliere' stofzuiger. Prassler en Kosuge (2008) schatten de verhouding tussen de verkoop van stofzuigerrobots en de 'reguliere' stofzuiger tussen de 1:40 en 1:400. De auteurs stellen op basis van deze cijfers dat huishoudrobots nog steeds een hoog gadgetgehalte hebben en dat de grote massa nog niet is bereikt.

De stofzuigerrobot bestaat uit twee delen: het basisstation en de robot. Bij het basisstation kan de robot zichzelf opladen. Door een druk op de knop gaat de robot zuigen en zoemt hij de kamer rond. De robot kan ook worden geprogrammeerd wanneer hij moet stofzuigen.



**Figuur 2.1** Roomba, een stofzuigerrobot

Het feit dat de stofzuigerrobot een stofopvangbakje heeft, dat dagelijks geleegd moet worden, geeft aan dat deze robot niet vergeleken kan worden met een 'reguliere' stofzuiger, die een erg krachtige zuigmotor heeft en vele filters. Zeer hoogpolig tapijt of laminaat/parket met groeven is een probleem. De stofzuigerrobot heeft veel te weinig vermogen om 'diep' te zuigen. Daarnaast weigert hij dienst op zwarte vloerbedekking, omdat de afgrondsensoren in de stofzuigerrobot met infrarood-lichtreflectiesensoren werken en op de meeste zwarte vloerbedekkingen geen reflectie ziet.

De meest stofzuigerrobots worden met twee virtuele muren geleverd. Dit zijn kleine kastjes die een infrarode straal geven van ongeveer 2,5 meter; de stofzuiger kan niet door deze 'muren' heen. Hierdoor wordt de stofzuiger weggehouden van bijvoorbeeld snoeren en de voerbakken van huisdieren.

De kosten van een stofzuigerrobot variëren van 300 tot 800 euro.

### 2.2.2 Ervaringen van early adoptors

Uit onderzoek van Sung, Grinter, Christensen & Guo (2008) blijkt dat de mensen die een stofzuigerrobot aanschaffen behoren tot de groep van 'early adopters': de groep nieuwsgierige en relatief hoogopgeleide jonge mensen, en dat het grote publiek nog niet is bereikt. Uit het onderzoek van Sung et al. wordt duidelijk hoe deze 'early adoptors' de stofzuigerrobot ervaren en hoe ze die gebruiken. Over het algemeen zijn ze positief over de robot. De mensen met jonge kinderen en/of huisdieren waren significant positiever. Dit komt door een ander gebruik van de stofzuigerrobot bij hen: de robot helpt kinderen leren kruipen of lopen omdat de kinderen de robot willen volgen, en de robot achtervolgt het huisdier of het huisdier (met name papegaaien) wordt op de robot door de kamer gereden.

Opvallend is dat uit het onderzoek komt dat mensen vaker hun huis poetsen. De reden hiervan is dat de kamer moet worden opgeruimd om het pad vrij te maken voor de stofzuigerrobot. Daarnaast moeten kleine spulletjes, bijvoorbeeld onderdelen van speelgoed, van de vloer worden gehaald omdat anders de robot ze opzuigt. Dat werkt voor de meeste mensen 'ordebevorderend', met als gevolg dat ze ook vaker met de poetsdoek het huis doorlopen. Daarnaast blijft een grote meerderheid de 'reguliere' stofzuiger nog steeds om verschillende redenen gebruiken: omdat de robotversie de vloer toch niet altijd geheel stofvrij maakt en met name dierenharen wel eens achterblijven; omdat men even snel wil schoonmaken; omdat de stofzuigerrobot niet in staat is om trappen, in hoekjes en bij andere moeilijke plekken te zuigen, zoals rondom kabels; en voor het opzuigen van spinnenwebben.

We zien hier eenzelfde tendens als bij de introductie van de 'reguliere' stofzuiger. Daar werd verwacht dat het schoonmaken van de woonhuizen aanzienlijk efficiënter zou kunnen gebeuren, waardoor huisvrouwen meer tijd zouden overhouden voor andere activiteiten. Na verloop van tijd bleek dat door het gebruik van de stofzuiger al snel de normen rondom hygiëne aanzienlijk werden opgeschroefd, waardoor het schoonmaken uiteindelijk meer tijd ging vergen dan vóór het stofzuigertijdperk (Smit & Van Oost, 1999). De huishoudelijke arbeid wordt door de stofzuigerrobot dus niet per definitie lichter, zoals de advertenties ons beloven: 'U bent vrij om altijd van uw vrije tijd te genieten. Geen eentonige en vervelende huishoudelijke klusjes meer.'<sup>3</sup>

In het onderzoek van Sung et al. (2008) kwam naar voren dat bijna alle gebruikers van een stofzuigerrobot wijzigingen aanbrengen in de inrichting van hun huis. Hoe strakker en schaarser een ingericht huishouden is, hoe makkelijker het is om de stofzuigerrobot in te zetten. Dit proces van het rationaliseren van de omgeving zodat de stofzuigerrobot beter zijn werk kan doen, staat bekend als 'roombarization' (Sung, Guo, Grinter

& Christensen, 2007), verwijzend naar de Roomba. Gebruikelijke aanpassingen zijn het opruimen of verstopten van kabels en snoeren, het verwijderen van hoogpolig tapijt, het verwijderen van lichte voorwerpen op de vloer, en het verplaatsen van meubels. Bij de aanschaf van nieuwe meubels of vloeren wordt rekening gehouden met de capaciteiten van de stofzuigerrobot. In de noodzaak van een gestructureerde omgeving schuilt vermoedelijk een remmende factor voor de commerciële opmars van de stofzuigerrobot. Uit techniekhistorisch onderzoek blijkt namelijk dat de interesse voor nieuwe apparaten snel daalt als praktijken te veel aangepast moeten worden (Oldenziel, 2001).

De hiervoor geschetste ervaringen en problemen met de stofzuigerrobot doen zich ook voor bij de grasmaaierrobot en de dweilrobot. Ook daar vindt een vorm van 'roombarization' plaats. Bij de grasmaaierrobot wordt verwacht dat de eigenaar buiten een elektriciteitsaansluiting heeft voor het opladen van de robot, dat het gazon effen is, dat er geen waterpartijen zijn, dat er geen bomen in de tuin staan die vruchten of takken afwerpen omdat de robot hier problemen mee heeft, en dat op het gazon geen spullen staan omdat de grasmaaierrobot veel vaker moet maaien dan een gewone grasmaaier. Daarnaast geldt voor de grasmaaierrobot dat vanwege de veiligheid wordt aangeraden om kinderen niet in de tuin te laten spelen als de robot zijn werk doet, omdat zo'n robot voor speelgoed kan worden aangezien (zie paragraaf 2.4.2 met betrekking tot aansprakelijkheid). Hoewel de grasmaaierrobot maar over een zeer gering vermogen beschikt, kan hij vingers of tenen afsnijden wanneer die in aanraking komen met het mes. Een geïntegreerde beveiliging doet echter het mes wel automatisch tot stilstand komen als de machine wordt opgetild of omgekeerd.

### **2.2.3 Lessen uit de techniekgeschiedenis**

De geschiedenis van huishoudtechnologie maakt duidelijk dat de acceptatie van apparaten niet vanzelfsprekend is en dat technische superioriteit zoals de robottechnologie niet voldoende is om de consument over te halen, maar dat prijs, behoefte en bestaande praktijken bepalen of apparaten worden aangeschaft. Volgens Oldenziel (2001) zal daarom de huishoudrobot een kort leven beschoren zijn.

Vanuit techniekhistorisch onderzoek zijn nog meer argumenten te vinden die Oldenziels voorspelling ondersteunen. De acceptatie van 'nuttige' huishoudelijke apparaten verloopt moeizaam als die apparaten het werk maar gedeeltelijk overnemen. De eerste wasmachines verzorgden maar een deel van het wasproces; ze konden niet spoelen en centrifugereren, waardoor ze niet echt veel voordeel brachten. Hierdoor werden de huishoudens niet verleid om de wasmachine aan te schaffen (Van Dorst & Lintsen, 2005). Dit geldt in feite ook voor de stofzuigerrobot. Het stof-

zuigen wordt maar gedeeltelijk overgenomen. De 'reguliere' stofzuiger blijft nog een onmisbaar apparaat in het huishouden.

Een ander techniekhistorisch argument ten nadele van de stofzuigerrobot is dat apparaten die tijd en arbeid kunnen besparen het afleggen tegen de aanschaf van apparaten voor ontspanning. Zo kochten in de jaren dertig van de vorige eeuw veel huishoudens een radio en hadden dan voor een wasmachine vaak geen geld meer over (Oldenziel & Berendsen, 2001). We zien dit ook gebeuren bij de stofzuigerrobot. Ondanks de crisis investeren mensen massaal in dure spelsystemen voor de ontspanning, zoals de Wii van Nintendo en Xbox 360 van Microsoft. Zo zijn er al ruim 90 miljoen Wii's verkocht sinds de introductie ervan in 2006.<sup>4</sup>

### **2.2.4 Complexiteit van huishoudelijke taken**

Het enorme potentieel voor de verkoop van stofzuigerrobots is op dit moment nog niet waargemaakt en de kans bestaat dat dit ook niet gehaald gaat worden. De conclusie in het *Magazine voor Computertechniek* van een onderzoek waarbij 24 verschillende stofzuigerrobots werden getest, waaronder ook de meest populaire zoals de Roomba, is veelzeggend: 'Economisch gezien is er op dit moment géén overtuigend argument om één van de geteste robots te kopen.'<sup>5</sup>

Andere huishoudrobots die nu ontwikkeld worden – zoals een robot die de ramen kan zemen, een robot die de was kan vouwen, een robot die de kamer opruimt en een robot die de kleren strijkt – zullen, als ze op de markt worden geïntroduceerd, dezelfde problemen ondervinden als de stofzuigerrobot. Zo is sinds kort *Tubie* de strijkrobot verkrijgbaar voor 1000 euro.<sup>6</sup> *Tubie* is in feite een pop waar de consument het kledingstuk overheen trekt. Vervolgens blaast een motortje de pop op, en wordt overal hete lucht door het kledingstuk geblazen. Het duurt ongeveer vijf minuten per kledingstuk voordat het strijkprogramma is afgelopen. Ook hier zien we dat hoewel het strijken wordt overgenomen, we wel constant bij het proces aanwezig moeten zijn om elk kledingstuk over de pop te trekken en het opspannen te begeleiden. *Tubie* neemt de taak dus niet integraal over, en we zijn zelfs langer bezig met de strijk dan wanneer het 'ouderwetse' stoomstrijkijzer wordt gebruikt.

Het blijkt dat huishoudelijke taken zeer complexe beslissingen van een robot vergen, omdat ze te vergelijken zijn met het oplossen van zogenaamde slecht gestructureerde problemen. Bij deze problemen ontbreekt een duidelijk criterium waarmee kan worden nagegaan of een voorgestelde oplossing acceptabel is. Bij een huishoudelijke taak zoeken, ordenen en selecteren we – vaak onbewust – allerlei informatie die van belang is en nemen we op basis daarvan een besluit. Bij het opruimen van de kamer bijvoorbeeld, vinden we allerlei spullen die we al dan niet weg-

gooien of verplaatsen: een legosteentje gooien we terug in de legobak; een kassabonnetje op de grond gooien we niet zomaar weg, maar we kijken eerst of we het nog nodig hebben voor bijvoorbeeld de garantie; losse cd's die slordig op de kast liggen doen we weer netjes in het juiste cd-doosje. Dit zijn allemaal beslissingen die voor een robot (zeker voorlopig) ondoenlijk zijn, maar die noodzakelijk zijn wil een opruimrobot enige verlichting brengen in het huishouden. Om deze beslissingen toch enigszins mogelijk te maken wordt geprobeerd robots slimmer te maken door ze te voorzien van een cognitief controlesysteem. Het internationale robotica-project *Web-enabled and Experience-based Cognitive Robots that Learn Complex Everyday Manipulation* uit 2011,<sup>7</sup> gesubsidieerd door de Europese Commissie, heeft dit als doel. Zo'n cognitief controlesysteem maakt het voor robots mogelijk om informatie die beschikbaar is op internet om te zetten in gedrag. Denk daarbij aan webinstructies, online woordenboeken en online encyclopedieën. Een huishoudrobot kan op die manier – zo is de verwachting – zelfs eenvoudige gerechten leren koken op basis van webrecepten. Daarnaast verschijnen er tal van op robottechnologie gebaseerde 'domotica'-oplossingen (zie hoofdstuk 3) en 'ambient intelligence' (Aarts & Encarnação, 2006),<sup>8</sup> die hun weg vinden naar huishoudens. Er wordt dus veel onderzoek gedaan naar slimmere huishoudrobots, maar tot nu toe stuiten we telkens op het feit dat huishoudelijke taken toch moeilijker zijn dan we oorspronkelijk dachten.

Hoe moeilijk, blijkt wel uit het onderzoek van de Universiteit van Californië in Berkeley dat tot doel heeft een robot te ontwikkelen die de was kan vouwen.<sup>9</sup> Uit dit onderzoek is vooral naar voren gekomen hoe moeilijk het is om op machinale wijze textiel te vouwen. Uiteindelijk is er een robot ontwikkeld die in 25 minuten een handdoek kan opvouwen.<sup>10</sup> Ook voor de eerste prototypen van kookrobots blijkt het breken van een ei in een pannetje al een onoverkomelijk obstakel te vormen. Het vooruitzicht dat we in de nabije toekomst niet meer zelf hoeven te koken is nog zeer ver weg. Toch bestaan er kookrobots in zeer voorgestructureerde omgevingen waarbij het koken is gereduceerd tot enkele basale opeenvolgende handelingen en waar de groenten al zijn voorgesneden en gewassen voor de robot en de ingrediënten al zijn klaargezet in schalen op vaste plekken. Voor een bepaald gerecht zal de robot via voorgeprogrammeerde instructies volgens het recept de benodigde ingrediënten uit de schalen nemen, samenvoegen in een wok of pan en door elkaar roeren. Deze robots zijn niet geschikt voor een ongestructureerde omgeving zoals het huishouden, maar ze zouden wel eens geschikt kunnen zijn voor bijvoorbeeld schoolkantines en militaire kampen, waar het om massaproductie gaat en waar een voorgestructureerde keuken tot de mogelijkheden behoort.<sup>11</sup>

Vanwege de complexiteit van het huishouden zijn huishoudrobots mono-maan: ze kunnen maar een gedeelte van een bepaalde huishoudelijke

taak overnemen. Voor een succesvolle marktintroductie zullen deze robots bepaalde taken volledig moeten kunnen overnemen, waardoor huishoudelijke arbeid daadwerkelijk wordt verlicht. De niet-monomane, wekelijkse werkster zal waarschijnlijk nog lange tijd efficiënter blijven dan een huishoudrobot.

## 2.3 Amusementsrobots

In deze paragraaf staat de interactieve amusementsrobot centraal. In tegenstelling tot de huishoudrobots, die functioneel zijn, gaan amusementsrobots een interactie aan met de mens. Wij maken een onderscheid tussen twee interactieve amusementsrobots: de sociale-interactierobot (paragraaf 2.3.1) en de seksrobot, waarbij de fysieke interactie centraal staat (paragraaf 2.3.2).

De amusementsrobot is in tegenstelling tot de functionele huishoudrobot geënt op het principe van antropomorfisme: het overdragen van menselijke eigenschappen en gedragingen op niet-menselijke subjecten, in ons geval robots. Aangezien gebruikers sterk geneigd zijn tot antropomorfisme, wekken robots al snel gevoelens op (Duffy, 2003). Dit roept allerlei ethische vragen op. Welke invloed hebben amusementsrobots op de verdere ontwikkeling van kinderen en op onze menselijke relaties? In hoeverre mogen gevoelens voor robots fysiek gemaakt worden? Mogen bijvoorbeeld pedofielen wel seks bedrijven met kinderrobots? Zijn robots niet slechts 'simulacra' voor echte sociale interactie? Op deze vragen zullen we in paragraaf 2.4 nader ingaan.

### 2.3.1 Sociale-interactierobots

Waar bij huishoudrobots menselijke, mechanische arbeid wordt gedelegeerd aan robots, geldt dit niet per se voor sociale robots. Delegeren betekent dat het apparaat een activiteit overneemt van de gebruiker. Bij sociale robots wordt eerder een activiteit gedeeld, de interactie is het doel. Sociale robots krijgen weliswaar een 'sociale taak' toebedeeld, maar het doel daarvan is juist om samen met de gebruiker iets te doen en niet om de gebruiker te vervangen. Sociale robots zijn er eerder om hun gebruikers te activeren, te vermaken en te engageren dan hen te ontlasten. Terwijl huishoudrobots zich toeleggen op huishoudelijke taken, gaan amusementsrobots 'sociale interacties' aan met huisbewoners. Een belangrijk ontwerpdoel voor makers van sociale robots is dat zij juist ook op een non-verbaal niveau kunnen communiceren en emoties kunnen overdragen, omdat ze 'embodied' zijn (Breazeal, Takanski & Kobayashi, 2008). Door het 'lichaam' van een robot kan de communicatie sterk worden verruimd: de uitwisseling van boodschappen kan naast taal bijvoorbeeld ook via gebaren en aanraking (warmte en textuur) verlopen, of

door het uitwisselen van gezichtsuitdrukkingen. Door hun mechanische lichaam kunnen robots bovendien de communicatieve functies combineren met het uitvoeren van andere taken, zoals huishoudelijke klusjes, agenda's en boodschappenlijstjes bijhouden, het lezen van nieuwsberichten in de krant, enzovoort. Maar het gedrag van robots kan ook uitsluitend een sociaal doel zoals gezelschap of entertainment hebben. De privéomgeving is volgens de makers het leefgebied bij uitstek voor deze nieuwe sociale robots.

In deze paragraaf zullen we enkele voorbeelden geven van (toekomstige) sociale robots en gaan we na welke maatschappelijke en ethische vragen zich (gaan) opdringen bij de interactie met deze robots. Tot slot gaan we kort in op de toekomstige ontwikkelingen van de sociale robots.

### **Enkele voorbeelden van sociale-interactierobots**

#### *Furby*

De *Furby* (zie figuur 2.2) is ontworpen in Japan door het bedrijf Tiger Electronics en werd in 1998 geïntroduceerd. Vanaf de introductie ontstond er een hype rondom dit intelligente knuffeldier. Binnen een jaar werden er 1,8 miljoen exemplaren verkocht en het jaar daarop 14 miljoen; in totaal zijn er meer dan 40 miljoen Furby's verkocht.<sup>12</sup> In 2005 werd nog een verbeterde Furby geïntroduceerd, maar twee jaar later werd de Furby uit productie genomen. Zoals gebruikelijk met een rage ebde de belangstelling langzaam weer weg en verdwenen de Furby's in de kast of zelfs de vuilnisbak.



**Figuur 2.2** Furby





**Figuur 2.3** Tamagotchi

#### *Tamagotchi*

Met de Furby, een fantasiedier met een hoge aaibaarheidsfactor, werd er voor het eerst een populaire vorm van artificieel leven gecreëerd: hij evolueert en heeft een geheugen voor zijn eigen interactie met zijn eigenaar (De Meyer, 2002). In feite kunnen we de Furby beschouwen als de opvolger van de *Tamagotchi*, het virtuele 'huisdier' waarvoor men kon zorgen (zie figuur 2.3). De Tamagotchi is een eivormig plastic apparaatje dat een kleine computer bevat met een lcd-schermje waarop het 'diertje' wordt weergegeven. Hij werd in 1996 geïntroduceerd en binnen enkele jaren waren er meer dan 40 miljoen exemplaren verkocht.<sup>13</sup> De Furby, een robothuisdier, was de volgende rage, waarbij het virtuele aspect werd belichaamd. Behalve dat de Furby kan reageren op aanrakingen door middel van sensoren, kan hij praten in het Furbish (een taal met een beperkt vocabulaire van 200 korte woorden). Spectaculairder is echter dat hij een vreemde taal kan aanleren door steeds maar nieuwe woorden te produceren. Als sprekend knuffeldiertje speelt de Furby onbewust in op de overtuiging bij zijn baasje dat hij met mensen kan communiceren en emoties kan delen. De Furby is ook enigszins te conditioneren: hoe meer extra knuffels bepaald gedrag oplevert, hoe vaker de Furby dat gedrag zal vertonen. Toch heeft de eigenaar van de Furby hem niet geheel onder controle, omdat hij zo is geprogrammeerd dat hij soms afwijkt van voorstelbare patronen, net zoals mensen doen.

Vanwege het grote succes werden in 1999 de Furbybaby en nieuwe Furby's met andere 'karaktereigenschappen' geïntroduceerd. De tweede generatie Furby werd geïntroduceerd in oktober 2005. Deze nieuwe generatie kan via het gezicht meer emoties uitdrukken, beschikt over spraakherkenningstechnologie en technologie die hem in staat stelt ademhaling te simuleren.<sup>14</sup> Zoals gezegd, werd de Furby in 2007 uit productie genomen.

#### *AIBO*<sup>15</sup>

*AIBO* is een gezelschapsrobot in de vorm van een hondje, ontwikkeld door Sony en sinds 1999 op de markt (zie figuur 2.4). *AIBO* staat voor *Artificial Intelligence roBOT* en is tevens het Japanse woord voor vriend of maat. Vanwege de hoge prijs – ruim 2000 euro<sup>16</sup> – zijn er maar weinig exemplaren van verkocht, in totaal zo'n 150.000. In 2006 is de robothond uit productie genomen omdat het geen winstgevend product was.<sup>17</sup>



**Figuur 2.4** Robothonkje AIBO

De robothond kan redelijk vloeiend, maar langzaam, bewegen en kent allerlei trucjes en dansjes. Hij kan ook zes emoties uitbeelden: verrassing, blijheid, ontevredenheid, boosheid, verdriet en angst. AIBO heeft een aantal 'instincten' meegekregen: nieuwsgierigheid, honger (batterij opladen), slaap, liefde en drukte door extra veel beweging. Daarnaast kan hij spelen met bijvoorbeeld een bal; hij ziet de felgekleurde bal via de kleurencamera in zijn neus. De AIBO is net als de Furby te conditioneren.

De AIBO werd steeds geavanceerder. Latere AIBO's werden voorzien van spraakherkenning, synthetische spraak, een ingebouwde camera en meer en betere aanraakgevoelige sensoren. Verder reageerden ze op

steeds meer commando's (de laatste versie op meer dan honderd commando's) en konden ze zelf hun laadstation opzoeken.

De mensachtige variant van AIBO, de QRIO, kan rennen, lopen, dansen en springen en heeft handen met vingers waarmee hij een balletje over de afstand van anderhalve meter kan weggooien of een vlaggetje kan vasthouden als hij staat te dansen. De QRIO heeft de markt echter niet gehaald en is door Sony uit productie genomen vanwege de kosten en de verwachting dat dit product niet winstgevend zal zijn.

De AIBO is veel gebruikt voor onderzoek naar mens-robotinteractie en wordt ook ingezet als platform voor allerlei roboticaexperimenten. Een voorbeeld hiervan is de inzet van deze roboto Hondjes bij de RoboCup, een internationale voetbalcompetitie voor robots. De organisatie van RoboCup heeft als streven om in 2050 een team van robots te hebben dat in staat is de FIFA-wereldkampioen te verslaan.

#### *PaPeRo*<sup>28</sup>

*PaPeRo* staat voor *Partner-type-Personal-Robot* en is een 40 centimeter hoge communicatierobot die vanaf 1997 is ontwikkeld door het Japanse bedrijf NEC (zie figuur 2.5). De robot is (nog) niet te koop. Hij wordt gebruikt voor onderzoeksdoeleinden op het gebied van mens-robotinteractie.



**Figuur 2.5** Communicatierobot PaPeRo

De PaPeRo kan spraak herkennen, eenvoudige zinnen spreken met een natuurlijke stem, gezichten herkennen, zijn gezicht richten naar degene met wie hij communiceert en op aanrakingen reageren. Hij kan zich ook voortbewegen zonder in botsing te komen met obstakels, en hij zoekt zelf zijn weg naar het oplaadstation. Naast deze functies heeft de PaPeRo nog andere functionaliteiten die hem onderscheidt van speelgoedrobots zoals de AIBO en de Furby. Zo kan hij dansen, raadsels vertellen, de krant voorlezen, een quiz spelen, enzovoort. Hij kan ook boodschappen overbrengen. Wanneer iemand een bericht achterlaat voor een bepaald persoon, kan PaPeRo met behulp van gezichtsherkenningstechnologie de boodschap aan de juiste persoon overbrengen.

Daarnaast is PaPeRo draadloos verbonden met het internet. Zo kan deze robot bepaalde informatie van het internet halen en die doorgeven aan degene die iets wil weten. Als iemand hem naar het weer of de horoscoop vraagt, zal hij verbinding maken met het internet en de vraag beantwoorden. Een toepassing waaraan de ontwikkelaars denken is het oppassen op kinderen. De 'ChildCare'-versie is in 2003 ontwikkeld en verder verbeterd in 2005. Deze versie houdt de kinderen bezig met leerzame quizjes en verrast hen met vreemde uitspraken, maakt grapjes of doet een dansje als hij geaaid wordt. Ouders kunnen op afstand PaPeRo bellen en de kinderen via zijn ogen zien en toespreken.

De kostprijs van een PaPeRo bedraagt zo'n 40.000 euro. Het zal dus waarschijnlijk nog een tijdje duren alvorens deze robot geschikt is voor de commerciële markt.

Op dit moment zijn de populairste speelgoedrobots die te koop zijn Pleo en My Keepon. *Pleo*<sup>19</sup> is een 50 centimeter lange dinosaurus, in feite een vereenvoudigde versie van AIBO. Toch zal de prijs – ruim 300 euro – nog veel consumenten afschrikken. *My Keepon*<sup>20</sup> is een kleine gele dansrobot die kan dansen op het ritme van de muziek. Verder reageert hij op aanraking via allerlei geluidjes. Hoewel deze robot is ontwikkeld vanuit Japans-Amerikaans autismeonderzoek als hulp bij het socialiseren van autistische kinderen (zie bijvoorbeeld Kozima, Nakagawa & Yasuda, 2007), is hij bij het grote publiek enorm populair geworden. Voor een prijs van ongeveer 50 euro is hij minder interactief dan andere speelgoedrobots, maar wel betaalbaar voor het grote publiek.

Hoewel de hiervoor genoemde robots een vorm van interactie aangaan, is die interactie nog zeer beperkt. Zo communiceren zelfs de meest geavanceerde sociale robots op een heel primitief niveau en is de voorspelbaarheid van hun reactie erg groot. Hierdoor worden de consumenten niet lang geboeid en laten zij de sociale robots links liggen als de nieuwigheid er eenmaal af is. Het kortstondige succes van de robotgadgets Furby en AIBO zijn hier voorbeelden van.

## Kader 2.1      Het lichaam van de robot

De sociale-interactierobots hebben één opmerkelijk ding gemeen en dat is dat ze qua uiterlijk in de verste verte niet op de mens lijken. Ze stralen meestal kinderlijke of abstracte levensvormen uit. Bij de meeste ontwerpers van sociale robots gaat het om een of andere vorm van communicatie via verbale en non-verbale middelen, waarbij de verschijningsvorm van de robot er minder toe doet. Volgens Fong, Nourbakhsh & Dautenhahn (2003) hoeven sociale robots niet op een mens of een dier te lijken. Ze moeten wel zo gemaakt zijn dat gebruikers zich uitgedaagd voelen om met ze in interactie te gaan. Ervaring van 'echtheid' is echter wel belangrijk. Het zeehondje Paro (zie hoofdstuk 3) bijvoorbeeld, werd pas een succes toen het ontwerp werd aangepast. Paro was in eerste instantie ontwikkeld als een poes, maar uit de eerste testresultaten bleek dat mensen dit poesje niet 'echt' genoeg vonden reageren. Door Paro te herontwerpen naar het model van een zeehond, waarvan de meesten van ons nooit een echt exemplaar op schoot hebben gehad, werd de robot wel als 'echt' beleefd.

Echter, uit onderzoek blijkt dat alleen robots die echt op een mens lijken, de zogenaamde androïden, reacties bij mensen teweegbrengen zoals mensen op elkaar reageren (Minato et al., 2004). Daarnaast speelt ook dat naarmate robots menselijker lijken, ons gevoel van vertrouwdheid toeneemt, waardoor de omgang vergemakkelijkt wordt en mensen langer geboeid blijven. De robot die daarentegen bijna maar net niet helemaal op een mens lijkt, stoot ons af alsof we naar een zombie kijken. Dit wordt aangeduid met de term *uncanny valley* (Mori, 1970). De grens van de *uncanny valley* is inmiddels met succes overschreden door een Japanse onderzoeksgroep onder leiding van professor Hiroshi Ishiguro (MacDorman & Ishiguro, 2006). Deze onderzoeksgroep ontwikkelde *Repliee Q2*,<sup>21</sup> een van de meest geavanceerde robots van het moment (zie figuur 2.6). Het is een vrouwelijke androïde. Haar huid is gemaakt van zachte siliconen, ze knippert met haar ogen en het lijkt zelfs of ze ademt. Ze vertoont ook onbewuste menselijke bewegingen, zoals eventjes geeuwen. Via lipsynchronisatie lijkt het alsof ze echt spreekt. Ze kan echter alleen opgenomen berichtjes reciteren. Ze kan niet reageren op enig signaal, waardoor er geen sociale interactie kan plaatsvinden. Op dit moment zijn de onderzoekers bezig om haar zo natuurlijk (menselijk) mogelijk te laten lopen. Dit blijkt geen eenvoudig proces te zijn en vergt nog jaren onderzoek (Wairatpanij, Patel, Cravens & MacDorman, 2009).



**Figuur 2.6** Vrouwelijke androïde Repliee Q2

Deze robot wordt gebruikt voor onderzoek naar menselijk gedrag: welke gebaren en gelaatsbewegingen zijn minimaal nodig om bij mensen de impressie te wekken dat het om een 'echt mens' gaat? De uitdaging van de onderzoekers is om uiteindelijk een androïde te maken die qua uiterlijk, bewegingen en gebaren niet meer te onderscheiden is van een mens. In een interview blijkt dat Ishiguro zich geen illusies maakt over de nabije toekomst, want in een interview zegt hij dat we misschien pas over dertig jaar in staat zijn sociale androïden in te zetten voor specifieke toepassingen, zoals receptioniste, gids en dergelijke. Over een androïde die echt niet meer te onderscheiden is van de mens qua uiterlijk en gedrag is hij zeer sceptisch: hij verwacht dat over pas honderd jaar zo'n robot tot de mogelijkheden behoort (Epstein, 2006).

### 2.3.2 Fysieke-interactierobots

Bij de robots in de vorige paragraaf stond het vermaak centraal: robots die mensen uitnodigen hen iets te leren of robots die verzorgend gedrag uitlokken. In deze paragraaf bespreken we een ander type amusements-robot, de seksrobot, waarbij intieme fysieke interactie tussen mens en machine centraal staat.

In 2007 promoveerde de 62-jarige Schotse schaakmeester David Levy uit Londen op het proefschrift *Intimate relationships with artificial partners*, met als onderwerp de liefde en seks tussen mens en robot. Hij deed dat in Maastricht, omdat het onderwerp in Groot-Brittannië taboe is. In zijn proefschrift en de commerciële uitgave *Love + sex with robots* stelt Levy dat in 2050 het heel normaal zal zijn dat mensen en robots in het huwelijksbootje stappen. Levy verwacht ook dat binnen enkele jaren de eerste seksrobots op de markt worden geïntroduceerd en dat seks met een robot onvermijdelijk een populaire menselijke activiteit wordt. De eerste voorspelling is reeds uitgekomen, want de seksrobots zijn inmiddels via

internet verkrijgbaar. In januari 2010 is op de AVN Adult Entertainment Expo in Las Vegas de eerste vrouwelijke seksrobot voorgesteld die zelfs kan praten: *Roxxy* (zie figuur 2.7).<sup>22</sup>



**Figuur 2.7** Seksrobot Roxxy

Roxxy is 1,70 meter lang, weegt 55 kilo (de nieuwere wegen rond de 25 kilo) en bestaat uit vijf 'persoonlijkheden': de extravagante en avontuurlijke Wild Wendy, de zeer gereserveerde, verlegen Frigid Farah, de bemoederende Mature Martha, SM-Susan en de onervaren Yoko. Consumenten kunnen de seksrobot verder zelf 'customizen' wat betreft huidskleur, haarkleur, kapsel en borstomvang. De anatomisch correcte Roxxy heeft een synthetische huid, heeft een hartslag, kan bewegen en reageert op aanrakingen. Daarnaast kan ze eenvoudige gesprekjes voeren, die zo geprogrammeerd kunnen worden dat ze communiceert over zaken die de consument leuk vindt.<sup>23</sup>



Roxxy heeft strategisch geplaatste sensoren die er bijvoorbeeld voor zorgen dat ze reageert op je aanraking. De robot is draadloos verbonden met het internet voor updates, IT-support en om haar gebruiker e-mailtjes te kunnen sturen. Via de computer die erbij geleverd wordt, kan men via het internet updates ontvangen over hoe voor Roxxy te zorgen en hoe haar 'kunnen' en vocabulaire bij te schaven. Roxxy is bedoeld om mensen en koppels te helpen hun seksleven te verbeteren. De robot biedt ook gezelschap en onvoorwaardelijke liefde aan eenzame mensen of aan wie zijn fantasieën werkelijkheid wil laten worden. De uitvinder van Roxxy, Douglas Hines van het bedrijf TrueCompanion, wilde een pop maken waarmee de eigenaar kon praten en een band opbouwen. Maar waar echte liefde gratis is, moet je voor de seksrobot zo'n 5000 euro betalen.

Ook aan vrouwen is gedacht: een mannelijke versie van de robot, genaamd Rocky, is reeds in ontwikkeling.

#### *Acceptatie van seksrobots*

De vraag naar seksrobots zal waarschijnlijk op korte termijn gering zijn vanwege de (nu nog hoge) prijs. Levy (2007b) verwacht dan ook dat de seksrobot binnenkort wordt geïntroduceerd in de prostitutie-industrie, omdat het huren van een seksrobot voor de meeste mensen de enige mogelijkheid is als ze ermee willen experimenteren. Het verwachte grote succes van de seksrobot leidt Levy af uit de eerdere successen van (het huren van) sekspoppen in Japan en Korea. Vooral in Zuid-Korea zijn sekspopborden een grote hit, stelt Levy, omdat daar (menselijke) prostitutie verboden is. Een uurtje met een pop kost zo'n 20 euro per uur. Levy concludeert hieruit dat als het huren van sekspoppen succesvol kan zijn, dat zeker moet gelden voor seksrobots. Ook Ian Yeoman, futuroloog in de toeristische en recreatieve sector, voorspelt dat de prostitutierobot zijn intrede zal gaan doen.<sup>24</sup> In reactie op dit toekomstperspectief ziet Amanda Koer robots zelfs als perfecte prostituees, maar ze plaatst er wel een kanttekening bij: 'In a way, robots would be the perfect prostitutes. They have no shame, feel no pain, and have no emotional or physical fall-out from the trauma which prostitution often causes. As machines, they can't be victims of human trafficking. It would certainly end the prostitution/human trafficking debate. But despite all the arguments I can think of for this being a good idea, I've gotta admit it creeps me out a little bit. Have we devalued sex so much that it doesn't even matter if what we have sex with isn't human? Has the commercial sex industry made sex so mechanical that it will inevitably become (...) mechanical?'<sup>25</sup>

Na de eerste introductie in de prostitutie-industrie zal de prijs van seksrobots sterker dalen en beschikbaar worden voor een groter publiek. In een interview in het tijdschrift Scientific American (Choi, 2008) merkt



Levy op dat het beter is een robot te vinden die claimt en doet of hij van je houdt dan geen partner te hebben en alleen, treurig en ellendig te zijn. Volgens Levy is dit geen onwaarschijnlijk toekomstbeeld. Er zijn genoeg mannen die liefde en seks met een robot verkiezen boven een eenzaam bestaan, voorspelt Levy. Volgens hem zal in 2050 seks en liefde tussen mens en robot volkomen normaal zijn.

De acceptatie van nieuwe technologieën, zoals internet, videorecorders, kabel-tv en cd-roms wordt vaak versneld door toepassingen in de seksindustrie. Zo heeft de porno-industrie de videorecorders tot een groot succes gemaakt (Johnson, 1996). De porno-industrie eigende zich deze technologie toe, als een middel om pornofilms bij de mensen thuis te brengen. Seksrobots zouden ook wel eens de motor kunnen worden van de verdere ontwikkeling van sociale interactieve androïden en een groeiende acceptatie van sociale androïden met meerdere functionaliteiten, zoals het oppassen op de kinderen, het bijhouden van agenda's en boodschappenlijstjes, het geven van bepaalde informatie via een internetverbinding, enzovoort.

### **2.3.3 Mens-robotinteractie**

Hoewel de sociale interactie tussen huidige sociale robots en mensen dus erg beperkt is, motiveert het onderzoekers om deze interactie efficiënter en effectiever te laten verlopen (Breazeal, 2003; Heerink, Kröse, Wielinga & Evers, 2009). Er ontbreekt niet alleen nog veel kennis over de mechanismen die communicatie tussen mensen en robots aanmoedigt, maar ook over het gedrag dat tussen mensen en robots ontstaat, en zelfs over hoe de interactie tussen mensen onderling precies werkt. Deze kennis is cruciaal voor het ontwerpen, want met een geslaagde interactie staat of valt het succes van de sociale robot (Breazeal et al., 2008; Dautenhahn, 1995). Het onderzoek staat nog in de kinderschoenen en wordt bestudeerd in de discipline *mens-robotinteractie* (MRI). Door de rijkdom en meerduidigheid van menselijke taal en gedrag en door de complexiteit van sociale praktijken stelt het ontwerpen van sociale robots onderzoekers voor grote technische uitdagingen. Er zijn vele grote en kleinere ontwerpvragestukken om interactie tussen robot en mens te faciliteren. Hoe kan een robot de aandacht trekken van de menselijke gebruiker, of andersom? Hoe valt te reguleren dat robot en menselijke gebruiker om en om kunnen spreken, zoals in een conversatie? Hoe kunnen mens en robot wederzijds oogcontact maken in face-to-face-conversatie, als teken dat het gesprek kan beginnen? Hoe kan een robot uit de intonatie van een mens opmaken of het om een vraag gaat? Hoe kan een robot onderscheid maken tussen verschillende vormen van aanraken, zoals slaan, duwen en aaien, en daar adequaat op reageren (met een geluid)? Over al deze subtiele aspecten van interactie houdt de discipline MRI zich bezig.<sup>26</sup>

Volgens deskundigen op het gebied van kunstmatige intelligentie zou de interactie tussen machine en mens in grote mate vereenvoudigd worden als de machine kan beschikken over natuurlijke taal (Gardner, Kornhaber & Wake, 1996). Daarbij stelde Turing (1950) al dat natuurlijke taal een van de meest essentiële kenmerken van intelligentie is. De (nog steeds) beroemdste chatbox is *Eliza*, in 1966 ontwikkeld door Joseph Weizenbaum. Het computerprogramma voerde gesprekken met mensen, waarbij het de rol van een rogeriaanse psychotherapeut aannam (Weizenbaum, 1966). Gesprekspartners van *Eliza* hadden vaak niet door dat ze in contact stonden met een computer in plaats van een mens. Toch kunnen we *Eliza* niet intelligent noemen. Een gesprek met *Eliza* neemt een belachelijke wending zodra het gespreksonderwerp buiten het domein van *Eliza* valt, omdat de zinsconstructies gebaseerd zijn op vaste regels voor transformatie (Gardner et al., 1996). Het gebruik van natuurlijke taal alléén blijkt niet voldoende te zijn voor een machine die het predicaat intelligent wil verdienen. Daarvoor moeten machines kunnen associëren en beschikken over 'common sense', waardoor bijvoorbeeld mensen aan een half woord vaak genoeg hebben. Dit blijkt momenteel nog erg moeilijk te zijn voor machines. Oplossingen worden bijvoorbeeld gezocht in onder andere de neurowetenschap, waar onderzoek wordt gedaan naar de notie van leren. Het idee hierachter is om een machine van de grond af aan een taal te laten ontwikkelen zoals wij mensen dat doen via de evolutietheorie (zie bijvoorbeeld Marocco & Nolfi, 2006). Ondanks deze pogingen boekt de communicatie via natuurlijke taal met machines, en dus ook robots, tot nu toe slechts moeizaam vooruitgang.

De waarde van communicatie met robots zit niet alleen in de taal, maar ook in bijvoorbeeld het uitwisselen van gezichtsuitdrukkingen en het laten zien van emoties. Een van de speerpunten van de MRI-discipline is het implementeren van emotionele vaardigheden bij robots, wat vereist is voor een efficiënte interactie (De Mul, 2011). In haar boek *Affective computing* stelt Rosalind Picard (1997) dat drie emotionele vermogens een rol spelen bij emoties: het kunnen *herkennen* van de emoties van anderen, het kunnen *uitdrukken* van de eigen emoties en het daadwerkelijk *hebben* van emoties. De bekendste onderzoeker op dit gebied is de Amerikaanse MRI-deskundige Cynthia Breazeal. Zij experimenteert met een 'empathische' robot, *Kismet*, die met behulp van zijn ogen, mond, oren en wenkbrauwen allerlei emoties kan uitdrukken en daar ook naar handelt. Het resultaat van dit onderzoek vinden we bijvoorbeeld terug in AIBO en PaPeRo. *Kismet* kan ook ten dele emoties herkennen, maar de herkenning van het volledige scala van menselijke emoties ligt nog ver buiten bereik. De reactie van *Kismet* op de emoties van een mens berust op een spiegelmechanisme: wanneer de ene mens lacht, wordt het gevoel dat hoort bij het lachen ook bij de ander opgewekt (Breazeal et al., 2008). Hoewel dit onderzoek zich nog in een experimentele fase bevindt, lijkt

het in de toekomst technisch mogelijk dat een robot kan reageren op een bepaalde emotie die hij herkent. Het derde vermogen, het daadwerkelijk hebben van emoties, ligt nog ver voor ons en is voer voor filosofen: is een robot ooit in staat om emoties te ervaren? Echter, voor de sociale interactie tussen robots en mensen is de vraag irrelevant, omdat het hebben van emoties ook kan worden gesimuleerd, zoals bij de robot Kismet. Brian Duffy noemt het goed simuleren van emoties 'the power of the fake' (Duffy, 2006). Toch roept dit bij sommige ethici bedenkingen op.

Nog een stap verder is dat we vriendschappen en eventueel zelfs relaties sluiten met een androïde (de tweede voorspelling van Levy). Volgens Levy (2007a) vereist dit wel nog een aantal technologische doorbraken, vooral op het gebied van MRI en het voeren van conversaties. Binnen de MRI is de mogelijkheid van vriendschap met een robot een soort wetenschappelijk einddoel: 'At the pinnacle of achievement, they could befriend us, as we could them' (Breazeal, 2003). De vraag die zich opdringt is of een dergelijke vriendschappelijke wederkerigheid tussen mens en robot tot de mogelijkheden behoort. Volgens Dylan Evans (2010) is echte vriendschap tussen robot en mens onmogelijk. Cruciaal voor het gevoel van vriendschap is dat die vriendschap niet onvoorwaardelijk is. Intieme vriendschap is een soort paradox: enerzijds willen we dat een vriend betrouwbaar is en ons niet in de steek laat, maar anderzijds willen we geen absolute devotie van die vriend omdat we dan alle interesse verliezen. Daarnaast stelt Evans dat we pas echt kunnen geven om een robot als de robot kan lijden. Als robots geen pijn kunnen hebben, gaan we ze gewoon als pop beschouwen. Dit roept weer verdere ethische vragen op, zoals of we robots mogen ontwikkelen die kunnen lijden en of we robots rechten moeten toekennen (zie Levy, 2009).

## **2.4 Ethische en juridische kwesties**

### **2.4.1 Huishoudrobots**

De inzet van huishoudrobots roept geen prangende ethische vragen op. Op korte termijn spelen veiligheidskwesties een belangrijke rol bij de inzet van deze apparaten in het huishouden: het ontwikkelen van robuuste apparaten die 'mensen niet voor de voeten lopen' en waarbij risico's op ongelukken zo veel mogelijk worden vermeden. Bovendien blijken huishoudrobots de dagelijkse routineklussen niet geheel uit handen te nemen. Zoals de stofzuiger- en strijkrobot lieten zien veranderen taken en worden er slechts delen van stofzuigen en strijken overgenomen. De verwachting dat een robot het huishouden voor ons doet, is op korte termijn niet waar te maken. Het huishouden blijkt complexer dan gedacht en de technologie heeft nog genoeg uitdagingen om een robot te ontwikkelen die zelfstandig kan strijken en vouwen.

### 2.4.2 Amusementsrobots

#### **Desocialisatie**

We zijn weliswaar gewend dat apparaten menselijke taken kunnen overnemen, maar tot dusverre leek het alleen voorbehouden aan mensen, en aan sommige dieren, om zich uit te drukken en emoties te laten zien. Mensen dichten robots een psychologische status toe, en zelfs een morele, die we voorheen alleen aan levende wezens toekenden (Melson, Kahn, Beck & Friedman, 2009). Uit onderzoek blijkt dat jonge kinderen zich veel sterker hechten aan speelgoedrobots dan aan poppen of teddyberen, en ze als vriendje beschouwen (Tanaka, Cicourel & Movellan, 2007). Hierbij spelen vragen als het effect op bijvoorbeeld de sociale ontwikkeling van kinderen als kinderen vaak in contact komen met sociale robots. De Britse robottechnologen Noel en Amanda Sharkey (2010) zetten hun vraagtekens vooral bij oppasrobots voor kinderen, waarvan zij denken dat deze de emotionele en sociale ontwikkeling zullen beschadigen en tot bindingsproblemen van de kinderen zullen leiden. Eerder al uitte de ethicus Robert Sparrow (2002) zijn zorgen dat speelgoedrobots 'simulacra' zullen blijven voor echte sociale interactie. Sociale robots beloven impliciet een emotionele band, die ze echter nooit kunnen geven. Door robots getoonde emoties zijn immers alleen maar imitaties, en daarin schuilt volgens Sparrow het gevaar: 'imitation is likely to involve the real ethical danger that we will mistake our creations for what they are not' (p. 317). De Amerikaanse techniekpsychologe Sherry Turkle (2011) vindt de opmars van de robot voor sociale doelen een zorgelijke ontwikkeling en vreest dat mensen hun sociale competenties zullen verliezen en nog eenzamer worden. Zo is zij bevreesd dat kinderen gewend raken aan perfecte vriendschappen met perfect geprogrammeerde robots, waardoor kinderen niet meer leren om te gaan met andere mensen met al hun problemen en onhebbelijkheden. Het blijven speculaties, want er is nauwelijks onderzoek gedaan naar de werkelijke gevolgen van het effect van sociale robots op kinderen en volwassenen (Tanaka & Kimura, 2009). Daarnaast ziet Turkle (2011) de seksrobot als symbool van een groot gevaar, namelijk dat de invloed van robots ons niet genegen maakt om in een relatie de energie te stoppen die vereist is voor menselijke relaties: 'Dependence on a robot presents itself as risk free. But when one becomes accustomed to "companionship" without demands, life with people may seem overwhelming. Dependence on a person is risky – because it makes us subject of rejection – but it also opens us to deeply knowing another'. Anders dan Levy stelt zij dat de inzet van seksrobots eerder leidt tot desocialisatie dan socialisatie.

#### **Nature deficit disorder**

Een verdere introductie van speelgoedrobots zou in de toekomst ten koste kunnen gaan van het huisdier. Melson et al. (2009) stellen dat dit

misschien zou kunnen leiden tot 'nature deficit disorder', een ziekte die wordt veroorzaakt door een gebrek aan natuur, waarvoor Richard Louv de mensheid in 2005 heeft gewaarschuwd. Kinderen gaan door de robotica de natuur steeds meer zien als een abstractie en niet meer als een realiteit. Volgens Louv is contact met de werkelijke natuur essentieel voor de ontwikkeling van kinderen.

Sommige onderzoekers beweren dat er sprake is van een nieuwe, ontologische categorie artefacten die het traditionele onderscheid tussen de levende en niet-levende natuur tarten (Kahn, 2006).

### **Rechtssubjectiviteit, aansprakelijkheid en rechtshandelingen**

Wat de juridische aspecten van het gebruik van robots betreft is de mate van autonomie van een robot van invloed op de uitkomst van een door de robot uitgevoerde handeling en de mogelijke rechtsgevolgen daarvan. Schermer, Durinck & Bijmans (2005) zien geen juridische obstakels voor de rechtssubjectiviteit, aansprakelijkheid en rechtshandelingen zolang de robot – al dan niet autonoom – handelt binnen door de gebruiker aangegeven grenzen. De kans op onverwachte en voor de gebruiker onvoorziene situaties is in theorie aanwezig, maar zolang de robot binnen de aangegeven grenzen blijft zal er niet snel een discrepantie bestaan tussen de wil van de gebruiker en de handeling van de robot. Volgens Schermer en collega's ligt het voor de hand de robot dan te beschouwen als een stuk gereedschap. Dit heeft als consequentie dat het wilsbesluit en de verantwoordelijkheid altijd bij de gebruiker liggen. De robots in dit hoofdstuk vallen onder het type dat kan worden beschouwd als gereedschap.

Dit verandert als de robot volledig zelfstandig handelingen uitvoert en beslissingen neemt. Dan worden de vragen over rechtssubjectiviteit, aansprakelijkheid en rechtshandelingen wel relevant, omdat de robot dan kan opereren buiten de wil van een gebruiker om. De robots in dit hoofdstuk hebben deze status nog lang niet bereikt, en het lijkt nog tientallen jaren te duren alvorens hiervan sprake zou kunnen zijn (zie hierover Richards, 2002). Het heeft dan ook weinig zin om hier juridische uitspraken over te doen, omdat dergelijke uitspraken enkel gestoeld zijn op verwachtingen over de ontwikkeling van robottechnologie en niet op concrete juridische vraagstukken (Schermer et al., 2005).

### **De voordelen van seksrobots**

Volgens Levy (2007a) zal de seksrobot in de nabije toekomst een betere minnaar worden dan de mens. In de toekomst kunnen seksrobot gestopt worden met alle mogelijke informatie op het gebied van seks en liefde, of gekoppeld worden aan het internet voor een oneindige hoeveelheid informatie over liefde, seks en porno. Sterker nog, de seksrobot kan zo geprogrammeerd worden als de gebruiker zelf wilt: eigenwijs, meegaand of verlegen. Een groot voordeel is dat de seksrobot mensen

de kunst van het bedrijven van de liefde kan bijbrengen, zodat mannen die onzeker zijn over hun prestaties in bed onbepaald privélessen kunnen volgen van hun seksrobotleraar. Het tweede voordeel dat Levy noemt is dat veel relaties die te lijden hebben van een uitgeblust seksleven, gered worden omdat niemand meer wordt geconfronteerd met slechte of middelmatige seks. Ook een voordeel is dat mensen die nog onzeker zijn over hun eigen geaardheid, eenvoudig kunnen experimenteren met mannelijke en vrouwelijke seksrobots. De mogelijkheid tot het hebben van seks met robots zal een grote reductie van vreemdgaan en overspel opleveren. De vraag is echter of robotseks gezien wordt als ontrouw, of dat robotseks net zo onschuldig wordt als tegenwoordig het gebruik van een vibrator (Maines, 1999). In sommige gevallen kunnen deze robots het verlangen van mensen naar illegale sekspraktijken, zoals pedofilie, bevredigen en eventueel ingezet worden in een therapie om de onderliggende problematiek te verhelpen.

Ook voor de gehele samenleving bieden seksrobots voordelen. Volgens Levy zullen er minder gevallen van ongewenste zwangerschappen, soa's en aids voorkomen. Seksrobots kunnen ook een einde maken aan het grote probleem van seksslavernij en vrouwenhandel. Dat dit probleem groot is, blijkt wel uit de schattingen van politie en het Openbaar Ministerie: ongeveer 70 procent van de 25.000 vrouwen in de prostitutie in Nederland werkt gedwongen of moet alles aan hun pooier afstaan.<sup>27</sup> In 2000 wilde de overheid met het opheffen van het bordeelverbod meer greep krijgen op misstanden zoals gedwongen prostitutie en mensenhandel; prostitutie door minderjarigen, en misbruik van prostituees, zoals gedwongen onveilige seks. In 2008 was hiervan echter nog weinig terechtgekomen. De gelegaliseerde prostitutiebranche was niet minder crimineel.<sup>28</sup> Daarom is er in 2011 door het ministerie van Veiligheid en Justitie een wetsvoorstel Wet regulering prostitutie en bestrijding misstanden seksbranche ingediend; daaraan zijn aanvullende maatregelen gekoppeld, zoals het verplicht inschrijven door prostituees in een landelijk register en het strafbaar stellen van illegaal prostitutiebezoek, omdat bij deze vorm van prostitutie misstanden en uitbuiting zich makkelijker kunnen voordoen. Volgens de Amsterdamse wethouder Lodewijk Asscher ontkennen veel bestuurders en opiniemakers deze misstanden en houden zij vol dat het prima op orde is met de Nederlandse prostitutie, en weten veel burgers nauwelijks van de 'ruwe werkelijkheid in de peeskamer'. Hij spreekt van een 'collectieve zwijgafspraak'.<sup>29</sup> Als de situatie door de nieuwe prostitutiewet niet verbetert, moeten we volgens Asscher gaan denken aan een verbod op het bezoeken van prostituees, zoals in Zweden, Noorwegen en Finland: niet de prostituees worden bestraft, maar degenen die betalen voor seks. Deze landen willen met dit verbod de strijd aangaan tegen mensenhandel en gedwongen prostitutie. Seksrobots zouden in deze landen dan ook populair kunnen worden, zoals de sekspoppen populair

zijn in Zuid-Korea vanwege het daar geldende verbod op prostitutie. In Nederland zouden seksrobots een mogelijke bijdrage kunnen leveren aan het probleem van seksslavernij en vrouwenhandel als hun diensten te vergelijken zijn met die van hun menselijke collega's, waardoor de vraag naar menselijke prostituees zou kunnen afnemen.

Volgens Levy creëren de voordelen van seksrobots hun eigen ethische rechtvaardiging, en zal de meerderheid van de bevolking seksrobots vanwege hun positieve effecten ook gaan zien als 'ethisch correct'. Toch ziet Levy ook een nadeel aan deze ontwikkeling van seksrobots, namelijk het gedwongen ontslag of overbodig worden van menselijke prostituees: 'This problem, the compulsory redundancy of seks workers, is an important ethical issue, since in many cases those who turn to prostitution as their occupation do so because they have literally no other way to earn the money they need' (Levy, 2007b).

### **Seks met kinderrobots**

Ten slotte speelt er de kwestie van seks met kinderrobots (Bamps, 2010). De vraag of seks met kinderrobots is toegestaan, zal waarschijnlijk in Nederland ontkennend worden beantwoord. In 2011 heeft de rechter geoordeeld dat het bezit van virtuele kinderporno strafbaar is.<sup>30</sup> De motivering was dat virtuele kinderporno deel kan gaan uitmaken van een subcultuur die seksueel misbruik van kinderen bevordert. De rechter heeft voor zijn beoordeling de reikwijdte van artikel 240b van het Wetboek van Strafrecht<sup>31</sup> moeten oprekken, omdat het in dit artikel niet over *virtuele* kinderporno gaat. Volgens artikel 247 van het Wetboek van Strafrecht<sup>32</sup> zijn ontuchtige handelingen met iemand die jonger is dan 16 jaar en met wie men niet is getrouwd strafbaar. Waarschijnlijk zal een rechter op basis van dit artikel seks met kinderrobots niet strafbaar stellen, om te voorkomen dat de wet dan wel erg veel wordt opgerekt. Met de huidige regelgeving is seks met kinderrobots dus waarschijnlijk niet gereguleerd. De wetgever heeft waarschijnlijk niet kunnen voorzien dat de ontwikkeling in de robotica seks met robots mogelijk maakt, en dus ook seks met robots die op kinderen lijken. De vraag is hoe de wetgever wil anticiperen op seks met kinderrobotica. Als we een subcultuur die seksueel misbruik van kinderen bevordert willen tegengaan, moet er een juridisch kader voor kinderrobotporno worden gecreëerd.

## **2.5 Slotbeschouwing**

In dit hoofdstuk hebben we twee typen thuisrobots besproken: de functionele huishoudrobot en de amusementsrobot. Bij amusementsrobots hebben we een onderscheid gemaakt tussen de sociale-interactierobot en de fysieke-interactierobot zoals de seksrobot.

### 2.5.1 Huishoudrobots

Bij de huishoudrobots zien we een kloof tussen de hooggestemde verwachtingen omtrent multifunctionele robots die het huishoudelijk werk integraal overnemen en de feitelijke prestaties van de huidige beschikbare robots (en de robots die we in de komende jaren verwachten). Weinige van de huidige ontwikkelingen wijzen in de richting van multifunctionele robots die al het schoonmaakwerk voor ons doen.

Het is daarom niet waarschijnlijk dat huishoudens in groten getale monomane eenvoudige schoonmaakrobots, zoals stofzuigerrobots en robots die de ramen kunnen zemen, gaan gebruiken. Deze monomane robots blijken toch niet zo efficiënt te zijn, omdat ze de huishoudelijke deeltaak niet integraal kunnen vervullen en de gebruiker de omgeving dient aan te passen en te stroomlijnen. Andere huishoudelijke taken, zoals strijken, de was vouwen en koken, blijken een flinke technische uitdaging te zijn en het zal nog een tijd duren alvorens robots hiertoe in staat zijn.

De verwachting dat de nieuwe generatie robots in meer ongestructureerde omgevingen zullen functioneren, gaat in het huishouden niet op. Dit is niet alleen een kwestie van tijd en technische ontwikkeling, maar ook een vraagstuk dat op principiële grenzen stuit. Huishoudelijk werk blijkt minder eenvoudig dan gedacht. Veel situaties waarin een huishoudelijke taak verricht moet worden, vergen bij nadere beschouwing veel beslissingen, die grotendeels berusten op *common sense*, waarvoor geen vaststaande algoritmes bestaan. Voor robots zijn deze beslissingen niet of nauwelijks te maken.

'A robot in every home' in 2015 is naar onze mening dan ook zeer onwaarschijnlijk. We verwachten dit nog niet op zowel de korte als de middellange termijn. Er moeten veel technische uitdagingen worden aangegaan wil de huisrobot het grote publiek overtuigen dat hij efficiënt en integraal huishoudelijke taken kan overnemen.

### 2.5.2 Amusementsrobots

#### **Verwachtingen**

Het lijkt erop dat amusementsrobots meer dan huishoudrobots de verwachtingen waarmaken en bovendien aansluiten bij maatschappelijke behoeftes. Bij de amusementsrobot is de verwachting veel minder nauw omschreven. Communiceren, spelen en ontspannen is het doel. De behoefte ligt niet vooraf vast, maar ontstaat in de interactie. We zien een eeuwenoude droom uitkomen: apparaten die op mensen of dieren lijken en waarmee we kunnen interacteren. Voorbeelden daarvan zijn het hondje AIBO, het pluizige knuffeldiertje Furby, de grappige My Keepon en de seksrobot: bij alle vier blijkt er sociale en/of fysieke interactie tot stand



te komen. Mensen raken gehecht aan de robot en schrijven hem menselijke eigenschappen toe (antropomorfisme).

Toch kunnen we nog zeker niet spreken van een succesverhaal. De sociale-interactierobots die nu verkrijgbaar zijn, zijn erg beperkt in hun sociale interactie en zeer voorspelbaar, waardoor consumenten niet voor lange tijd geboeid worden en op den duur dan ook afhaken. Op dit moment – en waarschijnlijk de komende tien jaar – kunnen we commercieel verkrijgbare sociale-interactierobots zoals Furby, Pleo, My Keepon enzovoort eerder zien als hypes en gadgets waarvan de glans al snel tijd verdwijnt dan als een 'huisvriend' voor lange tijd. Wat de seksrobot gaat doen is nog onbekend, maar de seksindustrie en enkele robottechnologen zien een grote toekomst weggelegd voor deze robot en beschouwen de seksrobot als een drijvende kracht achter de verdere ontwikkeling van sociale robots en MRI-onderzoek. De wetenschap MRI staat nog in haar kinderschoenen, maar is wel een van de speerpunten van ICT-onderzoek met als langetermijndoel het deelnemen van de robot aan het menselijk verkeer. Echter, om de robot op een succesvolle wijze te laten interacteren met mensen, zullen nog heel veel hobbels moeten worden overwonnen wil er sprake zijn van een sociale robot die de eigenschappen heeft zoals deze door Fong et al. (2003) worden gedefinieerd: het kunnen tonen en waarnemen van gevoelens, het kunnen communiceren middels een dialoog op hoog niveau, het kunnen aanleren van sociale vaardigheden, het kunnen onderhouden van sociale relaties, het kunnen geven van natuurlijke aanwijzingen, zoals aankijken en gebaren, en het hebben (of simuleren) van een bepaalde persoonlijkheid en karakter. Het zal nog tientallen jaren duren alvorens een sociale robot deze eigenschappen heeft, maar moderne technologieën zullen het steeds beter mogelijk maken om op verfijnde wijze te communiceren met robots. Dit zal een zeer geleidelijk proces blijken te zijn.

### ***Maatschappelijke, ethische en reguleringskwesties***

De amusementsrobot is geënt op het principe van antropomorfisme: het overdragen van menselijke eigenschappen en gedragingen op niet-menselijke subjecten. Aangezien gebruikers sterk geneigd zijn tot antropomorfisme, wekken robots al snel gevoelens op. Dit roept allerlei maatschappelijke en ethische vragen op, met name de vraag: welke invloed hebben amusementsrobots op de verdere ontwikkeling van kinderen en op onze menselijke relaties? Daarbij gaat het over de angst van desocialisatie als mensen zich te veel gaan hechten aan robots: het beschadigen van de sociale ontwikkeling (met name bij kinderen), het niet meer leren omgaan met andere mensen met al hun problemen en onhebbelijkheden (*de-skilling*), en het niet genegen zijn tot het investeren in echte relaties. Relaties met robots zijn veel minder verplichtend, waardoor mensen minder empathisch worden omdat intimiteit vermeden wordt (Turkle, 2011).

Hier is echter weinig onderzoek naar verricht, maar van belang is dat we denken over begrenzing: waar hebben sociale robots een positief socialiserend effect en waar verwachten we desocialisatie? Aandacht voor de invloed van robotica op ons sociaal kapitaal hoort dan ook op de publieke agenda te komen.

De seksrobot, het ultieme symbool van de automatisering van de lust, kan in de toekomst een bijdrage leveren aan het grote probleem van seks-slavernij en vrouwenhandel, dat door veel politici in Nederland genegeerd wordt. Zolang beleidsmakers in Nederland niet geneigd zijn tot een verbod op prostitutiebezoek, zoals wel in Zweden, Noorwegen en Finland geldt, zouden zij de invoering van bijvoorbeeld robotbordelen kunnen stimuleren. Van belang hierbij is dan wel dat de seksrobot voor bezoekers van prostituees daadwerkelijk een alternatief voor de menselijke prostitutie is. Hierover ontbreekt nog onderzoek.

Bij de seksrobot speelt nog de kwestie van seks met kinderrobotica, met de bijbehorende vraag of seks met kinderrobots moet worden verboden. De vraag die zich nu opdringt is of dit bijdraagt aan een subcultuur die seksueel misbruik van kinderen bevordert, of dat dit juist seksueel misbruik van kinderen afremt. De huidige wetgeving is niet toereikend om seks met kinderrobots strafbaar te stellen. De wetgever zal hiervoor een juridisch kader moeten creëren als hij dit gedrag wil verbieden.



## **‘We willen robots in het wild’**

**Tijn van der Zant, directeur van het  
Laboratorium voor Cognitieve Robotica,  
Rijksuniversiteit Groningen**

Huishoudrobots zijn de afgelopen jaren veel slimmer geworden – dankzij voetbal. Althans, indirect. Want op basis van het robotvoetbaltoernooi Robocup bedacht Tijn van der Zant de succesvolle huishoudvariant Robocup@home. ‘Een robot die ’s nachts voor een tientje per uur komt schoonmaken? Hier heb je mijn sleutel!’

‘Hoe serieus het nu ook is, Robocup is in de jaren negentig bedacht door een stel professoren, in een beetje een dronken, lacherige bui’, zegt Tijn van der Zant, directeur van het Laboratorium voor Cognitieve Robotica aan de Rijksuniversiteit Groningen. ‘Robots zaten tot dan toe in het lab, in een statische omgeving en afhankelijk van kleurcodes. De bouwers wilden ze daaruit halen en de omgeving dynamisch maken. Zo kwam het idee bovendrijven van een voetbalwedstrijd tussen robotteams. Ik raakte daar op zeker moment bij betrokken.

In de praktijk was robotvoetbal weer net zo afhankelijk van kleurcodes – groen veld, blauwe doelen, enzovoort. We probeerden die codering wel elk jaar te verminderen, maar dan waren we telkens maanden bezig om de robots aan te passen. Terwijl een kind van vier met zo’n verandering geen enkele moeite zou hebben.

Het probleem, realiseerden we ons op zeker moment, was dat we waren begonnen met enorm complex gedrag – voetballen – in een simpele omgeving – dat gecodeerde speelveld. Ik moest toen terugdenken aan een bijna-ongeluk in 2002. Een robot deelde toen op een haar na een doodsschop uit aan een klein meisje aan de zijlijn. Die had namelijk een jurkje aan in de kleur van de bal en haar directe omgeving had de kleur van het speelveld, zodat die robot haar voor een bal aanzag. Ik scheids-rechterde en kon haar nog nét op tijd wegtrekken. Toen realiseerde ik me dat we precies omgekeerd moesten beginnen: met eenvoudig gedrag in een complexe, realistische omgeving. Een omgeving waar dus ook mensen deel van uitmaken, met alle onzekerheid van dien. Als een robot daar eenmaal iets kan, blijft die vaardigheid altijd bruikbaar. En vervolgens kun je het gedrag steeds complexer maken.

Ik heb toen voorgesteld om Robocup@home te starten, een wedstrijd tussen huishoudrobots, en die vindt sinds 2006 jaarlijks plaats. Daar doen nu wereldwijd zo’n vijftig onderzoeksgroepen aan mee. De tests die de robots moeten doen, veranderen we elke twee jaar, zodat de bouwers ze niet kunnen optimaliseren voor één taak. Ze moeten juist flexibel blijven.

Daarom wordt ook niet vooraf bekendgemaakt hoe de testruimte eruit ziet.'

De robots hebben in die paar jaar opvallend veel bijgeleerd. Meteen al in 2006 konden ze een persoon volgen, zonder voorafgaande kennis-making – een opgave die vooraf als schier onmogelijk werd beschouwd. Ze worden er ook steeds beter in objecten te manipuleren: eerst konden ze een bierkratje oppakken, toen een flesje, vervolgens konden ze het uit-schenken in een glas en uiteindelijk zelfs het gewenste merk herkennen. (Voetbal, bier – inderdaad, Robocup is een mannenwereld.) In 2008 durfde de organisatie het aan om robots door publiek te laten lopen, in 2010 gingen ze zelfs een speelgoedwinkel binnen. Van der Zant: 'We hebben één krasje gemaakt op één doosje.' Inmiddels kunnen robots een ei bakken en – huishoudelijk gezien misschien een wat merkwaardige keuze – een suikerspin maken. De komende jaren wil Robocup@home de buitenlucht in. 'En dat is moeilijk, alleen al vanwege het zonlicht en de verschillende soorten ondergrond.'

### Eigen paspoort

Maar hoeveel de huishoudrobots ook hebben bijgeleerd, volleerd zijn ze nog lang niet. 'Waar we naartoe willen', zegt Van der Zant, 'is een robot die een paar jaar achter elkaar een heel scala van taken kan uitvoeren: een *general purpose service robot*. Daar moet ie nog slimmer voor worden, en daar hebben we nu tests voor bedacht. We leggen hem bijvoorbeeld een slecht gespecificeerde opdracht voor: "Ik heb dorst." Hij mag een paar vragen stellen, en vervolgens moet hij iets zinnigs doen. Of we geven een verwarrende opdracht: "Haal een beker uit de keuken", terwijl de keuken-deur op slot is. Dan willen we een intelligente reactie, bijvoorbeeld: "Wil je me helpen met de deur?"'

Over een jaar of vijf zullen de Robocup@home-deelnemers mee kunnen naar een bushalte, hoopt Van der Zant, en dan de bus in. Ook dat is maar een eerste stap: 'Mijn droom is dat een robot min of meer zelfstandig kan reizen. Dat zou erg handig zijn. Want stel, een huishoudrobot kost een half miljoen euro en gaat tien jaar mee. Dat is duizend euro per week. Vrijwel niemand kan en wil dat ervoor betalen. Iedereen heeft zo'n robot maar voor een beperkt aantal taken nodig. Om schoon te maken of om de kinderen uit school op te vangen – nee, serieus, ik zou niet weten waarom niet – of om steunkousen aan en uit te trekken. Allemaal verschillende behoeftes. Als zo'n robot zelfstandig van A naar B kan, kan hij na aftrek van reistijd misschien wel honderd uur per week werken. Dat betekent dat hij maar een tientje per uur kost. En dan begint het opeens heel goedkoop te worden! Want voor tien euro per uur zeg ik: kom gerust twee keer in de week 's nachts vier uur lang schoonmaken. Hier is de huissleutel! Let wel: dit is een heel-lange-termijndee, over dertig of veertig jaar. We zitten nu nog in het stadium dat we moeten uitzoeken wat mensen wel en niet willen, hoe ze reageren, het stadium van mensen laten wennen aan

robots. Met computers zijn we nu vertrouwd; iedereen weet dat je geen koffie over een toetsenbord moet gieten. Straks hoop ik dat iedereen weet dat je niet met een vinger over een robot z'n camera moet wrijven.'

### **Lloyd's**

Dat 'wennen' heeft ook een juridische kant. Op dit moment is het nog niet mogelijk robots te verzekeren voor de schade die ze mogelijkwerijs aanrichten. Dat beperkt de mogelijkheden om experimenten te doen. 'Ik ben met nog een paar mensen bezig de overheid ervan te overtuigen dat er in Nederland *free zones* moeten komen waar we robotexperimenten kunnen doen met een normale aansprakelijkheidsverzekering. Ik ben net als iedereen voor zeven tientjes per jaar WA-verzekerd tot 2,5 miljoen euro, maar de robot valt daar niet onder. Het is van belang dat die mogelijkheid er komt, want we willen robots in het wild. We hebben wel geprobeerd om zo'n verzekering af te sluiten, tot bij Lloyd's in Engeland aan toe, maar dat leverde absurde bedragen op: één week verzekering zou eenderde van de prijs van de hele robot kosten! Het punt is, de verzekeringsmaatschappijen hebben geen precedënten om mee te rekenen. Wij vragen aan de overheid om zich garant te stellen: dus dat ze bijspringt in het onwaarschijnlijke geval dat het een keer heel erg fout gaat en een verzekeringsmaatschappij failliet dreigt te gaan door schade die een robot heeft aangericht. Met zo'n garantstelling kan een verzekeraar ervaring opdoen en berekenen wat een redelijke premie is. Vijfhonderd euro per jaar voor een robot die door het centrum van Groningen rijdt en die misschien eens tegen een fiets aanrijdt, dat moet toch kunnen, lijkt me.'

### **Manusje-van-alles**

Voor de korte termijn heeft Van der Zant een veel eenvoudiger idee dan zelfreizende schoonmaakrobots, en hij hoopt het in 2012 grootschalig te testen in de praktijk: de Assistobot. 'Dat is een rondrijdend tafeltje met een soort iPad erin. Maar dan wel met een nog veel gebruiksvriendelijkere interface, want we mikken op ouderen en lang niet elke tachtiger gaat nog leren swipen. Er zit een telefoon in, dus een arts kan bellen, zijn foto verschijnt op dat scherm en de gebruiker hoeft dan alleen maar op één grote duidelijke knop te drukken om op te nemen. De gebruiker hoeft er niet heen te lopen: het tafeltje komt naar hém toe. Als een verzorger inbelt, kan die ook met een joystick het tafeltje laten rondrijden om te kijken of alles er goed uitziet; of er niet al drie weken een vuilniszak vol vliegen ergens in een hoek ligt bijvoorbeeld. De gebruiker kan er ook zelf mee bellen en skypen. Het ding komt op het juiste moment de juiste pillen brengen. 's Nachts kan het zelfstandig een rondje rijden om te checken of alles veilig is. Er kan niet alleen een camera in, maar ook diverse sensors: een koolmonoxidesensor, een brandmelder, enzovoort. Wat de gebruikers precies willen, gaan we nu uitzoeken. Veel van die dingen kun je ook met *ambient technology* doen, en elk apart zijn die functies dan

goedkoper te vervullen. Maar juist de combinatie in één apparaat maakt het betaalbaar, en dat ie rondrijdt biedt ook extra mogelijkheden. Dit alles dan in de vorm van een houten tafel, niet een stalen machine met een enge grijparm – ja lach maar, dát is wat wetenschappers meestal maken!’ Van der Zant heeft gemerkt dat de introductie van dit soort huishoudrobots op allerlei hobbels stuit. ‘Al die robuuste technologie is er nu en we wilden van het bedrijfsleven horen wat zij nodig hebben om daar een mooi product van te maken. Wat bleek? Dat weten ze niet! Vandaar dat we het nu zelf doen, in samenwerking met diverse onderwijs- en zorginstellingen. Vervolgens zei een directeur van een ziekenhuisstichting tegen me: “Als je iemand van 77 een robot voor hulp in huis aanbiedt, dan zegt die waarschijnlijk: ‘Ik heb geen hulp nodig!’” Daar had ik nooit bij stilgestaan. Ieder zijn vak.

Tegelijk zijn we ervan overtuigd dat we straks een verschrikkelijk mooi product kunnen bieden. Iets waarmee twee miljoen ouderen langer thuis kunnen blijven wonen, dat verbetert het leven. Ook in sociaal opzicht. Ik zou willen dat mijn oma zo’n tafeltje had. Dan kon ze ermee skypen en zag ik haar tenminste wat vaker!’









# Zorgrobot: ja robotzuster, nee robotzuster

## 3.1 Zorgrobot: een machine aan ons bed?

*'We see the idea that we can solve the "problem" of caring for an ageing population, by employing robots to do it, as essentially continuous with a number of other attitudes and social practices which evidence a profound disrespect for older persons.' (Sparrow & Sparrow, 2006, p. 143)*

De inzet van zorgrobots appelleert aan schrikbeelden van een verzorgings-tehuis zonder verzorgend personeel. Een robot aan het bed die efficiënt en doelgericht de hoognodige taken uitvoert en daarbij voorbijgaat aan de mens in kwestie. Tegen een achtergrond van een vergrijzende bevolking kunnen robots de aanvullende 'handen' aan het bed bieden. Robots hebben namelijk geen last van stress, zijn 24 uur per dag inzetbaar en vergeten nooit of ze iemand wel of niet medicijnen hebben verstrekt. Dit beeld staat een hoop mensen tegen, omdat voor hen het concept 'zorgen' wringt met het concept 'technologie' (De Witte, 2008). Zorgen staat voor aandacht, warmte, menslievendheid, wederkerigheid, empathie en behulpzaamheid. Terwijl technologie wordt geassocieerd met effectiviteit, efficiëntie, afstand en onpersoonlijkheid. Ontwikkelaars zien echter veel kansen voor de inzet van robots in de zorg. De verwachtingen zijn hoog: robots kunnen personeelstekorten opvangen ten gevolge van de vergrijzingsproblematiek.

Het bemensbaar houden van de zorg met behulp van technologie houdt ook de politieke gemoederen bezig. In de Europese Commissie leeft de verwachting dat de inzet van robots de kwaliteit, toegang en efficiëntie van de gezondheidszorg voor iedereen zal verbeteren (Butter, Rensma & Van Boxsels, 2008). En ook de Nederlandse politiek zoekt naar oplossingen voor de verwachte toename van personeelstekorten in de zorg. Het kabinet-Balkenende IV zette, op advies van de Sociaal-Economische Raad (SER), in op innovatie in de zorg door het stimuleren van investeringen in arbeidsbesparende technologieën, zoals ICT en domotica (Sociaal-Economische Raad, 2008). Het kabinet-Rutte voorziet een toenemende zorgvraag: 'de vergrijzing, het dreigende tekort aan personeel en de snel oplopende kosten dwingen ons (...) de zorg nog verder te verbeteren, veiliger en doelmatiger te maken', aldus minister Schippers van Volksgezondheid, Welzijn en Sport.<sup>1</sup>

De inzet van robots in de zorg lijkt met al deze ontwikkelingen niet ver weg. Maar is het scenario van de robot als verpleegster van de toekomst een mooi vergezicht of klinkklare onzin? En welke ethische vraagstukken spelen daarbij een rol? In dit hoofdstuk onderzoeken we de maatschappelijke kwesties die zorgrobots, nu en op termijn, met zich mee kunnen brengen. Ons doel is verkennend: we identificeren mogelijke risico's en kansen van zorgrobots. We willen daarmee een eerste aanzet geven tot het voeren van de discussie over de maatschappelijke gevolgen van de inzet van zorgrobots.

## **3.2 Trends in de langdurende zorg**

De langdurende zorg is gericht op behoud en bevordering van de kwaliteit van leven door de last van de ziekte of beperking te verlichten met behulp van medische en niet-medische middelen (Spreeuwenberg, 2008). Het gaat om de zorg in verpleegtehuizen of thuis voor ouderen en voor mensen met een functiebeperking of chronische ziekte (De Witte, 2008). In de langdurende zorg is technologie en met name 'hightech' minder ingeburgerd dan in de curatieve zorg. In deze paragraaf schetsen we drie trends in de langdurende zorg, om aan te geven welke ontwikkelingen de inzet van zorgrobots in deze zorgsector kunnen beïnvloeden.

### **3.2.1 Trend 1: Nederland vergrijst**

Personeelstekort als gevolg van de toekomstige vergrijzing wordt vaak aangevoerd als argument om robotica in te zetten in de langdurende zorg. Vergrijzing wordt gedefinieerd als een toename van het aantal personen van 65 jaar en ouder in verhouding tot de rest van de bevolking. Eind 2010 telde Nederland ruim 2,6 miljoen 65-plussers. Dat was volgens het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) zo'n 15,6 procent van de gehele bevolking (Garssen, 2011). Het CBS schat dat het hoogtepunt van de vergrijzing in 2039 ligt; de Nederlandse bevolking telt dan 4,6 miljoen inwoners van 65 jaar of ouder. Dat is tegen die tijd meer dan 25 procent van de Nederlandse bevolking. De komende jaren vergrijst Nederland in rap tempo: in vijf jaar komen er een half miljoen 65-plussers bij. Bovendien is de verwachting dat mensen steeds ouder worden: rond 2050 zullen 1,8 miljoen mensen ouder dan 80 jaar zijn. Dit betekent dat 1 op de 10 mensen tot de groep alleroudsten zal behoren. Vijftig jaar geleden was slechts 1 op de 74 inwoners 80 jaar of ouder en in 2011 was 1 op de 25 inwoners ouder dan 80 jaar (Garssen, 2011).

De groei van de groep alleroudsten doet een beroep op de vraag naar zorg en zal ook zorgen voor een toenemende vraag van voorzieningen voor ouderen.

Met een stijging van het aantal ouderen zal de vraag naar ouderenzorg de komende decennia toenemen (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2009). Ook is de zorgwaarde toegenomen. In verpleeg- en verzorgingshuizen, de thuiszorg en extramurale zorg is deze trend te zien, aldus het CBS (2009). Mensen krijgen steeds zwaardere zorg: bijvoorbeeld persoonlijke verzorging in plaats van huishoudelijke verzorging (CBS, 2009). De potentiële beroepsbevolking – het aantal mensen tussen 20 en 65 jaar – zal tot 2040 dalen. Nu hebben we de beschikking over een groep van 10,1 miljoen mensen; dat worden er 0,8 miljoen minder. Afgezet tegen het aantal 65-plussers betekent dit dat er per 100 leden van de potentiële beroepsbevolking 49 65-plussers zullen zijn in 2040. Terwijl er nu per 100 leden van de potentiële beroepsbevolking 26 65-plussers zijn (CBS, 2010). Volgens het Zorginnovatieplatform (2009) zijn er in 2025 al 470.000 extra krachten nodig in de zorg, uitgaande van het huidige beleid en een groeiende zorgvraag van 2 procent per jaar. Het Sociaal en Cultureel Planbureau (SCP) komt tot de conclusie dat in 2040 bijna 1 op de 5 werknemers in de zorg zal moeten werken om te voldoen aan de verwachte vraag naar personeel in deze sector (Eggink, Oudijk & Woittiez, 2010).

De combinatie van de hiervoor beschreven factoren zorgt ervoor dat er in de toekomst een enorme vraag naar zorgpersoneel is. Wat zijn de maatschappelijke gevolgen van deze demografische ontwikkelingen? De Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (WRR) (2006) voorspelt een dubbele zorgkloof: een kwantitatieve en een kwalitatieve zorgkloof. Een kwantitatieve kloof tussen wat in termen van geld en in termen van personeel wenselijk en mogelijk is. Daarnaast voorspelt de WRR een kloof tussen het soort zorg dat gewenst is en het soort zorg dat beschikbaar is: mensen verwachten betere zorg.

De zorg staat dus voor grote uitdagingen. ActiZ, branchevereniging van ondernemers in onder andere verpleeg- en verzorgingshuiszorg en thuiszorg, roept op tot een paradigmaverschuiving in de langdurige zorg. Zij ziet naast investeringen in de intramurale zorg<sup>2</sup> vooral mogelijkheden in het investeren in technologie om mensen langer zelfstandig thuis te laten wonen: 'Ook innovatie en technologie die mensen helpt om langer thuis te blijven wonen zou verder gestimuleerd moeten worden.'<sup>3</sup> Ook Roger van Boxtel en Harry Nienhuis, van zorgverzekeraar Menzis, zien mogelijkheden in ICT-toepassingen om de zorgvraag te minderen: 'Toepassingen uit de informatie- en communicatietechnologie (ict), zoals zorg op afstand, zorgen voor een afnemende zorgvraag, doordat patiënten zich goed en preventief gemonitord voelen en minder snel de arts zullen bezoeken. Daarmee kunnen we op termijn de zorg betaalbaar en beschikbaar houden in tijden van vergrijzing en een knappere arbeidsmarkt.'<sup>4</sup>

### 3.2.2 Trend 2: zorg op afstand

De verwachting is dat mensen steeds meer zorg thuis zullen ontvangen (Evers, Blijham & Willems, 2009). Dit wordt ook wel decentralisatie of 'zorg op afstand' genoemd. Mensen verblijven korter in zorginstellingen en herstellen en revalideren steeds langer thuis (Schuurman, Moelaert El-Hadidy, Krom & Walhout, 2007). Hierdoor verschuiven steeds meer zorgfuncties en zorgdiensten naar de private context van de patiënt (Laeven & Vreeman, 2008; Kort, Cordia & De Witte, 2008; Schuurman et al., 2007). Het Rathenau Instituut laat in het rapport *Medische technologie: ook geschikt voor thuisgebruik* zien dat zorgtechnologieën in toenemende mate onderdeel gaan uitmaken van het dagelijkse leven van mensen (Asveld & Besters, 2009). Onder invloed van ontwikkelingen zoals thuisdiagnostiek en teleconsultatie zal de patiënt minder aan het ziekenhuis gebonden zijn. De patiënt kan thuis zorg ontvangen en de zorgverlener hoeft niet naar de patiënt thuis. Technologie vormt de sleutel tot het verlenen van zorg op afstand (Evers et al., 2009). Zorg op afstand komt in Nederland en de rest van de wereld steeds meer voor en is volop in ontwikkeling. De verwachting is dat daarmee meer zorg geleverd kan worden, dat de zorgontvanger meer invloed kan uitoefenen op zijn zorgproces, en dat minder professionals meer werk kunnen verrichten dan nu het geval is (Evers et al., 2009).

Zorg op afstand wordt sinds 1 januari 2012 vergoed. De beleidsregel 'Prestatiebeschrijvingen en tarieven extramurale zorg 2012' (CA-300-487)<sup>5</sup> stelt dat zorgaanbieders voor 'zorg op afstand' een vergoeding kunnen declareren. Hierin wordt zorg op afstand omschreven als 'cliënt-contact gericht op het op afstand leveren van geïndiceerde AWBZ-zorg met behulp van moderne communicatiemiddelen'. Voor de Algemene Wet Bijzondere Ziektekosten (AWBZ) geïndiceerde cliënten kunnen per maand vier uur zorg op afstand tegen een afgesproken basistarief declareren.

De inzet van zorgrobots borduurt voort op de opkomst van zorg op afstand. Zorgrobots kunnen het mogelijk maken om op afstand zorg te verlenen: door het functioneren van ouderen in de gaten te houden, mensen met een beperking te ondersteunen in hun functioneren of door patiënten de mogelijkheid te bieden vanuit thuis gegevens over hun lichamelijke gesteldheid door te sturen naar bijvoorbeeld het ziekenhuis. Deze robottoepassingen hangen nauw samen met het vakgebied van de domotica.

### 3.2.3 Trend 3: moeizame innovatie

In de langdurige zorgpraktijk blijkt innoveren lastig. De stap van laboratorium naar praktijk, van prototype naar daadwerkelijke productie is een moeizaam proces. In het TNO-rapport *Robotics for healthcare* (Butter et al., 2008) wordt geconstateerd dat er veel tijd nodig is om belangrijke innovaties te implementeren in de gezondheidszorg. Ook op het gebied

van robotica zijn er veel sceptische geluiden te horen uit de zorgpraktijk, van ontwikkelaars en van gebruikers.

### **Gebrekkige financiële prikkels**

Zo kost het veel geld en tijd om een nieuw hulpmiddel in het vergoedingsstelsel te krijgen. Het product dient eerst zeer grondig getest te worden en ook moet aangetoond worden dat het kosteneffectief is (Cordia & Soede, 2008). Dat kan jaren duren en tijdens zo'n periode levert het product voor de investeerders niets op, waardoor er weinig prikkel tot innoveren is. Volgens Miriam Vollenbroek, onderzoekster bij Roessingh Research Development, is daarnaast verdere steun noodzakelijk om succesvol geteste applicaties ook in de zorgpraktijk te laten renderen en tot bloei te laten komen. 'Zonder een commercieel vervolg drogen budgetten op en kunnen geteste applicaties niet beklijven in de praktijk' (Putter, 2009).

Van Boxtel en Nienhuis zien oplossingen voor snel toenemende zorgvraag onder meer in intelligente ICT-toepassingen. Ook zij constateren dat de vergoedingen vanuit de basisverzekering achterlopen op technische ontwikkelingen, ondanks dat er goede initiatieven zijn wat betreft innovatie in de zorg. Deze initiatieven krijgen vaak geen vervolg. Zij wijten de moeizame innovatie in de zorg aan 'een cultuur van schuttingen, domeinen en politieke belangen. We vinden in Nederland liever allemaal op de eigen vierkante millimeter een prachtig wiel uit, dan dat we samen een goed werkend voertuig maken dat het gemeenschappelijke belang dient.'<sup>6</sup>

### **Kloof tussen expertvisies en gebruikerswensen**

Er wordt nog te weinig aandacht besteed aan de wensen en behoeften die er zijn in de langdurende zorg. Zo worden patiënten te weinig betrokken bij de ontwikkeling van robottechnologieën (Butter et al., 2008). Binnen het Nederlandse vergoedingssysteem van medische hulpmiddelen is de uiteindelijke gebruiker van het product niet de betaler. Andere partijen bekostigen de hulpmiddelen en bepalen daarmee de markt. De eisen van de uiteindelijke gebruiker van een hulpmiddel worden daarom vaak onvoldoende verwerkt in de betreffende producten (Cordia & Soede, 2008). Het lijkt dus een belangrijke technische en organisatorische uitdaging om de kloof te dichten tussen de visies van robotontwikkelaars en de alledaagse problematiek van de zorg. Robots kunnen alleen een bijdrage leveren aan de zorg wanneer de achterliggende gedachte van deze robots wordt afgestemd met praktische kennis over wat wenselijk en mogelijk is in de zorgpraktijken; daarbij dient zowel het perspectief van de zorgverlener als dat van de zorgontvanger in acht te worden genomen (Van der Plas, Smits & Wehrman, 2010). Een voorbeeld van de valkuil dat techniekontwikkelaars de technologie als uitgangspunt nemen en niet de vraag in de zorg, is de tendens bij leveranciers van verpleegoproepprojecten om vooral met

beeldschermen te werken (Evers et al., 2009). Dit beperkt de ruimte voor innovaties in de zorg.

### 3.3 Van domotica tot robotica

Steeds minder ouderen slijten hun oude dag in een verzorgings- of verpleegtehuis. De afgelopen decennia is door huisvestingsbeleid gericht op behoud van zelfstandigheid het aantal 65-plussers in instellingen afgenomen van bijna 11 naar bijna 5 procent (Garssen, 2011). Mensen zullen dan langer zelfstandig blijven wonen en ook steeds meer zorg thuis ontvangen (Voorham, 2008; De Witte, 2008). Domotica bieden mogelijkheden om mensen langer zelfstandig te laten wonen en toch de benodigde zorg te verschaffen (Evers et al., 2009). Domotica zijn 'alle apparaten en infrastructuur in en rond woningen, die elektronische informatie gebruiken voor het meten, programmeren en sturen van functies ten behoeve van bewoners en dienstverleners', aldus de definitie van het Domotica Platform Nederland.<sup>7</sup> Daarbij kan onderscheid gemaakt worden tussen enerzijds intelligente systemen die op zichzelf staan in huis en anderzijds intelligente communicerende huizen die de activiteiten van bewoners registreren en daarop anticiperen (Aldrich, 2003).

Met domotica zou het mogelijk zijn om ouderen langer zelfstandig te laten wonen of voor meer veiligheid in het verpleegtehuis of ziekenhuis te zorgen (Weijers, 2008). Voorbeelden van domoticatoepassingen in de zorg zijn: videocommunicatie tussen bijvoorbeeld patiënt en arts, op afstand toegang verschaffen, het makkelijk uitwisselen van data, en het vaststellen met gps van dwaalgedrag van bijvoorbeeld ouderen met dementie. De verwachtingen rondom domotica zijn: hogere kwaliteit door intensievere zorg, beter zelfmanagement van de cliënt, en efficiëntere inzet van schaarse professionals (Peeters & Francke, 2009). Het rapport *Toepassing van domotica in de zorg moet zorgvuldiger* (2009) van de Inspectie voor de Gezondheidszorg (IGZ) laat zien dat de inzet van domotica niet zonder risico's is en daarom zorgvuldig moet gebeuren. De inzet van dergelijke technologieën vraagt om nieuwe risico- en probleemanalyses. Daarbij gaat het om het testen van de betrouwbaarheid van het systeem, het afwegen van de faalkans van technologieën, en het blijven evalueren van de inzet van domotica. Volgens de IGZ gebeurt dit laatste nog te weinig. Ook moet er gekeken worden welke technologie met welk doel voor wie wordt ingezet. Op die manier kan er vanuit het perspectief van cliënten gekeken worden naar domotica en kan geëvalueerd worden in hoeverre wordt voldaan aan de zorgvraag van de cliënt.

De databank van het kenniscentrum voor langdurende zorg, Vilans, bevat 85 'zorg op afstand'-projecten.<sup>8</sup> Daarbij worden moderne communicatie-

middelen ingezet om op afstand zorg en ondersteuning te bieden, zodat mensen langer zelfstandig kunnen blijven wonen. Een voorbeeld van een domoticaproject is KOALA (*Kijken op Afstand Logisch Alternatief*).<sup>9</sup> Doel van dit project was de zelfstandigheid van patiënten te vergroten en op efficiëntere wijze zorg te verlenen. Door middel van de tv in de huiskamer hadden patiënten de mogelijkheid om 24 uur per dag, 7 dagen per week contact op te nemen met artsen en (wijk)verpleegkundigen. Ook konden meetgegevens, zoals bloedsuikerwaarden en bloeddruk, via het systeem worden doorgestuurd. De ICT-dienstverlener, de thuiszorgorganisatie en de zorgverzekeraar kijken terug op een succesvol project en zien veel potentie in deze vorm van zorg verlenen. Toch zijn de uitkomsten niet overtuigend wat betreft kosten- en personeelsbesparing. De zorg op afstand functioneerde namelijk niet als een vervanging, maar vooral als een aanvulling op de geleverde zorg. Daarnaast bleek de organisatorische afstemming tussen de diverse zorgaanbieders lastig te zijn (M&ICT, 2010).

Een nieuwe ontwikkeling binnen de domotica is de zorgrobot. In Europa zijn de laatste jaren veel initiatieven ondernomen om robots te integreren in domotica. Ook Nederland is veelal binnen deze projecten vertegenwoordigd. Enkele grote projecten waarin de ontwikkeling van zorgrobots een grote rol hebben, zijn: Mobiserv, CompanionAble en KSERA (zie kader 3.1). Bijzonder aan deze Europese projecten is dat de behoefte en de acceptatie van de gebruikers leidend zijn voor de ontwikkeling van de techniek, en niet andersom. Veel aandacht richt zich op de interactie tussen mensen en robots en op de acceptatie van robots door ouderen.

### Kader 3.1 Drie zorgrobotprojecten

#### *Mobiserv (FP7-project, 2009-2012)*<sup>10</sup>

Het sociale doel van dit project is het ontwikkelen van een persoonlijke robot om ouderen te ondersteunen tijdens normale dagelijkse activiteiten in hun woonruimte. Hierbij ligt het accent op ondersteuning van persoonlijke gezondheidszorg, verhoging van de onafhankelijkheid en de kwaliteit van het leven.

#### *CompanionAble (FP7-project, 2008-2011)*<sup>11</sup>

Dit project wil senioren met milde geheugenproblemen ondersteunen om zo lang mogelijk zelfstandig thuis te kunnen blijven wonen door de integratie van robotica en domotica. Er wordt een gezelschapsrobot ontwikkeld die gaat samenwerken met de slimme woonomgeving. Te denken valt aan ondersteuning op het gebied van medicatie-inname, geheugentraining, agendabeheer, sociale interactie en veiligheid.

### *KSERA (Knowledgeable Service Robots for Aging; FP7-project, 2010-2013)<sup>12</sup>*

Dit project onderzoekt het gebruik van robots als 'verstandige huisvriend' voor ouderen. De Technische Universiteit van Eindhoven heeft de leiding en richt zich op het integreren van robots in 'smart homes'. Het project is grotendeels gericht op COPD-patiënten, dus mensen met een chronische obstructieve longziekte. Het idee is dat speciale woningen voorzien worden van een huisrobot en andere 'smart home'-voorzieningen. De robot moet onder andere in staat zijn de patiënt door het huis te volgen, van diens gewoonten te leren, adviezen te geven en indien nodig een arts te waarschuwen. Ook aan vermaak wordt gedacht in de vorm van internet en video.

Ook in het sterk vergrijzende Japan (waar reeds 20 procent van de bevolking ouder is dan 65 jaar) wordt een breed palet aan zorgrobots ontwikkeld (Lau, Van 't Hof & Van Est, 2009). Zowel aan universiteiten als in het bedrijfsleven wordt hard gewerkt aan het waarmaken van de robot als verzorger van de toekomst. Zo heeft het therapeutische robotzeehondje *Paro* hier het levenslicht gezien (zie paragraaf 3.4.1) en werken onderzoekers aan de tilrobot *RIBA II* (zie paragraaf 3.4.2). De verwachting is dat deze robots op de korte en middellange termijn ingezet kunnen worden in de zorg.

## **3.4 Zorgrobots**

Zorgrobots zijn robots die specifiek ontwikkeld zijn om taken – geheel of gedeeltelijk zelfstandig – uit te voeren in de praktijk van de (langdurende) zorg. Ze doen dit door verzorgers te ondersteunen of te vervangen in hun werkzaamheden en/of door zorgontvangers te ondersteunen en/of te vermaken in hun dagelijks functioneren. In de volgende paragrafen beschrijven we drie verschillende zorgrobots.

### **3.4.1 *Paro*: 'seal-type therapeutic robot'**

Het robotzeehondje *Paro* (zie figuur 3.1) is ontwikkeld in Japan door het National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) (Lau et al., 2009). *Paro* heeft een witte, pluche vacht, kan zijn hoofd, oogleden en ledematen bewegen, en geluid produceren. Door sensoren onder de vacht kan *Paro* aanrakingen registreren en daarop reageren door te bewegen of geluidjes uit te stoten. Ook is *Paro* uitgerust met een geluidssensor om geluiden te registreren en is hij in staat om op den duur stemmen te herkennen. *Paro* weegt 2,8 kilo, wordt opgeladen via het stopcontact en kan dan een uur aan het werk voordat hij weer 'gevoed' moet worden (Inoue, Wada & Ito, 2008). Volgens AIST kan *Paro* emoties tonen. Ook claimt het instituut dat *Paro* verschillende soorten gedrag kan



vertonen: proactief, reactief en psychologisch gedrag (Wada & Shibata, 2007).



**Figuur 3.1** De therapeutische robotzeehond Paro

Paro wordt al ingezet in de zorg. Zo heeft de Deense overheid eind 2008 een bestelling van 1000 exemplaren geplaatst, die in 2011 geleverd is. Vrijwel alle Deense instellingen voor ouderenzorg hebben een Paro in hun bezit.<sup>13</sup> In Nederland gaat het anno 2011 naar schatting nog om enkele tientallen exemplaren in zorginstellingen, bijvoorbeeld in het verzorgingstehuis Leo Polak in Amsterdam, op de kinderafdeling van het Westfries Gasthuis in Hoorn en in de Ommelander Ziekenhuis Groep (OZG).

Makers van dit robotdiertje claimen dat interactie met deze robot *therapeutische* waarde heeft: ouderen worden gestimuleerd en bij kinderen zorgt Paro voor ontspanning. Er zijn meerdere studies gedaan naar het effect van Paro in de intramurale ouderenzorg.<sup>14</sup> Uit deze studies wordt geconcludeerd dat de gemoedstoestand van de ouderen verbetert en dat depressiviteit vermindert, maar ook dat hun mentale conditie verbetert, dat de kans op een burn-out voor de verzorgers omlaag gaat, dat de onderlinge communicatie tussen de ouderen wordt verbeterd en daarmee hun sociale band wordt versterkt. Door de persoonlijke interactie met Paro traden ook psychologische (ontspanning, motivatie) verbeteringen op. Daarnaast werden, middels de urinetests, fysiologische verbeteringen vastgesteld. De wetenschappelijke waarde van de studies die de effectiviteit van sociale robots als Paro hebben onderzocht, blijkt echter twijfelachtig te zijn. Naast het feit dat het aantal studies zeer beperkt is, gaat het om verkennend Japans onderzoek met slechts een klein aantal robots (Bemelmans, Gelderblom, Jonker & De Witte, 2010).

### Kader 3.2 'Paro roept hele gesprekken op'

Interview met activiteitenbegeleidster Marianne van Vechgel door Gaston Dorren

Het Westfries Gasthuis in Hoorn heeft sinds een paar jaar een Paro in huis: een robotje in de vorm van een pluizige witte zeehond met zwarte ogen en een zwarte neus. Eerst 'woonde' hij op de afdeling kindergeneeskunde. Maar omdat daar vrij weinig patiënten waren, verhuisde Paro in mei 2011 naar de afdeling geriatrie.

Activiteitenbegeleidster Marianne van Vechgel maakt er graag gebruik van, vertelt ze. 'Maar ik dring hem niet aan de mensen op. Ik bied Paro van een afstandje aan: "Kijk eens wat ze tegenwoordig allemaal maken!" Ik doe dus ook niet alsof Paro leeft. Ik heb pas één keer meegemaakt dat iemand hem desondanks voor een echt dier aanzag.

Als de patiënt interesse toont, dan plaats ik Paro dichterbij. Patiënten aaien hem dan meestal, en vaak beginnen ze tegen mij te praten. Over een huisdier dat ze ooit gehad hebben, bijvoorbeeld. Dankzij Paro hebben we leuke gesprekjes, de patiënten en ik. Dat is fijn, want het zijn vaak mensen die verder niet zo veel kunnen of die niet zo veel willen. En omdat ze maar kort bij ons verblijven – we zijn geen verpleeghuis – ken ik ze niet zo goed.

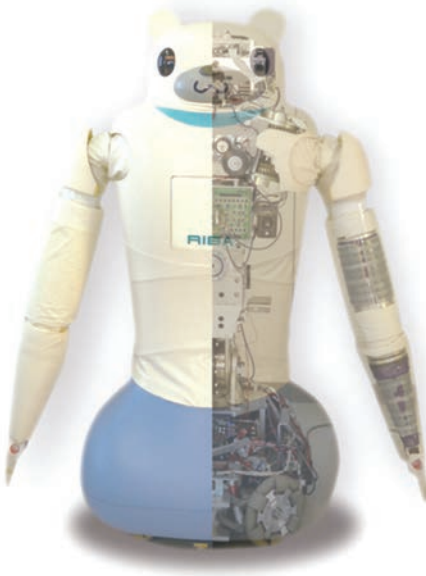
Toen ik Paro een keer in de huiskamer van de afdeling aan het stopcontact ging opladen, werden de mensen nieuwsgierig: "Wat is dat?" "Heel modern speelgoed", zei ik, en zette hem op tafel. Dat maakte de tongen los! Over het speelgoed waar ze in hun jeugd zelf mee hadden gespeeld, over de computers waar kinderen tegenwoordig mee spelen, en ook dat kinderen nu te wéinig spelen. Hele verhalen.'

#### 3.4.2 RIBA II: 'world's first robot that can lift up a human in its arms'

De Japanse bedrijven RIKEN en Tokai Rubber Industries (TRI) hebben in het gezamenlijke project *RIKEN-TRI Collaboration Center for Human-Interactive Robot Research* de tilrobot *RIBA II* ontwikkeld (zie figuur 3.2).<sup>15</sup> RIBA staat voor *Robot for Interactive Body Assistance*. Deze robot kan personen tot 80 kilo optillen onder begeleiding van een verzorger. RIBA II ziet eruit als een enorme teddybeer op wielen die is voorzien van twee armen die bijna tot de grond reiken. De armen en handen van RIBA II bevatten 218 tastsensoren. Daarmee registreert de robot aanrakingen en kan hij worden aangestuurd door een begeleider bij het optillen van de patiënt. Doordat de begeleider de arm bijvoorbeeld in de goede richting duwt, reageert de robot hierop. Overigens heeft RIBA II wel de hulp van een verzorger nodig om de patiënt zo te positioneren dat de robot deze makkelijk kan optillen. De benen van de patiënt moeten in de juiste hoek staan en ook is de hulp van de verzorger nodig om de rug van de patiënt omhoog

te tillen, zodat de robot de patiënt goed kan optillen. RIBA II is bedekt met zachte materialen, zodat de omgang tussen mens en robot niet alleen veilig maar ook aangenaam voor de patiënt is. Het uiterlijk van de robot, een teddybeer, moet ook bijdragen aan het op het gemak stellen van de patiënt. De ogen van RIBA zijn elk voorzien van een camera. Daarnaast is de tilrobot uitgerust met twee microfoons, waardoor RIBA II geluid kan registreren. Door de camera's en microfoons kan RIBA II personen detecteren: de robot kan de richting waar geluid vandaan komt vaststellen en zo de betreffende persoon in het gezichtsveld krijgen. Wanneer de begeleider binnen het gezichtsveld van de camera's staat, kan RIBA II de afstand tot de begeleider vaststellen en naar de begeleider toerollen.<sup>16</sup>

Met deze robot wil RIKEN zorgpersoneel ondersteunen in een van de meest lastige en belastende klussen: het tillen van mensen. Volgens RIKEN moet verzorgend personeel ongeveer veertig keer per dag patiënten optillen. RIBA II neemt deze inspannende klus uit handen van de verzorgers. Deze robot kan mensen van het bed naar een rolstoel verplaatsen of van de grond optillen en in bed leggen. De robot is een prototype en nog niet commercieel beschikbaar. RIKEN streeft ernaar dat deze robot op termijn in verpleegthuizen, ziekenhuizen en bij mensen thuis ingezet kan worden.



**Figuur 3.2** Tilrobot RIBA II

### 3.4.3 Kompai: 'robotic assisted daily living'

Het Franse bedrijf Robosoft heeft de robot *Kompai* ontwikkeld: een robot die 'afhankelijke' personen thuis ondersteunt (zie figuur 3.3). De robot staat in directe verbinding met het internet, om zodoende bewoner en dokter met videoconferenties met elkaar in contact te brengen. Deze robot op wielen kan zelf praten, herkent spraak, heeft een touchscreen en geeft toegang tot het internet. De robot begrijpt opdrachten en kan deze uitvoeren, zoals de kamer verlaten op commando, muziek afspelen of het opsommen van de boodschappenlijst. Kompai is in staat zijn locatie in huis te bepalen en rijdt zelf naar zijn laadstation als de batterijen opgeladen moeten worden. De robot heeft overigens geen armen en is niet in staat emoties uit te drukken. Robosoft verwacht dat deze functionaliteiten op termijn wel toegevoegd zullen worden aan Kompai. Robosoft heeft Kompai gelanceerd als een basisrobot waar technici verder aan kunnen sleutelen om zo nieuwe toepassingen te ontwikkelen.<sup>17</sup>

Kompai wordt ingezet en verder ontwikkeld binnen verschillende Europese projecten. In het eerdergenoemde zevende kaderproject Mobiserv (*An Integrated Intelligent Home Environment for the Provision of Health, Nutrition and Mobility Services to the Elderly*) wordt onderzocht hoe innovatieve technologieën op een gebruiksvriendelijke manier ouderen kunnen ondersteunen om zo lang mogelijk zelfstandig te blijven wonen.<sup>18</sup> Daartoe is Kompai onderdeel van een 'persoonlijk robotisch systeem', waarvan in kleding verwerkte sensoren deel uitmaken, evenals een telealarmsysteem en voedingsondersteunende systemen.

Ook in het *Ambient Assistive Living*-project<sup>19</sup> DOME0 wordt een open robotplatform ontwikkeld voor gepersonaliseerde thuisdiensten en voor cognitieve en fysieke ondersteuning van ouderen met het doel ouderen langer en veiliger thuis te laten wonen.<sup>20</sup> De *robuMATE*, ontwikkeld uit de Kompai-robot, dient als cognitieve ondersteuning van ouderen. De robot is zo ontwikkeld dat hij visuele en verbale interactie met bewoners kan hebben. Ook vormt hij een geheugensteun voor ouderen. In noodgevallen dient een videoverbinding ter analyse van de situatie. Deze robot is ook uitgerust met de mogelijkheid ouderen te stimuleren om te bewegen en hij kan het gedrag van ouderen in de gaten houden.



**Figuur 3.3** Robothulp Kompai

### 3.5 Ethische kwesties bij de invoering van zorgrobots

Met de ras voortschrijdende ontwikkelingen in robotica en de urgentie van de vergrijzingsproblematiek is ook het veld van de ethiek van zorgrobots de laatste jaren opgekomen (Borenstein & Pearson, 2010; Nagai, Tanoika & Fuji, 2010). De inzet van robots in de zorg roept veel vragen op. Deze paragraaf geeft eerst een overzicht van een aantal kwesties die in de literatuur gesignaleerd worden. Daarbij kijken we naar de invloed van zorgrobots op zowel zorgontvangers als zorggevers en de praktijk van zorg.

Het vervolg gaat dieper in op diverse ethische kwesties. Daarbij vertrekken we vanuit de verschillende rollen die zorgrobots kunnen vervullen (zie de definitie van zorgrobots in paragraaf 3.4): (1) de robot als vervanger van de verzorger, (2) de robot als ondersteuner van de verzorger, (3) de robot ter ondersteuning van de zorgontvanger, en ten slotte (4) de robot als vermaak voor de zorgontvanger.

### 3.5.1 Zorgontvangers, zorggevers en de zorgpraktijk

Robert en Linda Sparrow lieten in 2006 hun gedachten al gaan over de inzet van robots in ouderenzorg. Hun boodschap is duidelijk: de inzet van zorgrobots is onethisch. Ze benadrukken dat robots niet de zorg, het gezelschap of de genegenheid kunnen geven waar ouderen behoefte aan hebben. Zij zien de inzet van robots in de ouderenzorg als een uiting van een diepgaand gebrek aan respect voor ouderen. Collega-ethici verwerpen de zorgrobot niet meteen; zij zien mogelijkheden voor zorgrobots, maar onder bepaalde voorwaarden en met kanttekeningen (Borenstein & Pearson, 2010; Decker, 2008; Coeckelberg, 2010; De Witte, 2010).

Filosofe Shannon Vallor (2011) heeft de ethische discussie over zorgrobots in relatie met zorgontvangers onderverdeeld in zeven categorieën:

1. Objectivering: de ethische kwestie dat ouderen met de inzet van zorgrobots worden gereduceerd tot objecten die problematisch zijn en technologisch opgelost kunnen worden.
2. Autonomie: de potentie van zorgrobots om de mogelijkheden, vrijheid, autonomie en/of waardigheid van zorgontvangers te vergroten of te beperken.
3. Contact met de omgeving: de potentie van zorgrobots om het contact met de omgeving van zorgontvangers te verbeteren of te verslechteren.
4. Privacy: de potentie van zorgrobots om de privacy van mensen die verzorgd worden te vergroten of juist aan te tasten.
5. Kwaliteit van de zorg: het ethische discussiepunt van de kwaliteit van zorg die zorgrobots kunnen bieden.
6. Menselijk contact: de potentie van zorgrobots om menselijk contact met familie en verzorgers te vergroten of juist te verkleinen voor de mensen die verzorgd worden.
7. Misleiding: de potentie dat de relatie tot de zorgrobots misleidend of infantiliserend is.

De introductie van zorgrobots heeft niet alleen invloed op zorgontvangers, maar ook op verzorgers. Vallor (2011) schetst hoe het verzorgen van een ander kan bijdragen aan de ontwikkeling van de verzorger zelf. Door voor anderen te zorgen ontwikkelen wij bepaalde capaciteiten, zoals empathie en wederkerigheid, die onmisbaar zijn in intermenselijke relaties. De inzet van zorgrobots ontnemt verzorgers de mogelijkheid deze kwaliteiten te ontwikkelen. Ellen van Oost en Darren Reed (2011) nemen nog een breder perspectief en kijken naar de gehele zorgpraktijk. Het sociotechnische netwerk waar de robot in wordt geïmplementeerd, moet onder de loep worden genomen. Daarbij moet er ook oog zijn voor onverwachte veranderingen, veranderende relaties en verschuivingen in verantwoordelijkheden. Volgens Nelly Oudshoorn (2008) wordt het werk dat nodig is om de betreffende technologieën te laten functioneren, onzichtbaar. Een robot als Kompai vergt bijvoorbeeld regelmatig onderhoud en behoeft

personeel dat hierin kan voorzien. En ook een tilrobot als RIBA II heeft begeleiding van een verzorger nodig, evenals technische ondersteuning om de robot te onderhouden en in te grijpen bij storingen. Bovendien ontstaat een nieuwe verdeling van verantwoordelijkheden (Akrich, 1992; Oudshoorn, 2008), die nieuwe vaardigheden vereist van zowel zorgprofessionals als patiënten. De inzet van tele-technologieën en zorg op afstand vereist een andere manier van werken van zorgprofessionals. Ook Glenda Shaw-Garlock (2011) pleit ervoor dat alle aspecten van de sociotechnische wereld om ons heen worden geanalyseerd. Zoals het eerdergenoemde domoticaproject KOALA laat zien, ging het bij de inzet van zorg op afstand niet alleen om de acceptatie van gebruikers, ook de zorgverleners moesten hun werkzaamheden aanpassen.

### 3.5.2 De robot als verzorger

Amanda en Noel Sharkey (2010) betogen dat de inzet van robots in ouderenzorg ons niet per se zorgen hoeft te baren: het gaat vooral om de manier waarop de robots worden ingezet. Ook Michael Decker (2008) geeft aan dat de manier waarop mensen met robots samenwerken van belang is. Robots moeten volgens hem alleen instrumenteel ingezet worden. Mark Coeckelberg (2010) sluit zich hierbij aan en wil zorgrobots slechts inzetten voor 'routine zorgklussen'. Het gaat dan om taken waarbij geen emotionele, intieme, persoonlijke betrokkenheid vereist is. Het zorgzaam zijn, 'care giving', is voorbehouden aan mensen. Hiermee raken deze ethici aan een belangrijke basale vraag wat betreft zorgrobots: zijn robots in staat tot *zorgen*?

De manier waarop robots ingezet worden, blijkt hierbij een cruciaal punt. Wanneer robots worden ingezet ter vervanging van de verzorger, bestaat het risico dat zorg gedehumaniseerd wordt (Veruggio & Operto, 2008). Ook Sharkey en Sharkey (2010) wijzen op het ethische bezwaar van objectivering van ouderen door de inzet van zorgrobots. Wanneer robots taken zoals voeden en optillen overnemen, kunnen de zorgvragers zich als objecten voelen. Sterker nog, ze zien de mogelijkheid dat ouderen hierdoor het idee hebben minder controle over hun leven te hebben dan wanneer ze zorg van verzorgers ontvangen. Decker (2008) voorziet objectivering van de zorgontvanger juist bij de inzet van domotica. Hij wijst op een vergrote kans van 'instrumentalisering' van de zorgontvangers bij domotica: de aanwezige technologie is onzichtbaar en acties zijn gedecentraliseerd, in tegenstelling tot robots, waarmee de gebruiker directe interactie heeft.

Het ethische bezwaar van 'objectivering van de patiënt' sluit aan bij de gedachte dat robots niet kunnen *zorgen*. Robots zijn apparaten die de empathische capaciteiten en wederkerigheid van menselijke zorgrelaties niet kunnen nabootsen, is de onderbouwing. Menselijk contact wordt vaak

als noodzakelijk gezien voor het verlenen van goede zorg (Coeckelberg, 2010). Volgens Sparrow en Sparrow (2006) zijn robots niet in staat om te voldoen aan de emotionele en sociale behoeften die ouderen nodig hebben bij vrijwel alle zorgtaken. Bovendien leidt de inzet van zorgrobots ter ondersteuning van verzorgend personeel niet automatisch tot meer tijd voor 'zorgen'. De economische druk kan ervoor zorgen dat op de gezondheidszorg wordt bezuinigd.

Borenstein en Pearson (2010) kijken hier rooskleuriger tegenaan. Wanneer robots verzorgers ondersteunen in hun taken, wordt het verlenen van zorg een duidelijke keuze. Ze zien robots als technologieën die het geven van zorg vergemakkelijken en de kans juist verkleinen dat verzorgers slecht behandeld worden door zorgontvangers. Zorgrobots kunnen verzorgers ontlasten en daardoor een ander licht werpen op de discussie over ouderenzorg. Borenstein en Pearson wijzen ons er ook op dat we voorbereid moeten zijn op onverwachte, tegengestelde verschuivingen die niet leiden tot tijdswinst. Dit brengt ons weer terug bij het punt van Van Oost en Reed (2011) en Shaw-Garlock (2011): bij de reflectie op zorgrobots moeten niet alleen de direct betrokkenen onder de loep worden genomen, maar moet de gehele sociotechnische context onder de loep worden genomen. Daarbij dienen we aandacht te hebben voor verschuiving van verantwoordelijkheden en moeten we kritisch reflecteren op de daadwerkelijke tijdswinst die met de inzet van zorgrobots geboekt wordt.

### **3.5.3 De robot als toezichthouder**

De inzet van robots als toezichthouder vloeit voort uit ontwikkelingen op het gebied van domotica: de mogelijkheden om op afstand patiënten in de gaten te houden, diagnoses te stellen of mensen te behandelen nemen toe (Oudshoorn, 2008). De verwachting is dat dergelijke 'tele-technologieën' tijd- en kostenbesparend zijn: de machine neemt (deels) het werk van de mens over. Echter, dit betekent ook dat verschillende technologieën veel gegevens verzamelen over de mensen die deze zorg op afstand ontvangen: sensoren in huis kunnen vastleggen wanneer iemand in bed ligt, de koelkast opent of naar buiten gaat; sensoren in kleding kunnen de lichamelijke gesteldheid van mensen vastleggen en doorgeven; en camera's kunnen registreren wat iemand allemaal in huis doet of maken het zelfs mogelijk dat er 24 uur per dag wordt meegekeken met de zorgontvanger. Deze data geven veel informatie over het dagelijks reilen en zeilen van de zorgontvangers en werpen daardoor vragen op over de privacy van zorgontvangers. Volgens Borenstein en Pearson (2010) is de mate van controle van de zorgontvanger over de informatie die verzameld wordt van belang. Wanneer mensen controle hebben over de verzamelde informatie, komt dit de autonomie van de betreffende persoon ten goede.



Volgens Sharkey en Sharkey (2010) komen menselijk contact en privacy in het geding wanneer robots ouderen monitoren en controleren. Er kan een reductie van menselijk contact dreigen: robottechnologieën vervangen de aanwezigheid van mensen en daarmee de hoeveelheid menselijk contact. Door het monitoren en controleren van ouderen vindt er een inbreuk op de privacy plaats. Denk aan een robot uitgerust met een camera die op afstand bestuurbaar is: zorgontvangers zullen het niet prettig vinden dat deze robot vastlegt wanneer ze nog niet aangekleed zijn of juist in bad gaan. Deze kwestie wordt complexer als het gaat om dementeerende ouderen; in hoeverre kunnen zij aangeven of zij zich bewust zijn van de aanwezigheid van een technologie die hun dagelijks leven vastlegt? Belangrijke vragen die bij het privacyvraagstuk spelen zijn: wie heeft er toegang tot de betreffende technologie, welke data worden opgeslagen, en hoe lang worden deze data opgeslagen? Deze vragen spelen op korte termijn een belangrijke rol met de opkomst van zorg op afstand. De steeds grotere schaal waarmee zorg op afstand wordt verleend, vereist reflectie op de mate waarin er inbreuk op de privacy gemaakt wordt.

### **3.5.4 De robot als sleutel tot autonomie**

Zorgrobots kunnen voorzien in de behoefte om ouderen steeds langer zelfstandig te laten wonen. Kompai is een voorbeeld van een dergelijke robot. Deze robot staat in dienst van de zorgontvanger: Kompai helpt mensen herinneren aan afspraken, kan zorgen voor entertainment door het afspelen van muziek, kan informatie geven waar om gevraagd wordt, en ook kan Kompai de patiënt ondervragen als deze bijvoorbeeld pijn in het been heeft en dit vervolgens registreren. Robots ter ondersteuning van zorgontvangers kunnen ook ingezet worden om ouderen te activeren, om hen te stimuleren te bewegen of om erop uit te gaan. Op die manier kunnen ouderen uit hun isolement komen. Hier wordt vaak als tegenargument gebruikt dat thuiszorg veel meer is dan het huishouden en doen van medische handelingen: er is menselijk contact met een verzorger. Zo vinden Sharkey en Sharkey (2010) dat bij een dergelijke inzet van zorgrobots ouderen menselijk contact ontzegd wordt. Zij omschrijven de inzet van zorgrobots in plaats van menselijke verzorgers als 'wreed'. De vraag is of het contact met zorgrobots het gemis aan menselijk contact kan compenseren.

Hiertegen kan worden ingebracht dat de inzet van robots mensen juist de kans geeft langer zelfstandiger te wonen zonder afhankelijk te zijn van de zorg van derden. Denk bijvoorbeeld aan slimme robottechnologieën die helpen met steunkousen aantrekken, assisteren bij het douchen of naar het toilet gaan. Op deze manier bieden robots juist een kans tot een menswaardiger bestaan. Borenstein en Pearson (2010) zien deze voordelen ook: onder bepaalde voorwaarden kunnen zorgrobots ervoor zorgen dat mensen met een beperking onafhankelijker zijn. Daarbij is het wel

van belang dat de persoon in kwestie controle heeft over de robot, dit in tegenstelling tot de controle die patiënten over hun verzorgers hebben. Anderzijds kunnen zorgrobots ingezet worden als ‘cognitieve prothese’: een robot kan helpen iemand te herinneren medicijnen in te nemen of op tijd te eten. Het gaat dan om technologieën die een verlengstuk zijn van de patiënt en niet van de verzorger.

De inzet van ondersteunende zorgrobots roept ook vragen op. Hoe dwingend moet een robot zijn in het herinneren aan het nemen van de medicijnen bijvoorbeeld? Wat als iemand weigert medicijnen in te nemen? Het gevaar van paternalisme komt om de hoek kijken. Het gaat er dan om dat robottechnologieën gebruikers een bepaalde manier van handelen opleggen, gebaseerd op het idee dat de ontwikkelaars beter weten wat goed is voor gebruikers dan zij zelf (Royakkers, Van de Poel & Pieters, 2006). Sharkey en Sharkey (2010) stippen dit punt ook aan en stellen dat de mate waarin een robot ingrijpt van invloed is op de vrijheid van een zorgontvanger. Als een robot de functionaliteit heeft om in te grijpen in gevaarlijke situaties, zoals het uitzetten van het gas of de kraan die maar blijft lopen, dan is de vraag hoe dwingend dit ingrijpen moet zijn. Het risico is dat we ons op een hellend vlak begeven en autoritaire zorgrobots creëren (Sharkey & Sharkey, 2010). De ethische zorgrobot zou een oplossing zijn. Een ethische robot is zo geprogrammeerd dat deze geleid wordt door ethische principes in het handelen en uitvoeren van acties (Decker, 2008). Techniekfilosoof Martijntje Smits vraagt zich in haar Rathenau-blog ‘Een ethische robot’<sup>21</sup> terecht af of het mogelijk is een ethische robot te bouwen. Afgezien van de complexiteit die gepaard gaat met het nemen van ‘ethische beslissingen’ wijst zij erop dat *zorgen voor* meer is dan het behalen van een doel. Het gaat om de relatie die een verzorger aangaat met de patiënt: ‘Zorgen voor iemand gaat uiteindelijk niet over het maken van morele afwegingen, en om het bereiken van een doel (genezen, welzijn) maar over een relatie aangaan met degene die verzorgd wordt.’

### 3.5.5 De robot als gezelschapstechnologie

De robot als gezelschapstechnologie roept controversiële beelden op: eenzame ouderen die alleen nog maar contact hebben met robotdieren of humanoïden. De ethische bezwaren van de gezelschapsrobot richten zich op de mate van menselijk contact die een dergelijke technologie bewerkstelligt of juist ontnemt en het misleiden van de, bijvoorbeeld, dementerende patiënt (Sparrow & Sparrow, 2006; Borenstein & Pearson, 2010; Coeckelberg, 2010; Sharkey & Sharkey, 2010; Turkle, 2006). Sparrow en Sparrow (2006) omschrijven zorgrobots voor ouderen als ‘simulacra’ voor echte sociale interactie. Daarbij vragen ze zich af in hoeverre een robot voor langdurig vermaak kan zorgen; zodra de noviteit van de robot af is, belandt deze werkeloos in een hoek, is hun verwachting. Borenstein en Pearson (2010) zijn positiever over de inzet van robots: hoewel robots niet

kunnen voorzien in echte vriendschap, kan de inzet van een gezelschapsrobot, zoals robotzeehondje Paro, gevoelens van eenzaamheid en isolatie verlichten.

Sparrow en Sparrow (2006) zijn echter sceptisch over de inzet van dergelijke robots. Volgens hen zijn robots die verwaarloosd, gepauzeerd of uitgezet kunnen worden hoogstwaarschijnlijk niet in staat om een betekenisvolle relatie op te bouwen met de 'gebruiker'. Kenmerkend van onze relatie met een ander mens is dat de andere partij zijn eigen behoeften en wensen heeft, onafhankelijk van onze eigen behoeften en wensen. 'Het beroep dat andere mensen op ons doet is daarom onvoorspelbaar, soms onverwacht en vaak ongemakkelijk', aldus Sparrow en Sparrow (2006, p. 149).

### 3.6 Slotbeschouwing

De vraag 'ja robotzuster, nee robotzuster' staat centraal in dit hoofdstuk. Ontwikkelaars van robots hebben hoge verwachtingen: zorgrobots nemen in de toekomst werk uit handen van verzorgers. Het scenario van een verzorgingstehuis vol slimme apparaten en machines die voor ons zorgen doemt onherroepelijk op. Wordt dit toekomstbeeld werkelijkheid als de vergrijzing op haar hoogtepunt is in 2040? In dit hoofdstuk hebben we gekeken naar wat er al kan qua zorgrobots en wat mogelijk wordt op de korte en middellange termijn. Daarnaast hebben we de maatschappelijke en normatieve kwesties van zorgrobots voor de kortere en langere termijn onder de loep genomen: welke ethische bezwaren spelen bij de inzet van robottechnologieën in de zorg? In deze slotparagraaf kijken we terug op deze vragen. Op basis daarvan benoemen we enkele kwesties die aandacht in het publieke en politieke domein behoeven.

#### 3.6.1 Verwachtingen: van domotica naar robotica

De komende tien jaar zullen zorgondersteunende robots nog niet op grote schaal hun intrede doen in de zorg. De inzet van zorgrobots moet vooral bekeken worden vanuit de ontwikkeling en inzet van domotica. Deze slimme technologieën die op steeds grotere schaal verwerkt worden in onze leefomgeving, zijn de opmaat naar een toekomst met robots. Domotica maken het mogelijk mensen op afstand in de gaten te houden; ze bieden de mogelijkheid om met een tv vanuit huis makkelijk te praten met zorgprofessionals. Ook kunnen data, zoals bloedsuikervwaarden of hartfilmpjes, naar de huisarts of het ziekenhuis worden gestuurd. We verwachten dat de mogelijkheden van domotica steeds verder uitgebreid zullen worden en ondersteunend zijn voor robottechnologieën. Echter, naast technologische uitdagingen is er de uitdaging om domotica- en robotcatoepassingen kosteneffectief te maken. Daar zijn vaak jarenlange

innovatieve trajecten voor nodig en juist binnen de langdurende zorg is innovatie meestal een moeizaam te financieren proces.

Ondanks dit moeizame proces zullen domotica in steeds grotere mate onderdeel worden van de zorgpraktijk vanwege de trend van decentralisatie en toenemende voorzieningen voor het verlenen van zorg op afstand. Tele-technologieën maken het mogelijk dat mensen steeds meer zorg thuis ontvangen. Ouderen kunnen mede daardoor langer zelfstandig blijven wonen. Het vermoeden is dat verzorgers hierdoor makkelijker zorg kunnen verlenen en zorgontvangers meer controle hebben over de zorg die zij krijgen.

Op lange termijn zullen robots hun intrede doen in de zorg. De ontwikkeling van bijvoorbeeld de Japanse tilrobot RIBA II brengt de inzet van zorgrobots een stapje dichterbij. Deze robot ondersteunt verzorgers in het tillen van mensen. Naast robots ter ondersteuning van verzorgers is ook de robot die mensen in staat stelt langer zelfstandig te wonen in opmars. Mogelijke taken van deze robot zijn het bijhouden van de agenda en boodschappenlijstjes, het afspelen van muziek, het herinneren aan medicijngebruik of afspraken, en het waarschuwen dat het gas nog aanstaat of een raam openstaat. Waar het nu nog gaat om onhandige kolossen met metaalachtige stem, is het streven van ontwikkelaars om multifunctionele robots te bouwen die in staat zijn op emoties te reageren en zelf emoties te tonen. Hiermee willen ontwikkelaars een robot creëren die mensen kan helpen en gezelschap kan houden (zie hoofdstuk 2).

### **3.6.2 Ethische kwesties en regulering van zorgrobots**

De inzet van robottechnologieën in de zorg zet de vraag op scherp in hoeverre er in het huidige en toekomstige zorgsysteem ruimte is om te *zorgen*. Zorgen draait om het welzijn van mensen, om een relatie met hen aangaan, om tegemoetkomen aan hun ongemakken, en een balans te zoeken tussen wat goed is voor diegene en wat diegene zelf wil. Robots lijken de belichaming van een effectieve en efficiënte zorg: de ultieme rationalisatie van een concept dat niet te vangen is in sensoren, cijfers en data. De inzet van zorgrobots vraagt om een visie op de zorgpraktijk, waarbij de discussie moet gaan over wat we precies onder 'zorg' verstaan, met inachtneming van aspecten als wederkerigheid, empathie en warmte en welke rol technologie daarbinnen speelt.

#### **Afstemming**

Ontwikkelaars dienen de wensen en behoeften van zowel verzorgers als zorgontvangers mee te nemen in het ontwerpproces. Dit vraagt van technici een 'value sensitive design': een ontwerp waarin ook rekening is gehouden met de wensen en behoeften van de verschillende groepen gebruikers – zowel verzorgers als zorgontvangers. Deze gebruikers

moeten zo vroeg mogelijk in het ontwerpproces worden betrokken. De Europese projecten Mobiserv, CompanionAble en KSERA laten zien hoe dit kan. Ook vraagt het gebruik van tele-technologieën en domotica om een heldere afstemming met andere betrokken partijen, zoals huisartsen, ziekenhuizen, verpleegtehuizen, thuiszorginstellingen, zorgverzekeraars en familie. Bovendien is het argument dat robots personeelstekorten in de zorg kunnen opvangen, niet hard te maken. In plaats van vervanging van arbeid leidt de inzet van zorgrobots eerder tot verschuiving en herverdeling van verantwoordelijkheden en taken en tot nieuwe vormen van zorg verlenen. Daarom moet zowel in de praktijk als in het beleid de gehele context waarin zorgtechnologieën worden ingezet onder de loep worden genomen.

### **Privacy**

Op korte termijn spelen ethische kwesties van domotica een rol. Het registreren en monitoren van het gedrag van zorgontvangers werpt privacyvraagstukken op. Welke gegevens worden er precies verzameld over de mensen die gemonitord worden? Wat zeggen deze gegevens over het dagelijks reilen en zeilen van het betreffende huishouden? Wie heeft er toegang tot de verzamelde gegevens? Hoelang worden de gegevens bewaard? Zijn de zorgontvangers zich bewust van het feit dat er gegevens over hen worden verzameld? Is het verantwoord deze technologieën in te zetten en data te verzamelen als mensen zich, door bijvoorbeeld dementie, niet bewust zijn van de aanwezigheid van dergelijke technologieën? Deze privacyvragen moeten door ontwikkelaars en politici in acht worden genomen bij de inzet van zowel domotica als robotica. Een belangrijk aandachtspunt is de mate waarin mensen controle hebben over de data die over hen verzameld worden. Dit vraagt van ontwikkelaars dat ze vanaf het begin van het ontwerpproces nadenken over de consequenties van de inzet van hun robottechnologieën in termen van privacy. Daarbij moet een balans gezocht worden tussen het beschermen van de persoonlijke levenssfeer enerzijds en het voorzien in de behoefte tot zelfstandig wonen anderzijds.

### **Menswaardigheid**

Een ander belangrijk bezwaar dat ethici aanvoeren is de verwachte reductie in menselijk contact. Zorgontvangers hebben geen direct contact meer met menselijke verzorgers, maar met apparaten of gemedieerd door technologieën. De toenemende inzet van zorgrobots werpt daarom ook maatschappelijke kwesties op betreffende de menswaardigheid van de zorgontvanger. Door de inzet van robots worden zorgontvangers gedehumaniseerd en geobjectiveerd, is een aanvullend ethisch bezwaar. Eveneens komt het risico van paternalisme om de hoek kijken: de mate waarin robotsystemen dwingend mogen handelen.

De vraag die hieraan ten grondslag ligt is: op hoeveel menselijk contact heeft een zorgontvanger recht? Daarbij is het van belang de keus van de zorgontvanger in acht te nemen. Sommige mensen zullen een menselijke verzorger prettig vinden, terwijl anderen juist de voorkeur geven aan ondersteuning door robots, dat geeft hun juist een groter gevoel van eigenwaarde. Robots kunnen dan ingezet worden om mensen een zelfstandiger bestaan te bieden of hen te activeren er meer op uit te gaan. Zo kunnen ouderen bijvoorbeeld makkelijker hun sociale contacten onderhouden als ze er door robots zelfstandig op uit kunnen: robots als technologie tegen de eenzaamheid. Of robots die mensen assisteren bij het douchen of naar de wc gaan: robots als sleutel tot zelfstandigheid. Ook hier geldt dat de manier waarop en het doel waarmee robots worden ingezet van belang zijn. Hoe meer controle de zorgontvanger over de robot heeft, hoe kleiner de kans dat de zorgontvanger zich geobjectiveerd voelt door de zorgrobot. De inzet van tele-technologieën en robotica is dus maatwerk, waarbij de behoeften van zorgontvangers niet uit het oog moeten worden verloren. We sluiten ons aan bij het advies van Sharkey en Sharkey (2010), die stellen dat bij het gebruik van (tele)robotzorg steeds een goede balans gezocht moet worden tussen het verhogen van de kwaliteit van leven (doordat ouderen langer thuis kunnen blijven wonen) en het beschermen van de individuele rechten van mensen en hun fysieke en mentale welzijn.

### **Innovatie**

Daarnaast blijkt de zorg een weinig innovatieve sector te zijn. De wijze waarop vergoedingen zijn georganiseerd, maakt deze sector oninteressant voor investeerders. Het lange traject dat afgelegd moet worden in combinatie met een versnipperde innovatiepraktijk nodigt niet uit tot investeren en innoveren. Roger van Boxtel en Harry Niehuis dragen een oplossing aan: 'Er is daarom in de zorg een cultuur nodig van durf en ondernemerschap, waarin partijen worden geprikkeld om meer samen te werken aan ICT-toepassingen zoals zorg op afstand.' Om te kunnen innoveren is afstemming tussen verschillende partijen noodzakelijk: van ontwikkelaars tot zorgontvangers, verzorgers, verzekeraars en politici. Aan de basis hiervan staat de eerdergenoemde visievorming op de zorgpraktijk.

### **Competenties verzorgers**

Op middellange termijn stelt de toenemende inzet van zorgrobots eisen aan de competenties van verzorgers. Door mediatie van technologie krijgen verzorgers andere informatie en ook zijn de interventiemogelijkheden veranderd door tussenkomst van technologie. De inzet van robottechnologieën creëert een nieuwe zorgpraktijk, waarin de verzorger een nieuwe rol krijgt, diens taken veranderen en verantwoordelijkheden verschuiven. Immers, het werken met een tilrobot vereist specifieke vaardigheden

van verzorgers: weten hoe de robot het beste aangestuurd kan worden en kunnen anticiperen op eventuele storingen. 'Zorg op afstand' vraagt van verzorgers dat ze via een beeldscherm een diagnose kunnen stellen of een patiënt gerust kunnen stellen. Van de zorgontvanger worden ook nieuwe vaardigheden verwacht. Zo moet de zorgontvanger kunnen omgaan met tele-conferencing en het doorsturen van gegevens naar een huisarts. Daarnaast vraagt dit van zorgprofessionals het vermogen om uitleg te geven aan patiënten over de technologie en hen hiermee vertrouwd te maken. De omgang met (robot)technologieën behoeft daarom een plek te krijgen in de opleiding van verzorgers, zodat verzorgers zonder problemen kunnen omgaan met en anticiperen op de mogelijkheden en onmogelijkheden van robottechnologieën.



## **‘Het werk verandert, maar persoonlijk contact blijft onvervangbaar’**

Hans Rietman, hoogleraar  
Revalidatiegeneeskunde en -technologie  
aan de Universiteit Twente

Hans Rietman is niet vanuit de techniek de zorg in gerold, maar vanuit de medische wereld tot de techniek gekomen. En ja, dat maakt verschil. Prachtig hoor, vindt hij, zo’n geavanceerd exoskelet waarmee ‘de lammen weer kunnen lopen’. Maar houden de bouwers er wel rekening mee dat de patiënt, als ze er niets tegen doen, schuurwonden oploopt?

‘Nieuwe robotische apparaten kun je het beste ontwikkelen in de driehoek van de patiënt met zijn wensen, de behandelaar met zijn ideeën en de ingenieur met zijn technische mogelijkheden’, zegt Hans Rietman. ‘Dat is de boodschap die ik graag overbreng.’

Rietman verkeert dan ook in een bijzondere positie van waaruit hij bij uitstek het belang van alle drie de partijen kan beseffen: aan de Universiteit Twente geeft hij aankomende ingenieurs college over onder meer revalidatietechnologie én hij ziet als revalidatiearts patiënten bij het Enschedese revalidatiecentrum Roessingh. Ook is hij directeur van onderzoeksinstituut Roessingh R&D, dat weer nauw samenwerkt met de Universiteit Twente, een paar kilometer verderop.

### **Coachende therapeut**

Het onderzoekscentrum dat Rietman leidt, werkt onder meer aan de ontwikkeling van therapeutische robots – typisch zo’n ingenieursproduct waar idealiter patiënt en behandelaar baat bij hebben. ‘Na een herseninfarct moeten mensen intensief oefenen om hun motorische functies te herstellen, vooral van armen en benen, zodat ze op termijn weer thuis kunnen wonen. Daarbij moeten ze feedback krijgen op hun oefeningen. Het beste zou zijn als ze meermalen per dag konden oefenen, liefst met activiteiten die nuttig en motiverend zijn. Maar voor bijvoorbeeld looptraining heb je per patiënt minimaal twee therapeuten nodig, en het is voor die therapeuten zo zwaar dat ze dat maar een kwartier volhouden. Arbotechnisch zouden ze dat zelfs eigenlijk maar één keer per dag mogen doen. Daarom hebben wij, samen met de UT en andere partners, gekeken of dat niet door een robot overgenomen kan worden; die wordt niet moe en misschien kan hij het wel beter. Dat heeft geleid tot de LOPES, een soort uitwendig skelet vol sensoren, die het gewicht van de patiënt ondersteunt en de loopbewegingen waar nodig ondersteunt en corrigeert. Voor



de arm bestaat ook zo iets; de hand is op dit moment nog te gecompliceerd, maar daar wordt nu in een internationaal project aan gewerkt. Mijn toekomstbeeld is dat we over pakweg tien jaar zaaltjes hebben waar twee of drie van die looprobots staan en vijf armrobots. De oefeningen bestaan deels uit games die de patiënten spelen, in 2D met grote aanraakschermen of in 3D à la de Wii. Mensen oefenen daar dan onder begeleiding van één therapeut, die dus zijn aandacht verdeelt over meerdere revalidanten. Diens rol wordt dan meer die van coach. Het beroep verandert, maar blijft belangrijk: alleen hij kan inschatten in welke fase van herstel de patiënt zit en hij voelt het meest nauwkeurig welke correcties die in zijn beweging moet aanbrengen.'

### **Onvervangbaar**

'We doen onderzoek om deze nieuwe therapievorm te vergelijken met de conventionele. De resultaten blijken tot dusverre dicht bij elkaar te liggen op punten als loopsnelheid, uithoudingsvermogen, kwaliteit van het lopen en dergelijke. De robot is dus nog niet beter, maar wel even goed.

Wij vinden het daarnaast ook belangrijk hoe de patiënten het ervaren. Als Roessingh brengen wij in de samenwerking met technische partijen zoals de UT juist ook de subjectieve, emotionele kant in. We slaan bijvoorbeeld ook acht op voor de patiënt belangrijke zaken als: hoeveel tijd kost het om zo'n apparaat "aan te trekken", met alle sensoren en zo? Dat moet niet langer dan een minuut of drie duren, vinden we – we zitten nu nog op vijf. Wat de armrobot betreft: patiënten blijken het veelal juist léúk te vinden om daarmee te oefenen. Zelfs ouderen zijn tegenwoordig gewend aan computerspelletjes. Hun voornaamste klacht is nog dat ze meer variatie zouden willen.

Ik bespeur ten aanzien van dit soort apparatuur soms wat meer terughoudendheid bij behandelaars en verzorgenden dan bij patiënten. Dat heeft denk ik twee oorzaken. Ten eerste krijgen de professionals vaak te maken met prototypes. De kinderziektes zijn lastig en leveren veel frustratie op. Heel begrijpelijk. Ten tweede wordt vaak geroepen dat robots therapeuten en verzorgenden kunnen vervangen. Zelf denk ik dat die heel belangrijk blijven. De emotionele kant van het persoonlijk contact is onvervangbaar. Wel zou het persoonlijk contact met een therapeut minder frequent kunnen worden, als patiënten tussendoor met een robot kunnen oefenen. Die vinden dat juist ook prettig.'

### **Liever een rolstoel**

Andere robotica waar Roessingh R&D aan werkt, zijn intelligente protheses (vervangers van ledematen) en ortheses (uitwendig gedragen hulpmiddelen ter ondersteuning of correctie van lichaamsdelen). Het intelligente van deze producten zit hem erin dat ze, net als de revalidatiebots, dankzij sensoren 'weten' welke beweging de gebruiker wil maken en hun eigen 'handelen' daaraan aanpassen.

Toch zitten ook hier haken en ogen aan die je met een puur technologische bril op makkelijk over het hoofd ziet, vertelt Rietman. 'Er zijn nu beenprothesen met heel geavanceerde computers in de knie. Maar hoewel vooral ouderen een beenprothese nodig hebben, zullen vooral jongeren hiervan profiteren, omdat de verzekering het voor ouderen te duur zal vinden. In de toekomstige prothesen zullen motoren zitten, zodat ze het lopen nog meer ondersteunen. Maar veel ouderen zullen zo'n krachtige prothese moeilijk kunnen aansturen en beheersen, omdat hun motorische intelligentie minder is. Daar kun je ongelukken van krijgen. Voor hen zullen andere, niet-robotische verbeteringen in protheses misschien nuttiger zijn.'

Ook bij ortheses, zoals uitwendige skeletten voor mensen met verlamde ledematen, zijn er niet alleen technische problemen aan de orde. Al zijn die er ook: hoe kan de gebruiker die hulpmiddelen aansturen als zijn zenuwen geen signalen meer afgeven, zoals bij een dwarslaesie, of afwijkende signalen afgeven, zoals bij spasticiteit? Maar bovenal wordt op dit punt goed zichtbaar 'dat zulke ontwikkelingen vaak technologiegedreven zijn', zegt Rietman. 'Men staat er te weinig bij stil dat de patiënt in een apparaat komt te zitten dat schuurt en irriteert. Je krijgt decubitus, vergelijkbaar met de doorzitplekken waar mensen in een rolstoel voor moeten uitkijken. Dat is met goede, innovatieve materialen misschien te voorkomen, maar dat heeft in het onderzoek geen prioriteit. Terwijl ik dus vind dat je van de wens van de patiënt moet uitgaan. Ik verwacht dan ook eigenlijk dat over tien jaar de meeste patiënten nog steeds liever een rolstoel zullen gebruiken.'

### **Verraden door een robot**

Of er in de zorg over tien jaar veel servicerobots zullen rondlopen, betwijfelt Rietman. 'We werken hier wel aan een tillift die zo intelligent is dat je hem een robot kunt noemen. Alleen voor in zorginstellingen, verwacht ik, want voor thuisgebruik is hij veel te duur. Bovendien moet een apparaat thuis aan nog strengere eisen voldoen, omdat daar geen professional in de buurt is voor als er iets misgaat.

Waar ook her en der aan gewerkt wordt, zijn de sociale robots, die je gezelschap houden en gesprekjes met je voeren. Ik word daar een beetje ongemakkelijk van. Ze kunnen wel heel *sophisticated* geprogrammeerd gaan worden, hoor, zodat de robot adequaat reageert op gevoelens en vragen. Wellicht zal zo'n gesprek op zeker moment moeilijk te onderscheiden zijn van praten met een persoon. Interessant is dat het niet eens uit blijkt te maken dat de robot er niet menselijk uitziet. Ik heb eens Canadees onderzoek gezien van een robot die maar 1,30 meter groot was en een klassiek robohoofd had, maar wel met menselijke spraak. Toen ze een patiënt met hem lieten praten, ging die de robot binnen vijf minuten behandelen als een levend wezen. Hij probeerde de robot zelfs ertussen te nemen! En toen de robot later aan de therapeut vertelde dat de patiënt

bepaalde oefeningen niet gedaan had, voelde de patiënt zich in de kou gezet. Verraden.

Je krijgt hier natuurlijk met ethische discussies te maken. En wat ik heel leuk vind: als ik college geef over de relatie tussen zorg en revalidatietechniek, snijden die toekomstige ingenieurs heel vaak uit zichzelf die ethische vragen aan. Wat betekenen deze technieken voor de individuele patiënt en voor de maatschappij? Ik vind het heel goed en belangrijk dat ze over zulke zaken meteen al nadenken.'





# Robotauto: rij jij of rij ik?

## 4.1 Inleiding

*'Kan een auto een verkeersbord lezen?*

*Kan een auto door de grill te openen en te sluiten de aerodynamica verbeteren en het brandstofverbruik verminderen?*

*Kan een auto uit zichzelf stoppen om een ongeluk te voorkomen of zichzelf in een klein gaatje parkeren?*

*Of u waarschuwen wanneer een andere auto in uw dode hoek zit?*

*Dankzij de toonaangevende technologieën kan deze auto dat.*

*Ford introduceert de geheel nieuwe Ford Focus. Start meer dan de auto.'*<sup>1</sup>

Het intelligenter maken van de auto, oftewel de robotisering van de auto, heeft de laatste jaren een vlucht genomen. De ontwikkeling van bijvoorbeeld nieuwe, slimme rijtaakondersteunende systemen in auto's gaat momenteel razendsnel. Dat komt deels doordat benodigde componenten, zoals videocamera's, microprocessors en sensoren, steeds goedkoper worden. Daardoor zijn dergelijke systemen niet langer alleen weggelegd voor topmodellen, maar worden ze steeds meer ook in middenklassenmodellen toegepast. Daarnaast concurreren autoproducenten met elkaar met name op het gebied van comfort en veiligheid, omdat er aan de kwaliteit van auto's eigenlijk niet veel meer te verbeteren valt (Gusikhin, Filev & Rychtyckyj, 2008). Intelligentie wordt daarom het unique selling point van een nieuwe auto, zoals duidelijk blijkt uit de reclametekst van de Ford Focus.

Daarnaast spelen navigatiesystemen een rol bij de robotisering van de auto. Via deze systemen kunnen automobilisten verkeersinformatie krijgen, zoals route-, file- en incidenteninformatie, maar ook waarschuwingen voor snelheidsbeperkingen en gevaarlijke bochten. Door deze 'connected navigation' is een voertuig zichtbaar en kan de verkeersmanager met de gebruiker communiceren. Verkeersmanagement is hierbij dus onontbeerlijk. Hierdoor kan er een verschuiving plaatsvinden van het informeren naar het adviseren en geleiden van automobilisten.

Een volgende stap in de robotisering van de auto is die van coöperatieve voertuig-wegsystemen. Deze coöperatieve systemen kenmerken zich door de toepassing van communicatie tussen voertuigen onderling en tussen voertuigen en wegkantssystemen. Een voorbeeld van coöperatief rijden is het 'treintje rijden', waarbij auto's door middel van draadloze communicatie met elkaar zijn verbonden. Auto's die zich in elkaars buurt



bevinden, wisselen daarover informatie uit over hun snelheid, positie en versnelling, en gaan vervolgens autonoom, dus de bestuurder kan zijn handen van het stuur houden, in een 'treintje rijden' met een volgafstand van 0,2 seconden in plaats van de bijna 2 seconden die auto's nu gemiddeld nemen als volgafstand. Wanneer een auto remt, minderen de achterliggende voertuigen ook nagenoeg direct vaart.

In dit hoofdstuk definiëren we de robotisering van de auto als een combinatie van ontwikkelingen op de vorenstaande drie gebieden: rijtaakondersteunende systemen, verkeersmanagement en coöperatieve systemen. De verdere ontwikkeling van deze drie gebieden zal in de toekomst kunnen leiden tot de introductie van de autonome auto.

Ook de Europese Commissie stimuleert de robotisering van de auto vanuit het oogpunt van verkeersveiligheid: 'Verkeersveiligheid is een kwestie van groot maatschappelijk belang. In 2009 verloren meer dan 35.000 mensen het leven op de wegen van de Europese Unie, het equivalent van een middelgrote stad, en werden niet minder dan 1.500.000 mensen verwond bij ongevallen. De maatschappelijke kostprijs hiervan is enorm, ongeveer 130 miljard euro in 2009' (Europese Commissie, 2010). De Europese Commissie heeft de ambitie om in 2020 het aantal verkeersdoden op de Europese wegen met de helft te verminderen door onder meer het veiliger maken van voertuigen en het bevorderen van intelligente vervoerssystemen waarbij bijvoorbeeld gegevens uitgewisseld kunnen worden tussen het voertuig en de infrastructuur. De robotisering van de auto wordt ook als een veelbelovende oplossing gezien voor andere problemen waarvoor het moderne wegverkeer de samenleving stelt, zoals files, ruimtegebrek en emissies.

De Europese Commissie bevordert de robotisering van de auto met name door diverse rijtaakondersteunende systemen verplicht te stellen. Voor nieuwe auto's werd in 2008 het antiblokkeerremstelsel (ABS) verplicht gesteld. De elektronische stabiliteitscontrole (ESC) is vanaf 2011 verplicht, en eCall (een waarschuwingssysteem dat automatisch de hulpdiensten alarmeert bij een ongeval) zal vanaf 2015 verplicht worden gesteld. Daarnaast financiert de Europese Commissie tal van onderzoeksprojecten, waarbij zowel onderzoeksinstituten als autoproducenten worden betrokken, met betrekking tot rijtaakondersteunende systemen, coöperatieve systemen en verkeersmanagement.<sup>2</sup> Bij een groot aantal van deze projecten is ook TNO betrokken (zie bijvoorbeeld TNO, 2008). Hiermee loopt de Europese Commissie volgens Van Arem (2010) voorop bij de bekendheid met en bevorderen van de robotisering van de auto.

TNO omschrijft de robotisering van de auto in de 21ste eeuw als een geleidelijk, revolutionair proces, maar met onomkeerbare veranderingen

in de rol van de bestuurder en de invloed van ICT.<sup>3</sup> TNO verwacht over 25 jaar de autonome auto op de markt. De eerste veranderingen zijn al zichtbaar. De automobilist wordt in steeds meer rijtaken ondersteund, en het zal niet meer lang duren of er zullen rijtaken van de automobilist worden overgenomen. In dit hoofdstuk verkennen we de maatschappelijke en ethische vraagstukken die ons te wachten staan bij de opmars van de intelligente personenauto. Daartoe schetsen we in paragraaf 4.2 de problemen van het moderne wegverkeer, waarvan verwacht wordt dat de robotisering van de auto een grote bijdrage kan leveren om deze problemen op te lossen. Vervolgens brengen we in paragraaf 4.3 de robotisering van de auto in kaart langs drie lijnen: rijtaakondersteunende systemen, verkeersmanagement en coöperatieve systemen. In paragraaf 4.4 staat de autonome auto centraal, de meest vergaande vorm van robotisering van de auto. De maatschappelijke en ethische kwesties komen aan bod in paragraaf 4.5. We eindigen met een slotbeschouwing.

## **4.2 Problemen voor het moderne wegverkeer en hun kosten**

Het wegverkeer leidt onbedoeld tot negatieve effecten op het terrein van files, milieuverontreiniging en verkeersslachtoffers. In deze paragraaf brengen we deze effecten kort in kaart.

### **4.2.1 Verkeersslachtoffers**

Het aantal verkeersongevallen in Nederland vertoont, na een stijging in de jaren vijftig en zestig van de vorige eeuw, een geleidelijke daling sinds 1974, die nog altijd voortduurt. In 1974 vielen meer dan 3000 verkeersdoden, in 2000 1166 en in 2010 640 (SWOV, 2011). De verklaring voor deze dalende trend wordt toegeschreven aan beleidsmaatregelen en inzichten op het gebied van aanleg, herinrichting, beheer en onderhoud van de infrastructuur, die al dateren van vóór het jaar 2000; de verbeterde opleiding voor het (bromfiets)rijbewijs; infrastructurele maatregelen, zoals de inrichting van rotondes en 30 en 60 km/uur-wegen; handhaving, communicatie en gedragsaanpassingen; en voertuigontwikkelingen zoals ESC, airbags, het veiligheidskeurmerk en EuroNCap (een standaard van crash-tests voor auto's) (Savelberg, Bakker, Derriks et al., 2011; Weijermars & Van Schagen, 2009). Naar verhouding daalt het aantal verkeersdoden onder auto-inzittenden sterker dan onder voetgangers, (brom)fietsers en motorrijders. In tegenstelling tot het aantal verkeersdoden nam het aantal ernstig gewonde verkeersslachtoffers sinds 2000 toe met 13 procent tot 18.600 in 2009. De toename van het aantal ernstig gewonden is vooral toe te schrijven aan ongevallen waarbij geen motorvoertuig betrokken is vanwege een toename van fietsmobiliteit (met name door de stijging van het aantal fietsende ouderen); dit is ongeveer de helft van het totale aantal

ongelukken. Het aantal ernstig gewonden als gevolg van een ongeval met een motorvoertuig daalde tot 2006 en lijkt zich sindsdien te stabiliseren. Fietzers (met een aandeel van 58 procent in 2009) vormen het overgrote deel van de ernstig gewonden (Savelberg et al., 2011).

De Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV) (2009b) heeft uitgerekend dat de uitgaven aan verkeersveiligheid in 2007 2,3 tot 3,1 miljard euro bedroegen, ofwel 0,4 procent tot 0,5 procent van het bruto binnenlands product. De maatschappelijke kosten ten gevolge van ongevallen worden geschat op 12 miljard euro in 2007. Deze kosten bestaan uit materiële schade, productieverlies, medische kosten, afhandelingskosten en filekosten (het tijdverlies door files ten gevolge van ongevallen), maar ook immateriële kosten (SWOV, 2009a). Bij immateriële schade gaat het om verlies aan kwaliteit van leven voor slachtoffers en hun naasten. Dit zijn kosten in de vorm van leed, pijn, verdriet en verlies aan levensvreugde, los van materiële zaken zoals niet meer kunnen consumeren en dergelijke. Vergeleken dus met de kosten ten gevolge van ongevallen zijn de uitgaven aan preventie van verkeersongevallen relatief laag. Volgens de SWOV geven deze cijfers aan dat met effectieve (extra) verkeersveiligheidsmaatregelen kosten van ongevallen kunnen worden bespaard die hoger zijn dan de kosten van de maatregelen zelf. Kosten-batenanalyses van verkeersveiligheidsmaatregelen bevestigen dat beeld (SWOV, 2009b).

#### **4.2.2 Files**

Nederlanders leggen namelijk steeds meer kilometers af in hun auto. Sinds 1985 is het aantal kilometers dat met de auto wordt afgelegd met 55 procent toegenomen. Dit heeft geresulteerd in meer files. Waardoor Nederlanders weer meer tijd kwijt zijn met reizen, met name in de spits. Zo is tussen 2000 en 2008 het aantal vertragingen door files met 58 procent gestegen. Dit legt weer druk op de bereikbaarheid (Olde Kalter, Van der Loop & Harms, 2010).

Schokgolffiles – files zonder ogenschijnlijke concrete oorzaak die ontstaan door het remgedrag op drukke wegen – veroorzaken of verergeren infrastructurele files. Als schokgolffiles zouden worden voorkomen, leidt dat tot een vermindering van 35 procent van de vertraging in files (Faber, Vonk-Noordegraaf, Baan et al., 2011). Ze zijn ook relatief onveilig vanwege mogelijke kop-staartbotsingen en zorgen voor een toename in uitstoot en brandstofverbruik (Hoogendoorn, 2011).

De totale filekosten op het Nederlandse hoofdwegennet in 2010 bedroegen tussen 2,8 en 3,7 miljard euro. Tussen 2000 en 2010 namen deze kosten met 75 à 85 procent toe. De stijging is vrijwel geheel te verklaren uit de groei van het reistijdverlies van voertuigen door files. Ongeveer de



helpt van de filekosten wordt gedragen door het bedrijfsleven, waarvan ongeveer 0,8 miljard door het vrachtverkeer. De overige kosten komen rechtstreeks terecht bij de consument door vertragingen in het woon-werkverkeer en privéritten (Savelberg et al., 2011).

#### **4.2.3 Milieuverontreiniging**

Verkeer en vervoer dragen substantieel bij aan de uitstoot van broeikasgassen (met name  $\text{CO}_2$ ), luchtverontreiniging (verzurende emissies en fijnstof) en geluidhinder. Ongeveer een vijfde van de totale  $\text{CO}_2$ -uitstoot in Nederland is afkomstig van verkeer en vervoer. Binnen de sector verkeer en vervoer bepaalde het wegverkeer bijna 90 procent van de  $\text{CO}_2$ -uitstoot. Binnen het wegverkeer veroorzaakten personenauto's in 2010 ongeveer 60 procent van de  $\text{CO}_2$ -uitstoot. De toename van de  $\text{CO}_2$ -emissie vanaf 2000 tot en met 2010 is ongeveer 6 procent en is vooral het gevolg van de toename van het wegverkeer. Door de toename van het gebruik van bio-brandstoffen is de  $\text{CO}_2$ -emissie de laatste twee jaar nauwelijks nog toegenomen. Men verwacht dat in de totale verkeerssector de  $\text{CO}_2$ -emissie de komende jaren zal dalen. Dit komt door Europese  $\text{CO}_2$ -emissienormen voor nieuwe personenauto's, door fiscaal beleid dat de aanschaf van zuiniger auto's stimuleert en door het toenemend gebruik van biobrandstoffen (Planbureau voor de Leefomgeving, 2011).

De luchtkwaliteit in Nederland wordt in belangrijke mate bepaald door de uitstoot van verzurende emissies ( $\text{NO}_x$  en  $\text{SO}_2$ ) en fijn stof ( $\text{PM}_{10}$  en  $\text{PM}_{2,5}$ , veelal in de bebouwde kom). Deze emissies zijn sinds 2000 sterk gedaald en bedroegen in 2010 zo'n 67 procent van het niveau van 2000. Ook de komende jaren wordt een daling verwacht als gevolg van het schoner wordende wegverkeer, wat afgedwongen wordt met het huidige Europese bronbeleid, zoals de verplichte toepassing van roetfilters via eisen aan de maximale uitstoot van fijn stof door voertuigen (PBL, 2011).

Er bestaan geen cijfers van de kosten van milieuschade van de laatste jaren. In 2002 werden de kosten door Annema en Van Wee (2004) geschat op ruwweg 3 tot 8 miljard euro. Volgens de Europese studies waarop deze Nederlandse schatting was gebaseerd, zijn klimaatverandering, negatieve gezondheidseffecten en vervroegde sterfte door luchtverontreiniging en geluidhinder de belangrijkste posten.

De kosten van files, milieuschade door verkeer en verkeersongevallen liggen de laatste jaren ruw geschat dus tussen 18 en 23 miljard euro per jaar. Het loont dus de moeite deze kosten te reduceren. Veel heil wordt verwacht van de robotisering van de auto. Volgens de Twentse hoogleraar Bart van Arem (2010) kan deze robotisering de komende tien tot vijftien jaar bijdragen aan 50 procent minder files, 25 procent minder verkeersdoden, 10 procent minder uitstoot van  $\text{CO}_2$  en 20 procent minder luchtvervuiling.

## 4.3 De robotisering van de auto

Zoals we in de inleiding hebben uiteengezet, voltrekt de robotisering van de auto zich langs drie lijnen: rijtaakondersteunende systemen, verkeersmanagement en coöperatieve systemen. We zullen in deze paragraaf enkele van deze toepassingen en ontwikkelingen bespreken om inzicht te krijgen in hoe de auto zich geleidelijk aan ontwikkelt naar een steeds 'intelligenter' voertuig.

### 4.3.1 Rijtaakondersteunende systemen

Rijtaakondersteunende systemen oftewel *Advanced Driver Assistance Systems* (ADAS) ondersteunen de bestuurder, maar maken het nog niet mogelijk volledig geautomatiseerd door het verkeer te rijden. Ze worden ontwikkeld om het comfort en de veiligheid van het autorijden te verhogen. Meer concreet kunnen we vijf typen van rijtaakondersteunende systemen onderscheiden met betrekking tot hun beoogde werking: (1) voertuigcontrole; (2) het voorkomen van overtredingen; (3) het ondersteunen bij waarnemen en/of interpreteren van situaties; (4) het beperken van letselschade bij botsingen; en (5) het ingrijpen bij tijdelijk verminderde handelingsbekwaamheid.

De toepassing van rijtaakondersteunende systemen is volop in ontwikkeling, met name omdat de verwachtingen omtrent deze systemen hooggespannen zijn ten aanzien van de veiligheidseffecten. De beschikbare rijtaakondersteunende systemen zijn waarschijnlijk slechts voorbodes van een ingrijpende ontwikkeling die zal leiden tot een steeds verdergaande 'automatisering' van de rijtaak, tot misschien zelfs het geheel uit handen nemen van het stuur: de autonome auto (zie paragraaf 4.4). Om een beeld te geven van de toepassingen en ontwikkelingen van rijtaakondersteunende systemen zullen we enkele van die systemen kort bespreken.

### **ABS en ESC**

Standaard en vanaf 2008 verplicht gesteld door de Europese Commissie is het antiblokkeerremstelsel (ABS). ABS is een van de eerste autonome deelsystemen van de commerciële auto,<sup>4</sup> omdat het onafhankelijk van de bestuurder voorkomt dat de wielen bij hard rijden blokkeren. Een sensor in de wielen detecteert bij het remmen of een wiel dreigt te blokkeren. Indien dat het geval is, neemt ABS kort remkracht weg. Wanneer de dreigende blokkering is opgeheven, wordt de remkracht weer hersteld totdat de wielen opnieuw dreigen te blokkeren. Door deze techniek blijven de wielen grip houden op het wegdek en blijft het voertuig bestuurbaar. De 'opvolger' van ABS is de elektronische stabiliteitscontrole (ESC). Dit veiligheidssysteem kan in veel gevallen slippertjes voorkomen. Bij een beginnende slippbeweging verschillen de werkelijke beweging van het voertuig

en de intentie van de bestuurder van elkaar. ESC remt in een dergelijke situatie doelgericht afzonderlijke wielen af met eenzelfde techniek als bij ABS. Behalve op de wielen grijpt ESC in veel gevallen ook direct in op de gastoevoer. De gastoevoer (en daarmee het geleverde motorvermogen) wordt verminderd, waardoor het voertuig langzamer gaat rijden en dus beter beheersbaar wordt (Ferguson, 2007).

De Europese Commissie heeft in 2009 besloten dat vanaf november 2011 alle nieuwe modellen voertuigen (personenauto's en vrachtwagens) dienen te zijn voorzien van ESC, en vanaf november 2014 geldt dat voor alle nieuw verkochte voertuigen, dus ook voor bestaande modellen (Schwab, 2009). Het positieve effect van ESC op de verkeersveiligheid wordt in diverse onderzoeken groot geschat. Met name een groot deel van de eenvoudige ongevallen met personenauto's (waarbij slechts één rijdend voertuig betrokken is) zou door ESC kunnen worden voorkomen: volgens sommige studies tussen 30 en 62 procent van de dodelijke eenvoudige ongevallen (Erke, 2008; Ferguson, 2007). SWOV heeft het effect in Nederland onderzocht en schat dat het aantal verkeersdoden tussen 33 en 72 procent zal afnemen door de invoering van ESC in 2020 en 2030. Dit komt neer op een reductie van respectievelijk 7 tot 15 procent en 10 tot 21 procent ten opzichte van het totale aantal verkeersdoden zonder de invoering van ESC (SWOV, 2010b).

### **ACC en stop-and-go-systemen**

In 1997 introduceerde Toyota *Adaptive Cruise Control* (ACC). ACC is een uitbreiding op de conventionele cruisecontrolsysteem. ACC handhaaft niet alleen de door de bestuurder ingestelde rijnsnelheid, maar stemt ook de snelheid van het voertuig af op die van de voorligger en helpt zo een vooraf ingestelde volgtijd tussen de eigen auto en de voorligger te handhaven (SWOV, 2010a). ACC gebruikt een radar- of lasersensor aan de voorzijde van het voertuig om voorliggers te detecteren en past daar vervolgens de voertuigsnelheid en -afstand op aan door de benzinetoevoer te controleren of door licht te remmen. ACC kan geen stilstaande objecten signaleren en heeft een snelheidsbereik van 30 tot en met 200 km/uur. Daardoor is het systeem bijvoorbeeld niet geschikt voor filerijden. Als er een sterkere snelheidsvermindering nodig is, wordt de bestuurder gewaarschuwd door een geluidssignaal. Als het voorliggende, langzamer rijdende voertuig zich niet langer op dezelfde rijstrook bevindt, zal de snelheid van het voertuig weer worden teruggebracht naar de vooraf ingestelde snelheid. Een ACC-veldproef in Nederland toont aan dat als alle voertuigen zouden zijn uitgerust met ACC, het aantal verkeersongevallen op snelwegen kan afnemen met ongeveer 13 procent en die op provinciale hoofdwegen met 3,4 procent (Alkim, Bootsma & Looman, 2007; zie ook Rijkswaterstaat, 2007). In diezelfde studie werd een vermindering van brandstofgebruik van 3 procent gevonden en een emissiereductie van 5 tot 10 procent op

autosnelwegen bij een gemiddeld gebruik van ACC. Tegenwoordig is ACC reeds aanwezig op veel automodellen.

De opvolger van ACC is inmiddels al op de markt: *stop-and-go*. Anders dan de gewone ACC heeft dit systeem de mogelijkheid om het voertuig af te remmen tot volkomen stilstand. Dit systeem werkt wel bij file. Het systeem kan in een file de snelheid regelen en bijvoorbeeld aanpassen aan de snelheid van de voorligger. Uit modelberekeningen voor files bij een wegversmalling is gebleken dat de totale verliestijd met 30 procent afneemt als 10 procent van de voertuigen is uitgerust met stop-and-go, en met 60 procent afneemt als 50 procent van de voertuigen is uitgerust met stop-and-go, dat zo ook een positief effect heeft op het milieu (Van Driel & Van Arem, 2010).

### **De voetgangers- en fietsersairbag**

Om de verkeersveiligheid van fietsers te vergroten werkt TNO aan een fietsersairbag.<sup>5</sup> TNO kwam op het idee van de fietsersairbag door de Zweedse airbagproducent Autoliv, die bezig was een airbag voor voetgangers te ontwikkelen. De resultaten waren veelbelovend en TNO besloot het concept door te ontwikkelen tot een airbag die zowel voetgangers als fietsers beschermt. De fietsersairbag bedekt bij een botsing de hele voorruit (in plaats van de onderste 25 procent van de onderruit bij de voetgangersairbag die is ontwikkeld door Autoliv), de voorstijlen én de aanzet van het dak van de auto. Zo'n auto is uitgerust met een rondkijkende camera onder de achteruitspiegel en een intelligent systeem dat alle objecten die in beeld komen classificeert. Zijn dat voetgangers of fietsers, dan zet het systeem zichzelf op 'alert'. Signaleren de sensoren in de bumper van de auto vervolgens dat er contact is met het object, dan klapt direct de airbag uit. De verwachting is dat dit het aantal dodelijke verkeersongelukken onder voetgangers en fietsers met ruim 20 procent zal verminderen. Om het detectiesysteem te testen zullen er vanaf 2012 in verschillende Europese steden (ook in Amsterdam) enkele auto's gaan rijden met dit systeem. Waarschijnlijk zal in 2015 de fietsersairbag in commerciële auto's kunnen worden ingebouwd. De kosten zullen rond de 200 euro per airbag zijn.

### **Pre-crashsysteem**

In 2003 ontwikkelde DENSO Corporation, een bedrijf gespecialiseerd in de productie en ontwikkeling van auto-onderdelen, het *pre-crashsysteem* (PCS). Het pre-crashsysteem kan een naderend onvermijdelijk ongeluk detecteren vlak voordat de botsing zal plaatsvinden. Het systeem herkent via microgolfradar het object waarmee de botsing zal plaatsvinden en bepaalt op basis daarvan de kracht van de impact en de kans op een aanrijding. Als het systeem signaleert dat de kans op een aanrijding groot is, worden de remmen automatisch geactiveerd. Hierdoor is de bestuurder

verzekerd van de maximale remkracht om een botsing eventueel alsnog te kunnen vermijden. Als een aanrijding onvermijdelijk is geworden, activeert PCS een aantal andere veiligheidssystemen om de gevolgen van de aanrijding en de kans op letsel tot een minimum te beperken. Zo worden bij automatisch of hard remmen de veiligheidsgordels automatisch aangespannen.<sup>6</sup> Het automerk Lexus heeft het systeem inmiddels ingebouwd in enkele modellen.

Soortgelijke ontwikkelingen, maar iets minder geavanceerd, zijn de *Ford Active City Stop* en de *City Safety* van Volvo. Deze systemen controleren met sensoren achter de voorruit de weg vóór de auto op ander verkeer. Bij een dreigende botsing met een remmende, stilstaande of langzamer rijdende voorligger remt de auto automatisch. Tot een beginsnelheid van 15 km/uur komt de auto volledig schadeloos tot stilstand, bij beginsnelheden tussen 15 en 30 km/uur wordt de schade tot een minimum beperkt.<sup>7</sup>

Buiten de hiervoor genoemde voorbeelden zijn er nog tal van andere rijtaakondersteunende systemen, maar die kunnen we onmogelijk allemaal bespreken in dit hoofdstuk. Kader 4.1 benoemt nog enkele systemen die al in verschillende commerciële auto's zijn ingebouwd.

#### **4.3.2 Verkeersmanagement**

Om files op snelwegen terug te dringen en het verkeer in beweging te houden wordt geprobeerd om slim en flexibel gebruik te maken van de wegcapaciteit. Dit gebeurt onder meer door het verkeer te managen. Verkeersmanagement is het beïnvloeden van vraag en aanbod in het verkeer naar tijd en plaats, met als doel een zo goed mogelijk functionerend systeem. Verkeersmanagement beïnvloedt de routekeuze, het reistijdstip en het rijgedrag. Die beïnvloeding gebeurt onder meer door actuele verkeersinformatie, zoals files, wegoptbrekingen en calamiteiten. Voorbeelden van verkeersmanagement zijn toeritdosering en dynamische maximumsnelheden. Toeritdosering kan een file voorkomen en de doorstroom bevorderen door bijvoorbeeld bij een oprit de installatie 'bij groen één auto' te plaatsen. Door de maatregel van dynamische maximumsnelheden op DRIP's (*dynamische route-informatiepanelen*) wordt de instroom naar bijvoorbeeld een filegolf beperkt, die daardoor korter wordt en oplost. Door Savelberg et al. (2011) is berekend dat verkeersmanagement in de periode 2000 tot 2010 heeft geleid tot een reductie van 6 procent in vertragingen.

In 2007-2008 had al bijna een kwart van de automobilisten een navigatiesysteem (SWOV, 2010c). Via dergelijke systemen kunnen automobilisten verkeersinformatie krijgen, zoals route-, file-, en incidenteninformatie, maar ook waarschuwingen voor snelheidsbeperkingen en gevaarlijke bochten. Door deze 'connected navigation' is een voertuig zichtbaar en

kan de verkeersmanager met de gebruiker communiceren. Hierdoor vindt er een verschuiving plaats van het informeren naar het adviseren en geleiden van automobilisten. Navigatiesystemen bepalen welke route het snelst of het kortst en veiligst is en geleiden de automobilist.

#### **Kader 4.1      Nog enkele opkomende commerciële rijtaakondersteunende systemen**

*Drive alert:* Dit systeem analyseert de waakzaamheid van de bestuurder door de rijrichting en het rijgedrag in te schatten. Wanneer het systeem detecteert dat de bestuurder zijn aandacht verliest, wordt de bestuurder gewaarschuwd.

*Hill Start Assist (HSA):* Dit systeem voorkomt dat de auto achteruit rolt wanneer de bestuurder op een helling vanuit stilstand moet weggrijpen.

*Lane Departure Warning en Lane Keeping Aid:* Lane Departure Warning waarschuwt de bestuurder via korte trillingen in het stuur en een waarschuwingslichtje in het instrumentenpaneel wanneer de bestuurder onbedoeld van de rijbaan dreigt te raken. Als de bestuurder niet of niet tijdig op de Lane Departure Warning reageert, helpt de Lane Keeping Aid de bestuurder terug te sturen naar de juiste rijbaan. Om het systeem te negeren kan de bestuurder in de gewenste richting sturen.

*Traffic Sign Recognition:* Dit systeem herkent snelheidsborden, inhaalverboden en de borden die het einde van een specifieke snelheid en van een inhaalverbod aankondigen. Het systeem toont de borden op het instrumentenpaneel en knippert bijvoorbeeld als de snelheidslimiet wordt overschreden.

*Blind Spot Information System:* Het systeem geeft via een lampje in de buitenspiegel aan dat er een auto in de dode hoek zit.

*Intelligente Snelheidsassistent:* Het systeem geeft informatie over de snelheidslimiet en waarschuwt of grijpt in bij een snelheidsovertreding.

*Park Assist:* Het systeem detecteert via een sensor een beschikbare parkeerruimte aan de linker- en rechterkant van de rijbaan. Vervolgens hoeft de bestuurder alleen nog maar gas te geven en te remmen. De auto stuurt zichzelf in de beschikbare parkeerruimte.

Uit de pilot *Wijzer op weg* van Wegen naar de Toekomst blijkt dat meer verkeersinformatie leidt tot kortere files en een beter gebruik van het wegennet dankzij een continue heroverweging van de route, en daarmee ook tot brandstofbesparing. In totaal werden voor de pilot in 2005 42 auto's uitgerust met een in-car informatiesysteem, dat is ontwikkeld door Technolution, ARST&TT en TNO. De bestuurder kreeg hiermee op maat gesneden verkeersinformatie voor zijn individuele route. Daarnaast werd duidelijk dat het voor de acceptatie van in-car verkeersinformatie uitermate belangrijk is dat de informatie betrouwbaar en actueel is.<sup>8</sup> In de auto zijn op dit moment verschillende soorten reisinformatie beschikbaar (Savelberg & Korteweg, 2011):

- Reisinformatie waarbij route en reistijd worden berekend op basis van een historische database die periodiek kan worden gedownload, bijvoorbeeld de IQ-routes van TomTom.
- Reisinformatie die ter aanvulling op de historische data ook rekening houdt met de actuele verkeerssituatie, bijvoorbeeld de TomTom HD-Traffic (zie hierna).
- Reisinformatie die op basis van historische data en de actuele verkeerssituatie de toestand van het netwerk voorspelt en aan de hand daarvan de optimale route en reistijd bepaalt, bijvoorbeeld Fileradar, ontwikkeld door TU Delft.
- Reisinformatie die daarnaast ook nog rekening houdt met de reactie van de weggebruikers.

TomTom is de grootste marktpartij in navigatiesystemen en is inventief in het uitbreiden van de betaalde diensten. Eind 2007 lanceerde de onderneming de *TomTom HD-Traffic*, die is gebaseerd op actuele informatie.<sup>9</sup> Tot dan toe werd de file-informatie bepaald door de doorvoergegevens die met lussen in de snelwegen berekend werden. TomTom HD-Traffic gebruikt de anonieme locatiegegevens van mobiele bellers om de doorstroming in het verkeer in te schatten. Dankzij de bewegingen van mobiele telefoons kun je statistisch verantwoorde uitspraken doen over de doorstroomsnelheid op snelwegen en in de stad. De HD-Traffictoeestellen maken via een ingebouwde simkaart elke twee minuten contact met de database om nieuwe verkeersinformatie te ontvangen. Inmiddels heeft TomTom navigatiesystemen met een geïntegreerd GPRS-modem en ingebouwde simkaart waarmee gegevens van en naar de auto kunnen worden verzonden. Daarnaast maakt het systeem gebruik van andere informatiebronnen, zoals het Verkeerscentrum Nederland. TomTom verwacht een vermindering van de reistijd van alle weggebruikers met 5 procent wanneer 10 procent van alle weggebruikers hun gekoppelde HD-Trafficapparatuur<sup>TM</sup> gebruikt.<sup>10</sup> Als het gaat om informatie over reisvoorspellingen, zullen de effecten waarschijnlijk groter zijn, met een ordegrootte van 5-10 procent minder reistijd (Savelberg & Korteweg, 2011). Het netwerk wordt dan

betrouwbaarder, omdat de weggebruiker eerder weet wat hij kan verwachten.

De voorspelling van reisinformatie wordt gedaan door de verkeersmetingen te combineren met een verkeersmodel (Mahmassani, 2011). De ontwikkeling van deze voorspellingsmodellen staat nog in de kinderschoenen, maar kan rekenen op grote belangstelling van verkeerskundigen. Deze voorspellingsmodellen zullen verkeersstromen nauwkeurig, op lange en korte termijn, voorspellen en advies geven waar bijsturing nodig is. De verkeersmanager presenteert dan de informatie op zo'n manier aan de weggebruikers dat ze de beste route nemen en op het handigste en veiligste moment de weg op gaan. Een voorbeeld van Nederlands onderzoek in deze materie is het project ATMO (*Advanced Traffic MONitoring*), een onderdeel van het thema 'Verkeersmanagement binnen Transumo' (een initiatief van de overheid ter stimulering en implementatie van onderzoek naar duurzame mobiliteit in Nederland), waarin de ontwikkeling van deze voorspellingsmodellen en de implementatie hiervan centraal stonden (Van Lint, Valkenberg, Van Binsbergen & Bigazzi, 2010). De effectiviteit van informatie over voorspellingen van reistijd zal naar verwachting nog verder toenemen als er ook rekening wordt gehouden met de reactie van andere weggebruikers. Dit zou betekenen dat auto's met elkaar zouden moeten kunnen communiceren. Coöperatieve systemen zullen dit in de nabije toekomst mogelijk maken.

#### **4.3.3 Coöperatieve systemen**

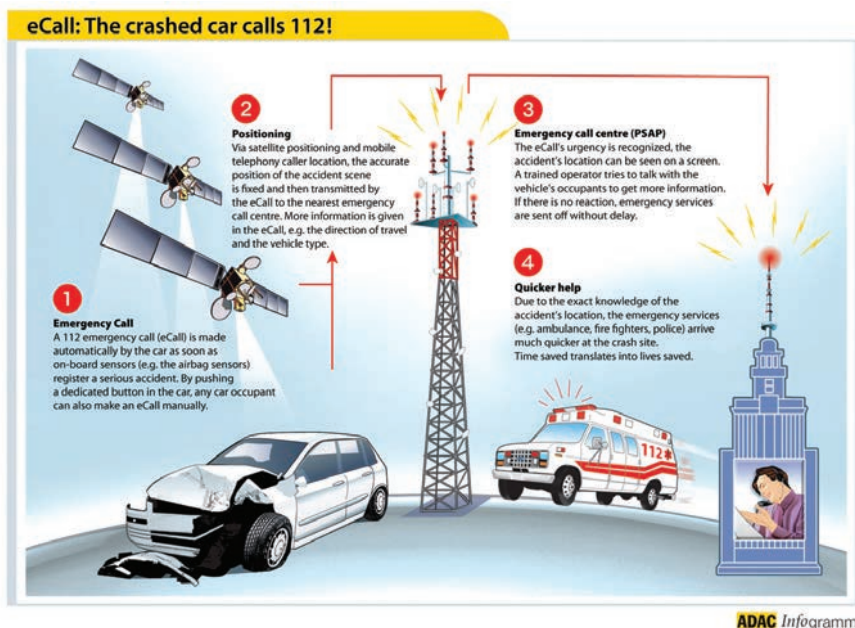
De volgende fase die zich aandient in de robotisering van de auto is die van coöperatieve systemen. Hiermee kunnen auto's in de toekomst met andere auto's en de infrastructuur communiceren via 'vehicle-to-vehicle'-communicatie (V2V) en 'vehicle-to-infrastructure'-communicatie (V2I). Dit maakt een geheel nieuw scala aan toepassingen mogelijk. Op deze wijze kan dan ook rekening worden gehouden met allerlei omstandigheden die buiten het 'zichtveld' van de auto zijn gelegen.

Bij V2I bestaat er communicatie tussen de auto en wegkantssystemen met zend- en regelapparatuur (*road side units*). Hierbij valt te denken aan de automobilist die een kruising nadert en geïnformeerd wordt dat een fietser op de voorrangsweg aankomt aan wie hij voorrang moet verlenen. Een lus in de weg of een ander detectiesysteem (video, radar of gps) registreert de naderende fietser, en vervolgens 'communiqueert' het wegkantstelsel deze informatie met de auto. Bij een kruispunt zijn deze wegkantssystemen bijvoorbeeld eenvoudig te integreren met de verkeerslichten. Daarnaast zullen in de toekomst via een koppeling van verkeerslichten van verschillende kruispunten op rondwegen de wegkantssystemen een adviessnelheid aan auto's geven om zo zelfstandig een groene golf te creëren. Voorbeelden van V2V zijn het waarschuwen



van achteropkomend verkeer na het detecteren van gladde wegen, en het communiceren met elkaar in een file om de doorstroming te bevorderen. Veelal zullen V2V en V2I in combinatie met elkaar functioneren.

Een ander automatisch communicatiesysteem is *eCall*: een waarschuwingssysteem dat automatisch de hulpdiensten alarmeert bij een ongeval (zie figuur 4.1).<sup>11</sup> Het *eCall*-systeem treedt in werking als bijvoorbeeld de airbags in een voertuig geactiveerd worden of impactsensoren een botsing signaleren. Via het mobiele netwerk wordt een sms naar de 112-alarmcentrale gestuurd, met onder andere de gps-coördinaten, tijd, reisrichting en identificatie van het voertuig. Ook kan de chauffeur met een druk op een knop een voiceverbinding met de alarmcentrale maken, maar een spraakverbinding wordt ook opgezet als het automatische systeem melding maakt. Zo kan een hulpverlener nagaan of de inzittenden nog aanspreekbaar zijn. Het systeem is ontwikkeld met Europese subsidies en moet het aantal slachtoffers van verkeersongelukken flink laten dalen doordat nooddiensten sneller op de plek des onheils kunnen zijn. Uit verschillende studies kan geconcludeerd worden dat het *eCall*-systeem een duidelijk positief effect kan hebben op de afloop van ongevallen, omdat de tijd die hulpdiensten nodig hebben om de plek van een ongeval te bereiken met 40 tot 50 procent zal afnemen (Denys, Zomer & Schafrat, 2006). Volgens schattingen zou het aantal dodelijke ongevallen met 5-15 procent gereduceerd kunnen worden, wat overeenkomt met een reductie van 2.500 tot 7.500 verkeersslachtoffers. Het aantal zwaargewonden zou met 10-15 procent gereduceerd kunnen worden, wat overeenkomt met een vermindering van 30.000 tot 45.000 slachtoffers. Bovendien zal het systeem leiden tot minder files, omdat verongelukte voertuigen sneller geborgen kunnen worden (Denys et al., 2006). Dit systeem is door de Europese Commissie verplicht gesteld in personenauto's die vanaf 2015 worden verkocht. Hierdoor verwacht de Commissie een reductie van 5 tot 15 procent aan verkeersdoden en een reductie van 10 tot 15 procent aan zwaargewonden.



**Figuur 4.1** Automatisch waarschuwingssysteem eCall

### Het coöperatief rijden

In mei 2011 vond de *Grand Cooperative Driving Challenge* plaats, georganiseerd door het Nederlandse Innovatieprogramma HTAS (*High Tech Automotive Systems*) en TNO. Tien teams uit binnen- en buitenland demonstreerden hun ideeën over coöperatief rijden. Coöperatief rijden heeft volgens de onderzoekers als voordelen dat het verkeer veiliger wordt, dat het de doorstroming bevordert, dat het de uitstoot van schadelijke emissie beperkt en dat het het de automobilist makkelijker maakt.<sup>12</sup> Het idee om voertuigen met elkaar te laten communiceren is niet nieuw, maar tot voor kort ontbraken de noodzakelijke technische ingrediënten of waren deze te duur voor commerciële toepassingen. Steeds meer auto's zijn tegenwoordig echter voorzien van een navigatiesysteem, communicatieapparatuur en zelfs radar of een camera die de afstand tot de voorganger in de gaten houdt. Dat zijn de belangrijkste benodigdheden voor coöperatief rijden. Een groot aantal bedrijven, instituten en universiteiten toont dan ook interesse in het concept en heeft onderzoeksprogramma's opgezet. Coöperatieve systemen staan ook hoog op de agenda van de Europese Unie, gezien het aantal meegefinancierde onderzoeksprojecten op dit gebied, zoals *Safespot* (2006-2010),<sup>13</sup> *CO-OPERative SystEms for Intelligent Road Safety* (COOPERS, 2006-2010),<sup>14</sup> *Cooperative Vehicle-Infrastructure Systems* (CVIS, 2006-2010)<sup>15</sup> en *Safe Road Trains for the Environment* (SARTRE, 2009-2013).<sup>16</sup> Deze projecten zijn vooral gericht op het verbeteren van de communicatie tussen voertuigen onderling en met wegkantssystemen. In kader 4.2 staat een korte beschrijving van het project SARTRE.

#### Kader 4.2 Beschrijving van het project SARTRE (Safe Road Trains for the Environment)

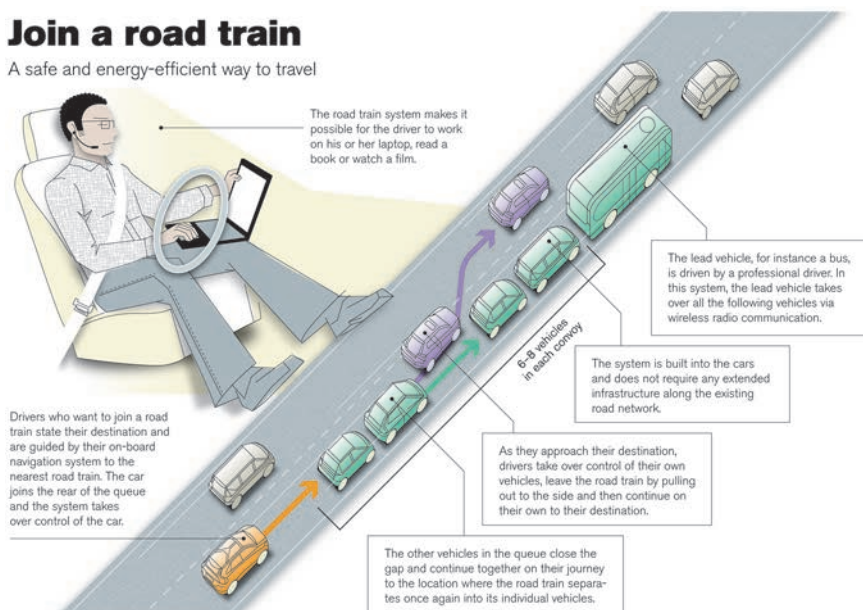
SARTRE is een door de Europese Unie gesubsidieerd onderzoeksprogramma dat gestart is in 2009 en waaraan ook autoproducent Volvo meewerkt. Het doel van het onderzoek is het ontwikkelen van een technologie die het toestaat om zogeheten 'autotreintjes' te creëren (zie figuur 4.2). Het idee is niet nieuw. In 1997 voerde General Motors al eens testen uit met een serie Buicks die op korte afstand achter elkaar aan konden rijden en hun geleiding haalden uit magnetische sensoren in het wegdek. In het project SARTRE zijn de auto's echter door middel van draadloze communicatie met elkaar verbonden. Volgens de onderzoekers zijn de 'autotreintjes' binnen tien jaar realiteit. De eerste auto's met deze techniek rijden sinds begin 2011 op testcircuits. Auto's die zich in elkaars buurt bevinden, wisselen daarover informatie uit over hun snelheid, positie en versnelling. Wanneer een auto remt, minderen de achterliggende voertuigen ook nagenoeg direct vaart. Dit is in feite een vorm van coöperatieve *adaptieve cruisecontrol*. Door deze onmiddellijke respons kunnen auto's veel dichter op elkaar rijden zonder gevolgen voor de veiligheid. Zo'n treintje bestaat uit zes à acht auto's, aangevoerd door een 'leider': een voertuig dat bestuurd wordt door een ervaren rijder die bekend is met het traject. Een bestuurder die zijn afslag nadert, neemt de controle over zijn eigen auto weer over en verlaat het konvooi door naar de afrit te sturen. De andere auto's in de trein sluiten het gat en rijden aaneengesloten verder, tot het konvooi zich weer opsplijt. Onderzoekers zien grote voordelen voor forensen die dagelijks lange afstanden op de snelweg afleggen en die nu tijdens het 'treintje rijden' kunnen lezen, tv kijken, bellen enzovoort. Door 'treintje rijden' hebben auto's een volgafstand van 0,2 seconde in plaats van de bijna 2 seconden die auto's nu gemiddeld nemen als volgafstand. Dit heeft een positief effect op de wegcapaciteit. 'Treintje rijden' of 'platooning' levert bovendien een reductie van brandstofverbruik op omdat door de uitwisseling van informatie weggebruikers een constante snelheid handhaven. Het systeem heeft verder minder last van overreactie. Wanneer bijvoorbeeld een automobilist een beetje remt, trapt de achterligger nog iets harder zijn rempedaal in. Deze overreactie verspreidt zich als een schokgolf door het verkeer en is de oorzaak van zogenoemde schokgolffiles of 'spookfiles', waarbij het verkeer zonder aanleiding, zoals een invoegende verkeersstroom of wegversmalling, ineens vastloopt.

Coöperatieve systemen zijn uit technisch oogpunt in principe realiseerbaar. Alle noodzakelijke systemen zijn commercieel beschikbaar en zitten zelfs al standaard in veel auto's. Onderzoek, zoals dat van SARTRE, laat zien dat het ook praktisch haalbaar is op korte termijn. Ook de standaardisatie – essentieel voor de praktische toepassing van

communicatiesystemen – is weinig problematisch, omdat hierover al overeenstemming bestaat: de meeste lopende projecten maken voor de uitwisseling van informatie gebruik van een wifizender waarvoor een specifieke standaard is vastgelegd (Van Velzen, 2011). Echter, de wettelijke toelating (er zal immers eerst een wettelijk kader voor het coöperatief rijden moeten worden geschapen) en aanvaarding door het grote publiek kunnen een grote vertragende factor vormen voor de marktintroductie.

## Join a road train

A safe and energy-efficient way to travel



**Figuur 4.2** Coöperatief rijden

Met behulp van coöperatieve systemen is het mogelijk om het verkeer niet alleen op het niveau van individuele voertuigen te begeleiden, maar ook op verkeersstroomgebied. Dat biedt zicht op een verbeterd veiligheidsniveau, een betere verkeersprestatie, meer betrouwbaarheid en minder negatieve gevolgen voor het milieu. Daarnaast neemt de ontwikkeling van in-car technologieën de komende jaren alleen maar toe. Diverse experts zien deze ontwikkelingen als voorbodes van een steeds verdere robotisering van de rijtaak, die uiteindelijk zal leiden tot de autonome of zelfrijdende auto. Daardoor zou het voorvoegsel 'auto' in automobiel pas echt zijn oorspronkelijke letterlijke betekenis krijgen.

## 4.4 De autonome auto

De belofte van een autonome auto werd voor het eerst gedaan door Bel Geddes in 1939 tijdens het *Futurama* dat hij voor General Motors voor de *New York World's Fair* ontwierp. Met *Futurama* speculeerde Geddes hoe de samenleving er in 1960 zou uitzien. In zijn boek *Magic motorways* (1940) zegt hij: 'These cars of 1960 and the highways on which they drive will have in them devices which will correct the faults of human beings as drivers. They will prevent the driver from committing errors.' In 1958 demonstreerden ingenieurs van General Motors de eerste 'autonome auto'. Deze auto werd autonoom geleid over een stuk snelweg via magneten op de auto en bedradingen in de weg (ook wel 'automatische snelwegen' genoemd). Met trots kondigde General Motors in een persbericht het resultaat aan (Wetmore, 2003): 'An automatically guided automobile cruised along a one-mile check road at General Motors Technical Center today, steered by an electric cable beneath the concrete surface. It was the first demonstration of its kind with a full-size passenger car, indicating the possibility of a built-in guidance system for tomorrow's highways. [...] The car rolled along the two-lane check road and negotiated the banked turn-around loops at either end without the driver's hands on the steering wheel.'

### 4.4.1 DARPA

In 1974 voorspelden 46 onderzoekers dat deze automatische snelwegen tussen 2000 en 2020 realiteit zouden zijn (Underwood, Ervin & Chen, 1989). Sinds die tijd hebben verschillende onderzoekers gewerkt aan de ontwikkeling van autonome auto's, maar met relatief weinig succes. De ontwikkeling heeft een boost gekregen door het initiatief van het Amerikaanse militaire agentschap *Defence Advanced Research Projects Agency* (DARPA), dat het initiatief nam om een wedstrijd te organiseren voor autonome voertuigen in 2004. De wedstrijd *DARPA Grand Challenge* hield in dat auto's autonoom een afstand van meer dan 200 kilometer moesten afleggen in de woestijn tussen Californië en Nevada. Het prijzengeld was 1 miljoen dollar. Het resultaat was bedroevend, want het team dat het verst kwam legde ongeveer 10 kilometer af. In 2005 werd de wedstrijd nogmaals georganiseerd met een prijzengeld van 2 miljoen dollar. Van de 23 deelnemende teams haalden er vijf de eindstreep. Het winnende team van Stanford legde de afstand af met een gemiddelde snelheid van 30 km/uur. Stanford reed met een omgebouwde Volkswagen Touareg met radar, camera's en vier laser-afstandmeters. Zeven Pentiumcomputers verwerkten de gegevens en stuurden de auto aan. Na dit succes werd in 2007 de lat hoger gelegd met de zogenaamde *DARPA Urban Challenge*, waarbij de auto zo'n 100 kilometer moesten afleggen in een stedelijke omgeving. De stedelijke omgeving werd nagebootst op een kazerne, waar de elf deelnemers de verkeersregels moesten gehoorzamen en obstakels,

zoals vijftig bemande voertuigen, moesten kunnen ontwijken. Zes teams volbrachten de opdracht. Hoewel met deze wedstrijd een enorme prestatie was geleverd, concludeerden Urmsom en Whittaker (2008) dat we nog niet konden spreken van een volledig autonome auto. Geen van de deelnemende auto's kon namelijk overweg met verkeerslichten, en de meeste auto's hadden veel moeite met het herkennen van voetgangers. Mede naar aanleiding van deze wedstrijd voorspelt General Motors dat de autonome auto in 2020 gereed is voor de commerciële markt.

De ontwikkeling van de autonome auto blijft gestaag doorgaan, maar van groot belang is dat autonome auto's ook daadwerkelijk getest kunnen worden in de echte praktijk om hun werkelijke prestaties goed in te schatten. De Vrije Universiteit van Berlijn, met haar project AutoNOMOS, en Google experimenteren reeds met autonome auto's in de praktijk.

#### **4.4.2 Google**

In 2010 werd bekend dat Google onderzoek doet naar autonome auto's (zie figuur 4.3). Inmiddels heeft het bedrijf met zeven auto's, zes Toyota's Prius en een Audi TT, al enkele duizenden testkilometers autonoom afgelegd over de Californische openbare weg. Boetes werden voorkomen doordat de bestuurders hun handen boven het stuur lieten hangen en konden ingrijpen bij problemen. Begin 2011 heeft Google in de Amerikaanse staat Nevada een lobby opgezet om de verkeerswetgeving aan te passen. Autonoom rijdende auto's moeten volgens Google worden gelegaliseerd en daarbij zou het verbod om vanuit een rijdende auto te sms'en moeten worden opgeheven voor autonome auto's. Inmiddels heeft de staat Nevada een wet aangenomen die het mogelijk maakt met een zelfsturende auto de weg op te gaan. De wet bepaalt echter dat het federale ministerie van Transport een regio aanwijst waar Google de tests mag uitvoeren. Een tweede wet die mensen toestaat te bellen of te sms'en in de bestuurdersstoel is niet aangenomen.

Op het dak van elke robotauto staat een Velodyne 64-beam laser die een gedetailleerde 3D-kaart van de omgeving produceert. Een computer combineert deze data met de gegevens van *Google Street View*, een gps-systeem en een radar in de auto. Naast de achteruitkijkspiegel zit een camera die verkeerslichten en stopborden signaleert en helpt bij het detecteren van voetgangers en fietsers. Daarnaast bezit de auto een aantal in-car technologieën, zoals het stop-and-go-systeem.

Volgens onderzoeksleider Sebastian Thrun hoopt Google dat de ontwikkeling uiteindelijk bijdraagt aan een betere verkeersdoorstroming en een vermindering van het aantal ongevallen. Hij schat dat het jaarlijkse aantal van 1,2 miljoen verkeersslachtoffers over de gehele wereld tot de helft kan worden gereduceerd door de autonome auto.<sup>17</sup>





**Figuur 4.3** De autonome auto van Google

#### **4.4.3 AutoNOMOS en de op afstand bestuurd gemeenschapstaxi**

Ook in Berlijn rijdt sinds 2011 een zelfsturende auto, de *MadeInGermany* (zie figuur 4.4), de opvolger van de Spirit of Berlin, die in 2007 meedeed aan de *DARPA Urban Challenge*. De auto, een aangepaste Volkswagen Passat, is het resultaat van het door de Duitse overheid gesubsidieerde *AutoNOMOS*-project, dat wordt uitgevoerd door de Artificial Intelligence Group van de Vrije Universiteit van Berlijn.<sup>18</sup> De auto bezit zes stationaire en één roterende laserscanner, zeven radarsensoren, vier videocamera's en een infraroodcamera om zo volledig 'zicht' te hebben op de omgeving. De ontwikkelaars hebben de vergunning gekregen om met de auto tests uit te voeren op de wegen in de deelstaten Berlijn en Brandenburg. Het volgende doel van de ontwikkelaars is de auto te laten rijden door heel Europa.

Een doorbraak in het AutoNOMOS-project is dat het probleem van gebrek aan sensitiviteit dat robots doorgaans hebben, is verholpen, waardoor de auto niet meer schokkend rijdt, maar dat men het gevoel heeft dat een mens de auto bestuurt.

De meest opmerkelijke ontwikkeling is dat je de auto kunt oproepen met je smartphone. De ontwikkelaars hebben hiermee een duidelijke toekomstvisie in gedachten. Het idee is dat auto's van de straat moeten als ze niet hoeven te rijden. In hun visie staan toekomstige auto's in centrale parkeergarages tot er een oproep komt. De auto, in feite een taxi zonder bestuurder, pikt de klant op en brengt de klant naar de door de klant via zijn smartphone opgegeven bestemming. Tijdens de rit kan de auto beslissen of hij andere klanten meeneemt die hij onderweg tegen-

komt en van wie hun bestemming overeenkomt met zijn geplande route. Volgens de onderzoekers kan een stad als Berlijn in combinatie met het bestaande openbaar vervoer dan volstaan met 10 procent van het aantal auto's dat nu dagelijks in de stad rijdt. Vandaar dat de onderzoekers deze ontwikkeling zien als een trend naar 'groene' auto's.



**Figuur 4.4** De zelfsturende auto MadeInGermany

#### 4.4.4 Toekomstvisies van de autonome auto

De toekomstvisie van de Duitse onderzoekers komt overeen met een scenario zoals beschreven door Broggi, Zelinsky, Parent en Thorpe (2008), waarin het individuele autobezit wordt verruild door vervoersdiensten. De rol van de auto-industrie verschuift daarbij; niet langer is ze slechts producent van auto's, maar ze eigent zich een rol toe als dienstverlener van zowel groepsvervoer als individueel transport. Daarbij zou de industrie gaan samenwerken met bijvoorbeeld taxibedrijven en leasebedrijven voor gedeeld autogebruik. Dit scenario past ook in de visie van stedenbouwkundige en futurist Michael Arth (2010), die voorspelt dat de private autobezitter, wiens auto 90 procent van de tijd stilstaat en ruimte inneemt, op den duur zijn wagen zal verruilen voor publieke, zelfrijdende taxi's die voortdurend in gebruik zijn. In dit systeem is er geen individueel wagenbezit meer, en ook het huidige massatransport van treinen en metro's heeft zijn langste tijd gehad. In plaats daarvan is er sprake van een sterk op maat gesneden publiek transport: voor elke soort transportbehoefte zou een passende oplossing zijn, zoals een autonome bus voor een groep, een autonome limousine voor een nachtje uit, en autonoom vervoer voor kinderen. Omdat deze autonome auto's in tegenstelling tot de huidige automassa bijna voortdurend in gebruik zijn, is daarmee het probleem van het grote en weinig productieve ruimtebeslag van de huidige auto verholpen. Volgens Arth geeft de ontwikkeling van de autonome auto dus nieuwe perspectieven voor de ontwikkeling van het openbaar vervoer.



Bij het scenario van Arth wordt ervan uitgegaan dat de automobilist afstand doet van zijn auto, omdat auto's op afroep voor de deur klaarstaan en daardoor het bezit van de auto minder noodzakelijk is. Een niet geheel overtuigend argument, omdat taxi's het bezit van auto's ook minder noodzakelijk maakt. De prijs voor zo'n autonome taxi zal voor een eventueel succes moeten kunnen concurreren met het openbaar vervoer, wil de consument afstand doen van zijn auto. Een gedachte-experiment zou zijn of automobilisten afstand zouden doen van de auto als taxi's gratis waren. Waarschijnlijk zouden meer automobilisten vaker de taxi nemen, maar zouden ze geen afstand doen van hun auto, omdat het in veel gevallen handiger is: men kan zonder eerst op een taxi te wachten direct in de auto stappen. Een denkbaar scenario zou zijn dat mensen hun autonome auto gaan inzetten voor allerlei zaken die misschien zelfs leiden tot drukker verkeer in steden. De auto kan nu voor meerdere zaken worden ingezet die niet mogelijk zijn met de gewone bestuurbare auto. Een voorbeeld: als een man met de auto naar zijn werk gaat, is de auto niet meer beschikbaar voor de andere gezinsleden. Maar een autonome auto kan, nadat de auto de man naar zijn werk heeft gebracht, weer leeg terugkeren naar huis, waar de auto vervolgens de kinderen veilig naar school brengt. De noodzaak om de kinderen met de fiets naar school te brengen en te begeleiden is er dan niet. Als de auto van deze rit is teruggekeerd, is hij weer beschikbaar voor bijvoorbeeld boodschappen doen door de vrouw. Daarna wordt de auto ingesteld op een tijd dat de kinderen van school moeten worden gehaald. Na thuiskomst wordt het zoontje door de autonome auto naar de tennisclub gebracht. Vervolgens rijdt de auto naar het werk van de man om hem op te halen en daarna rijdt hij naar de tennisclub om ook het zoontje op te halen. In dit scenario zal juist een toename plaatsvinden van verkeer en met name door lege autonome auto's. Een scenario dat lijnrecht staat op het scenario dat wordt geschetst door Arth en andere visionairs als Broggi et al. (2008) en de onderzoekers van het AutoNOMOS-project.

#### **4.4.5 De betere rijder**

De autonome auto's van Google en van de Vrije Universiteit van Berlijn maken de bestuurder overbodig. Veel onderzoekers zien de autonome auto als een oplossing voor het voorkomen van verkeersongelukken, omdat bij nagenoeg alle verkeersongelukken een bewuste of onbewuste menselijke fout een rol speelt (Wegman, 2010). Verschillende studies laten zien dat ongevallen in meer dan 90 procent van de gevallen gebeuren door menselijke fouten en dat slechts 5-10 procent een gevolg is van tekortkomingen aan het voertuig of de rijomgeving (zie onder andere Dewar & Olson, 2007; Broggi et al., 2008). Autonome auto's laten de aandacht niet verslappen, houden zich aan de snelheidslimiet, zijn niet dronken, vertonen geen agressief gedrag, enzovoort. Daarnaast stelt Van Arem (2010): 'Want hoe goed we onszelf vinden als autobestuurder, we

leggen het af tegen de techniek als het gaat om reactietijd en alertheid, zowel in routinematige situaties als in kritische situaties.’ Maar voor de menselijke factor uitgeschakeld kan worden in het verkeer zal de autonome auto nog eerst uitgebreid getest moeten worden in het werkelijke dynamische verkeer alvorens veilig te kunnen functioneren op de weg. Dit zou nog wel eens jaren kunnen duren. De verwachtingen lopen uiteen van vijf tot dertig jaar. Een goede stap in de ontwikkeling zou zijn de uitbreiding van de autonome auto met V2V-en V2I-systemen, waardoor meerdere systemen tegelijkertijd de verkeerssituatie ‘overzien’.

## **4.5 Maatschappelijke en ethische vraagstukken rond de robotisering van de auto**

Duidelijk is dat de robotisering van de auto of de invoering van de intelligente auto omgeven is met een groot aantal maatschappelijke vraagstukken: Hoe betrouwbaar zijn die geavanceerde systemen? Zullen de verwachte effecten op de veiligheid of de capaciteit zich in de praktijk ook daadwerkelijk voordoen? In hoeverre kan robotisering van de auto leiden tot negatieve gedragsaanpassingen? Hoe staan automobilisten tegenover het overnemen van rijtaken? Wat zijn de juridische implicaties, bijvoorbeeld hoe staat het met de privacy van de automobilist? Welke consequenties heeft deze ontwikkeling voor de aansprakelijkheid bij ongevallen? In het navolgende zullen we deze kwesties aan de orde stellen.

### **4.5.1 Acceptatie**

In verschillende Europese onderzoeksprojecten, zoals de projecten *European Field Operational Test on Active Safety Systems* (EuroFOT)<sup>19</sup> en *Adaptive Integrated Driver-vehicle InterfacE* (AIDE)<sup>20</sup>, wordt onderzoek gedaan naar de acceptatie van de robotisering van de auto en met name naar de acceptatie van de rijtaakondersteunende en coöperatieve systemen. Daarbij staan de volgende twee vragen centraal: (1) hoe staan automobilisten tegenover het overnemen van de rijtaak door de technologie en (2) zullen automobilisten een inmenging van deze systemen accepteren?

In beginsel zijn bestuurders huiverig voor systemen die rijtaken overnemen, omdat enerzijds mensen vaak het aanvankelijke onbehagen hebben bij een machinegedomineerde omgeving, en omdat anderzijds mensen het beschouwen als een inperking op hun vrijheid aangezien de auto door veel mensen beschouwd wordt als ‘icoon van de vrijheid’ (Voogd, 2007). Echter, naarmate automobilisten ermee hebben gereden en de systemen vertrouwen, neemt de acceptatie toe (Van Driel, Hoedemaeker & Van Arem, 2007). Uit het onderzoek van het RESPONSE-project kwam naar voren dat voor een succesvolle marktintroductie van rijtaakondersteunende systemen de focus moet liggen op het overtuigen van het publiek dat de systemen

effectief en veilig zijn (Donner & Schollinski, 2004). Daarnaast willen automobilisten wel de mogelijkheid hebben om zelf in te grijpen en het systeem uit te schakelen.

Uit alle studies naar acceptatie van rijtaakondersteunende systemen blijkt dat de vaak door beleidsmakers aangehaalde reden 'het publiek wil het niet' niet waar is en dat de aanvaardbaarheid van deze systemen juist zeer groot is, maar dat gericht beleid, afhankelijk van het systeem en het type systeem, noodzakelijk is. Zo worden, zodra mensen met een dergelijk systeem hebben gereden, systemen die daadwerkelijk ingrijpen meer gewaardeerd dan systemen die alleen waarschuwen (SWOV, 2010d), hoewel bestuurders vooraf meestal aangeven liever een informrend systeem in de auto te hebben dan een systeem dat een deel van de rijtaak overneemt (RWS, 2007). Meer grootschalige veldstudies zijn nodig om te bepalen hoe het vertrouwen en daarmee de acceptatie van de verschillende (typen) systemen verhoogd kunnen worden om op termijn het gewenste effect van deze rijtaakondersteunende en coöperatieve systemen te bewerkstelligen.

Van sommige rijtaakondersteunende en de meeste coöperatieve systemen is het nodig dat automobilisten eerst leren rijden met deze systemen. Zo zijn er twee tot drie weken van intensief rijden nodig alvorens automobilisten de werking en de bediening van een systeem als ACC onder de knie krijgen. Om de acceptatie van dit systeem te bevorderen is het noodzakelijk om een formele training in het rijden met ACC te ontwikkelen om bestuurders zo te helpen de voor- en nadelen van ACC-systemen beter te leren kennen en te begrijpen (SWOV, 2010a). Een eerste stap zou kunnen zijn om het rijden met rijtaakondersteunende systemen als een verplicht onderdeel van het rijbewijs te laten worden, en in de toekomst dit uit te breiden met het rijden met coöperatieve systemen.

Er ontbreekt nog onderzoek over de acceptatie van autonome auto's. Nu er steeds meer autonome auto's de weg opgaan, zullen binnen afzienbare tijd de eerste kleinschalige veldstudies over de acceptatie van deze auto en het vertrouwen in een autonome auto uitgevoerd gaan worden.

#### **4.5.2 Privacy**

De robotisering van de auto leidt ertoe dat de auto van een geïsoleerd apparaat op de weg verandert in een 'genetwerkte auto', die is verbonden met talloze informatie- en communicatienetwerken (Kolman & Van Est, 2010). Het vraagstuk dat zich hierbij opdringt is of de privacy van de automobilist niet in het geding komt.

Zoals eerder in dit hoofdstuk vermeld, wordt het eCall-systeem in 2015 verplicht gesteld voor alle nieuw verkochte auto's. Het eCall-systeem

heeft de mogelijkheid tal van gegevens te verzamelen, zoals snelheid, tijd van vertrek, tijd van aankomst (stilzetten voertuig), tijd van eventueel ongeluk, plaats van vertrek, actuele plaats, plaats van aankomst (stilzetten voertuig), pauzegedrag, veel bezochte locaties, regelmatig afgelegde trajecten, positie op rijbaan (door nauwkeurige gps), en geluid in auto (stem van inzittenden).

Naast dit eCall-systeem zijn er natuurlijke meerdere systemen in en buiten de auto die bepaalde gegevens met betrekking tot de locatie en de identificatie produceren en ontvangen, zoals de navigatiesystemen en coöperatieve systemen. Deze systemen spelen persoonlijke gegevens door, waardoor rekening moet worden gehouden met de privacy-wetgeving in zowel Europese richtlijnen als de nationale wetgeving betreffende privacy. De Wet bescherming persoonsgegevens (WBP) en de Telecommunicatiewet zijn er ter bescherming van persoonsgegevens en de persoonlijke levenssfeer van gebruikers van telecommunicatienetwerken. De Telecommunicatiewet schrijft voor dat de aanbieder van communicatiediensten verkeersgegevens slechts mag verwerken 'mits de abonnee of de gebruiker waarop de verkeersgegevens betrekking hebben daarvoor zijn toestemming heeft gegeven'.<sup>21</sup> Deze toestemming is echter niet vereist in geval van de opsporing van fraude of als de verwerking overigens bij of krachtens de wet wordt gevorderd.<sup>22</sup> Beide wetten schrijven tevens voor dat de verwerking van locatiegegevens geoorloofd is 'indien deze gegevens zijn geanonimiseerd'.<sup>23</sup> Onder 'locatiegegevens' wordt in de Telecommunicatiewet verstaan: 'gegevens die worden verwerkt in een elektronisch communicatienetwerk waarmee de geografische positie van de randapparatuur van een gebruiker van een openbare elektronische communicatiedienst wordt aangegeven'.<sup>24</sup>

De werkgroep *Driving Group on eCall* (2006), ingesteld door de Europese Commissie, maakt zich zorgen over het feit dat gegevens voor andere doeleinden kunnen worden gebruikt. Gegevens die met reistijd en locaties te maken hebben, kunnen worden gebruikt om bijvoorbeeld kilometerheffing of rekeningrijden in te voeren en verkeersovertredingen zoals snelheidsovertredingen te beboeten. Het is voorstelbaar dat de informatie van eCall zeer bruikbaar is voor verzekeraars. Ook de wegbeheerder zou deze informatie kunnen gebruiken voor verkeersmanagement. Daarnaast kunnen deze gegevens de mogelijkheden voor het opsporen van verdachten van misdrijven vergroten. Dit is een reële gedachte, want de afgelopen jaren zijn op dit terrein de bevoegdheden van opsporingsinstanties aanzienlijk uitgebreid (Vedder, Van der Wees, Koops & De Hert, 2007). Een individu kan daardoor eerder betrokken raken in een onderzoek van opsporingsdiensten, als potentieel verdachte of als getuige, omdat men zich op dat moment in de buurt van het gepleegde delict bevond. Terecht stellen Kolman en Van Est (2010) dan ook dat duidelijkheid op het vlak van wet- en regelgeving met betrekking tot bevoegdheden van opsporings-

diensten die te maken krijgen met lokalisatiegerelateerde diensten rond automobilisten, zeer gewenst is.

Om aan privacybezwaren tegemoet te komen zal het eCall-systeem een 'slapend bestaan' leiden, dat wil zeggen dat eCall slechts in verbinding met het netwerk staat om gegevens te verzenden als er een ongeluk heeft plaatsgevonden, of als de automobilist zelf het systeem activeert, of als de auto opgegeven wordt als gestolen. Dit was overeenkomstig het advies van de werkgroep *Driving Group on eCall*. De vraag is echter of men zich aan die belofte kan houden dat eCall slechts een 'slapend systeem' blijft. Zo is in 2011 bekend geworden dat de camera's die toezicht houden op vervuilende vrachtwagens binnen Amsterdam ook voor andere doeleinden benut gaan worden. De beelden gaan nu ook gebruikt worden om te zien of eigenaren van kentekens iets op hun kerfstok hebben of nog een boete moeten betalen. Volgens *Het Parool* gaat hiermee een lang gekoesterde wens van hoofdcommissaris Bernard Welten in vervulling: de realisatie van een 'digitale slotgracht' rond de stad.<sup>25</sup>

Navigatiesystemen met bijvoorbeeld een simkaart – waardoor gegevens van en naar de auto kunnen worden verzonden – zijn echter geen slapende systemen. Een gangbare methode om tegemoet te komen aan de privacybezwaren van deze systemen is het anonimiseren van de reisgegevens door deze gegevens te versleutelen, waardoor misbruik door derden wordt tegengegaan. Daarnaast beschermt bijvoorbeeld TomTom de privacy van automobilisten door van elke route het eerste en laatste stukje af te knippen, zodat bijvoorbeeld het adres, en daarmee een persoon, niet herleidbaar is (Kolman & Van Est, 2010). TomTom zal wel de gegevens ontsleutelen als opsporingsdiensten ernaar vragen, bijvoorbeeld wanneer er bij een misdrijf een auto wordt gevonden. Maar wat moet er bijvoorbeeld gebeuren met de informatie wanneer na een verkeersongeval een betrokkene vlucht? Moet de politie dan de mogelijkheid krijgen om deze auto te traceren? Immers, het daadwerkelijk volgen van een automobilist op een kaart gaat weer een stapje verder. Of krijgt de privacy de overhand en garandeert het systeem anonimiteit?

Bij coöperatieve systemen gaat een ander probleem zich voordoen doordat verschillende partijen gegevens met elkaar moeten gaan uitwisselen. Auto's gaan met elkaar communiceren, bijvoorbeeld door navigatiesystemen van verschillende producenten, met wegkantsystemen die beheerd worden door het Rijk, en met verkeersinformatiediensten. De vraag is hoe de reistijdgegevens en locatiegegevens van de automobilist beheerd moeten worden, en hoe gegarandeerd kan worden dat de privacy van de automobilist gewaarborgd blijft. Nu coöperatieve systemen hun waarde hebben bewezen om ook in de praktijk te worden toegepast, wordt het hoog tijd dat politici en informatiejuristen zich over deze vragen gaan buigen.

### 4.5.3 Veiligheid

De robotisering van de auto wordt als een belangrijke oplossing gezien voor verkeersveiligheid. Wanneer gekeken wordt naar de typen ongevallen die rijtaakondersteunende systemen beogen te voorkomen en hoe vaak deze vóórkomen, concludeert SWOV (2010d) op basis van verschillende simulatorstudies en kleinschalige veldstudies met prototypen dat er veel winst geboekt kan worden (zie ook Christoph, 2010). Het succes van de toepassing van de robotisering staat of valt voor een groot deel met de eigen veiligheid van de robotisering. De acceptatie van de rijtaakondersteunende en coöperatieve systemen is afhankelijk van de veiligheid van deze systemen. Op dit moment ontbreken veiligheidsnormen voor deze systemen. Een internationale ISO-norm voor rijtaakondersteunende en coöperatieve systemen zou kunnen bijdragen aan het vertrouwen en daarmee aan de acceptatie van het publiek.

Vanwege de angst voor aansprakelijkheid zullen producenten deze systemen pas op de markt zetten als ze volkomen veilig zijn. Pas na veel onderzoek, meestal gefinancierd door de Europese Unie, durven producenten de stap te wagen. Omdat veel onderzoek de laatste jaren gericht is op het vergroten van de veiligheid van rijtaakondersteunende systemen, en deze voordelen gezien worden als unique selling point, zien we een enorme toename van deze systemen in alle modellen auto's. Deze tendens is ook te verwachten voor de coöperatieve systemen, die relatief nieuw zijn en waar pas enkele jaren grootschalig onderzoek naar wordt gedaan.

Daarnaast hebben coöperatieve systemen te maken met de beveiliging van het informatie- en communicatienetwerk. Voor bijvoorbeeld coöperatief rijden is communicatieapparatuur nodig en een koppeling met het motormanagementsysteem, zodat het voertuig zelf zijn snelheid kan regelen. Een nadeel hiervan is dat de auto erg kwetsbaar kan worden voor hack-pogingen. Amerikaanse onderzoekers van CAESS (*Center for Automotive Embedded Systems Security*) hebben aangetoond dat het mogelijk is om de auto te 'kraken' en volledige controle over de auto te krijgen (Checkoway, McCoy, Kantor et al., 2011). In theorie kunnen kwaadwillenden een volledig knooppunt ontregelen of ongelukken veroorzaken. Het Europese onderzoeksproject Preserve (*Preparing Secure Vehicle-to-X Communication Systems*), dat onder leiding staat van de Universiteit Twente en dat dit jaar is gestart, heeft onder meer de ontwikkeling en het testen van een beveiligingssysteem tot doel.<sup>26</sup> Het beveiligen van data is gecompliceerd doordat cryptologie de informatiestroom vergroot, terwijl de bandbreedte juist beperkt is.

Rijtaakondersteunende en coöperatieve systemen kunnen tevens leiden tot negatieve gedragsaanpassingen, zoals verminderd aandachtsniveau en overschatting van het systeem, met als gevolg dat een deel van de

positieve effecten teniet worden gedaan. Zo blijkt dat het ACC-systeem een groot positief effect heeft op de verkeersveiligheid, maar tevens leidt tot hogere snelheden en kortere volgtijden (Dragutinovic, Brookhuis, Hagenzieker & Marchau, 2005). Een ander mogelijk onbedoeld negatief effect kan zijn dat weggebruikers zonder zo'n systeem gaan anticiperen op verondersteld gedrag van auto's met zo'n systeem, of dat ze zich gaan gedragen alsof ze zo'n systeem wel hebben (door gissing of imitatie) (SWOV, 2010d). Daarnaast kunnen deze systemen leiden tot *de-skilling*, waardoor de rijvaardigheid van automobilisten achteruitgaat. Dit kan tot gevaarlijke situaties leiden op momenten waarop de (semi-autonome) auto niet zelfstandig reageert en het stuur moet worden overgenomen door de mens die minder rijvaardig is geworden.

#### **4.5.4 Aansprakelijkheid<sup>27</sup>**

De ontwikkeling van de robotisering van de auto heeft ook consequenties voor de aansprakelijkheid bij verkeersongevallen. We zullen in deze paragraaf kort ingaan op de consequenties van de invoering van rijtaakondersteunende en coöperatieve systemen voor de aansprakelijkheid van de volgende drie actoren: producenten, wegbeheerders en automobilisten.

##### ***Aansprakelijkheid van de producent***

De producent is aansprakelijk indien schade wordt veroorzaakt door een gebrek in zijn product.<sup>28</sup> Er is sprake van een gebrek indien het product niet de veiligheid biedt die men daarvan onder de gegeven omstandigheden mocht verwachten. Juridisch gezien is er geen vacuüm wat betreft de aansprakelijkheid van de producent van rijtaakondersteunende systemen. Bij de beoordeling van een eventueel gebrek van rijtaakondersteunende systemen zal de rechtspraak naar de volgende factoren kijken: het verwachtingspatroon van het publiek, de presentatie van het product, het redelijkerwijs te verwachten gebruik, een afweging van de voor- en nadelen van een systeem, en het voldoen aan veiligheidseisen. Wat betreft de laatste factor, het voldoen aan veiligheidseisen, ontbreken er wettelijke of andere geschreven veiligheidsvoorschriften. Het voldoen aan veiligheidseisen wordt dan geconcretiseerd door te beoordelen of het systeem voldoet aan de veiligheid die men mag verwachten.

Echter, problematischer wordt het als we de aansprakelijkheid van producenten beschouwen in relatie tot coöperatieve systemen. Bij coöperatieve systemen kan de oorzaak van het schadeveroorzakende gedrag van het product terug te voeren zijn op een van buiten komende oorzaak. Zo kan het bijvoorbeeld voorkomen dat een rijtaakondersteunend systeem een waarschuwing voor plaatselijk gevaar gemist heeft door een gebrek in een wegkantsysteem. In beginsel is het aan de benadeelde om het gebrek te bewijzen.<sup>29</sup> Dit is voor consumenten een haast ondoenlijke taak, zodat de rechter de consumenten tegemoetkomt door het hanteren van bewijs-

vermoedens. Bij rijtaakondersteunende systemen is dit werkbaar, want een stop-and-go-systeem dat niet remt voor een file, wijst op een gebrek in het systeem. Het wordt lastiger als coöperatieve systemen in het spel zijn, omdat het incorrect functioneren van een systeem afhankelijk kan zijn van datacommunicatie met andere verkeersdeelnemers en de infrastructuur. Een bewijsvermoeden kan dan te gering zijn. Een oplossing voor dit dreigend bewijsprobleem is om hiervoor het systeem eCall te gaan gebruiken, als een soort van elektronische datarecorder of black-box die gegevens over het functioneren van een systeem en/of het rijgedrag van de bestuurder vastlegt. Hierdoor kan worden voorkomen dat een producent of wegbeheerder niet in staat is om het bewijs te leveren dat zijn product wel functioneert. Een bijkomend probleem heeft betrekking op de privacy: welke partijen hebben onder welke voorwaarden en voor welke doeleinden toegang tot die gegevens?

### ***Aansprakelijkheid van de wegbeheerders***

De wegbeheerder is aansprakelijk indien de openbare weg niet voldoet aan de eisen die men daaraan in de gegeven omstandigheden mag stellen.<sup>30</sup> Onder openbare weg wordt ook de wegwitruiming begrepen: al die voorwerpen die op, naast of boven de verkeersbaan zijn aangebracht voor het inrichten van de weg voor verkeersgebruik, zoals vangrails, reflectorenpaaltjes, verkeersborden en verkeerslichten. De vraag hier is of wegwitruimingssystemen ook onder de wegwitruiming vallen, omdat de werking van deze systemen afhankelijk is van op afstand geplaatste, gecentraliseerde informatieverwerkingssystemen. Hierdoor kan discussie ontstaan over de reikwijdte van het begrip 'wegwitruiming' en daarmee de toepasbaarheid van de aansprakelijkheid van de wegbeheerder. De meest voor de hand liggende oplossing is om de wegwitruimingssystemen en hun achterliggende computersystemen als wegwitruiming te definiëren.

### ***Aansprakelijkheid van de automobilist***

Artikel 185 van de Wegenverkeerswet (WVW) heeft betrekking op de aansprakelijkheid van de eigenaar/houder van een motorvoertuig bij een ongeval waarbij niet-gemotoriseerde weggebruikers (voornamelijk fietsers en voetgangers) schade ondervinden. Hierin staat dat de eigenaar/houder van een motorvoertuig aansprakelijk is voor door met zijn voertuig toegebrachte schade, tenzij aannemelijk is dat het ongeval te wijten is aan overmacht. Overmacht wordt zeer restrictief uitgelegd: het is beperkt tot de gevallen waarin het ongeval uitsluitend is toe te schrijven aan gedragingen van het slachtoffer zelf of van een derde. Bij een plots optredend gebrek in de auto, dus ook bij een falend rijtaakondersteunend systeem, kan er geen beroep worden gedaan op overmacht. De gedachte hierachter is dat wie de lusten geniet van automobiliteit, ook de daaruit voortvloeiende lasten dient te dragen. De vraag is of overmacht wel zou kunnen slagen in het geval van het falen van een wegwitruimingssysteem of een



gebrekkige datacommunicatie met andere voertuigen, omdat dan de oorzaak als van buiten komend kan worden beschouwd en toe te schrijven is aan gedragingen van een derde.

De aansprakelijkheid van een automobilist jegens andere gemotoriseerde weggebruikers wordt beoordeeld aan de hand van de onrechtmatige daad,<sup>31</sup> welke toerekenbaar is als deze is te wijten aan de schuld van de automobilist. Bij het niet adequaat functioneren van een rijtaakondersteunend systeem kan het de automobilist alleen niet worden toegerekend wanneer het bijzondere gevaren betreft, zoals plotselinge, onvoorzienbare omstandigheden waarmee de automobilist in redelijkheid geen rekening hoefde te houden, zoals het plotseling – zonder aanleiding – vol in de remmen gaan door een botsingsvermijdingssysteem, waardoor een aanrijding ontstaat.

Bij de aansprakelijkheid van de automobilist is de perfecte chauffeur veelal de norm. De vraag die rijtaakondersteunende systemen oproept, is of van het gebruik van deze systemen ook een 'aanscherpende' werking kan uitgaan. Het feit dat deze systemen het mogelijk maken dat automobilisten beter op gevaren inspelen, kan de aansprakelijkheid beïnvloeden. Als een systeem gewaarschuwd heeft voor een glad wegdek, zal een beroep op niet-voorzienbare gladheid niet opgaan. Het is een moeilijker geval als een automobilist heeft nagelaten het botsingsvermijdingssysteem te activeren en vaststaat dat het systeem de schade had kunnen voorkomen of beperken. In dat geval zal de rechter waarschijnlijk in acht nemen of een perfecte chauffeur – veelal de norm die gehanteerd wordt in de rechtspraak – het systeem zou hebben geactiveerd.

In geval van autonome auto's zullen er weer nieuwe juridische kwesties aan de orde komen die ook verband houden met de aansprakelijkheid, zoals de vraag of degene die in zo'n auto stapt nog wel te beschouwen is als 'bestuurder'.

## 4.6 Slotbeschouwing

We hebben in dit hoofdstuk de robotisering van de auto verkend aan de hand van ontwikkelingen op het gebied van rijtaakondersteunende systemen, verkeersmanagement en coöperatieve systemen. We hebben laten zien dat de robotisering van de auto in volle gang is. Er is duidelijk een trend herkenbaar van rijtaakondersteunende systemen die alleen informeren, naar systemen die ook waarschuwen en zelfs ingrijpen. Een volgende stap in deze trend is het overnemen van rijtaken door middel van coöperatieve systemen (in combinatie met verkeersmanagement). Uiteindelijk is de verwachting dat dit zal gaan leiden tot autonome auto's. In deze slotparagraaf kijken we terug op de maatschappelijke vragen

die spelen bij rijtaakondersteunende systemen, coöperatieve systemen in combinatie met verkeersmanagement en autonome auto's. Op basis daarvan benoemen we nog enkele kwesties die aandacht vragen in het publieke en politieke domein.

#### **4.6.1 Korte termijn: rijtaakondersteunende systemen**

##### **Verwachtingen**

Rijtaakondersteunende systemen of *Advanced Driver Assistance Systems* (ADAS) ondersteunen de bestuurder, maar maken het nog niet mogelijk volledig geautomatiseerd door het verkeer te rijden. De toepassing van rijtaakondersteunende systemen is volop in ontwikkeling en wordt volop gestimuleerd door zowel industrie als onderzoeksinstellingen en overheid. De verwachtingen omtrent deze systemen zijn hooggespannen ten aanzien van de veiligheidseffecten. De beschikbare rijtaakondersteunende systemen zijn waarschijnlijk slechts voorbodes van een ingrijpende ontwikkeling die zal leiden tot een steeds verdergaande 'automatisering' van de rijtaak. Deze trend is inmiddels waar te nemen. Systemen die in beginsel alleen adviseerden of waarschuwden, zoals het waarschuwen bij snelheidsoverschrijding of bij onbedoeld van de rijbaan dreigen te raken, worden verder ontwikkeld tot systemen die daadwerkelijk ingrijpen, waardoor bijvoorbeeld een bestuurder de maximumsnelheid niet kan overschrijden of waardoor de auto teruggestuurd wordt naar de juiste rijbaan als de bestuurder onbedoeld van de rijbaan dreigt te raken. Gezien de technologische ontwikkelingen is de verwachting dat op korte termijn steeds meer rijtaakondersteunende systemen zelfstandig corrigerend kunnen ingrijpen in het rijgedrag van de bestuurder in plaats van de bestuurder alleen te waarschuwen of te adviseren.

##### **Maatschappelijke, ethische en reguleringskwesties**

Hoewel de ontwikkeling van rijtaakondersteunende systemen wordt gestimuleerd, blijkt uit veel onderzoek dat bij veel consumenten onvoldoende bekend is wat rijtaakondersteunende systemen kunnen betekenen (RWS, 2007). Dit probleem is inmiddels opgepakt door de Europese Commissie, die daartoe het eSafety Forum heeft ingesteld met onder meer als doel de bekendheid van rijtaakondersteunende systemen te vergroten bij het publiek.<sup>32</sup> Daarnaast vergt het rijden met dit soort systemen nieuwe vaardigheden van bestuurders. Van belang is dat hier aandacht aan wordt besteed, en een mogelijke oplossing zou kunnen zijn om het rijden met rijtaakondersteunende systemen als een verplicht onderdeel van het rijbewijs te laten worden. Nadeel van deze ontwikkeling is dat bestuurders te veel gaan vertrouwen op deze systemen, waardoor ze minder oplettend worden.

Het grootste nut van deze systemen wordt door de Europese Commissie met name gezocht in de verkeersveiligheid. De Commissie streeft naar een halvering van het totale aantal verkeersdoden in de Europese Unie tegen 2020 ten opzichte van 2010. Een zeer ambitieus doel, dat naar onze mening alleen gehaald kan worden door rigoureuze maatregelen, zoals het verplicht stellen van een aantal rijtaakondersteunende systemen. Zo heeft de Commissie het ABS-, ESC- en eCall-systeem al verplicht gesteld. De volgende systemen die in aanmerking zouden komen voor zo'n verplichting zijn het ACC-systeem (*Adaptive Cruise Control*) en het LDW-systeem (*Lane Departure Warning*). Uit onderzoek blijkt dat deze systemen groot effect hebben op de verkeersveiligheid. Zo wordt 47 procent van de ongevallen op autosnelwegen veroorzaakt doordat er te weinig afstand wordt gehouden (en dit is 24 en 18 procent voor respectievelijk provinciale wegen en stedelijke wegen) (RWS, 2007). Met een ACC-systeem kan dit voor een groot deel worden voorkomen, zeker in combinatie met een *pre-crash*systeem. Een door de Europese Commissie vastgelegde, strategische doelstelling om de halvering van het aantal verkeersslachtoffers te bereiken is de 'versterkte handhaving van het verkeersreglement'. Snelheid is bijvoorbeeld een van de basisrisicofactoren in het verkeer en is van grote invloed op het aantal verkeersongevallen (Wegman & Aarts, 2005). Wanneer alle Nederlandse automobilisten zich aan de snelheidslimiet houden, zouden het aantal verkeersdoden met 21 procent en het aantal ziekenhuisgewonden met 15 procent afnemen (Oei, 2001; zie ook Christoph, 2010). Dit zou eenvoudig te bewerkstelligen zijn met de ingrijpende variant van het ISA-systeem (intelligente snelheidsassistentie). Deze variant is nauwelijks geïmplementeerd, omdat de acceptatie van een ingrijpend systeem vrij laag is (Morsink et al., 2007). De auto wordt door velen beschouwd als 'icoon van de vrijheid', en een ingrijpend systeem beperkt de vrijheid van de automobilist. De vraag is of er niet een morele plicht bestaat om deze vrijheid in te perken omwille van de veiligheid. De Europese Commissie zou hier een grote rol kunnen spelen door de ingrijpende variant van het ISA-systeem verplicht te stellen. Hoewel dit op veel weerstand van zowel automobilisten als politieke partijen kan rekenen, is het een doeltreffende maatregel.

#### **4.6.2 Middellange termijn: coöperatieve systemen**

##### **Verwachtingen**

Behalve maatregelen die zich richten op rijtaakondersteunende systemen wijst de wetenschap ook op de potentie van coöperatieve systemen (in combinatie met verkeersmanagement) via 'connected navigation'. Tegenwoordig wordt hier veel onderzoek naar gedaan en veel van deze onderzoeksprojecten worden gesubsidieerd door de Europese Unie. De eerste pilots hebben inmiddels gedraaid en de verwachting is dat deze coöperatieve systemen zullen leiden tot minder files en een beter gebruik

van het wegnen. De Europese Commissie zal op korte termijn technische specificaties voorstellen die vereist zijn om gegevens en informatie tussen voertuigen (V2V) en tussen voertuigen en infrastructuur (V2I) uit te wisselen (Europese Commissie, 2010). Deze voorgestelde standaardisatie zou een duw in de rug kunnen zijn voor de verdere implementatie van deze systemen. Zo vereist coöperatief rijden een standaardisatie, zodat verschillende automerken meekunnen in het 'treintje'. Ondanks de verwachte positieve bijdrage van coöperatieve systemen is er – in tegenstelling tot bij rijtaakondersteunende systemen – weinig onderzoek gedaan naar de veiligheid en eventuele bijeffecten van coöperatieve systemen. Het zal nog enige jaren duren alvorens V2V- en V2I-communicatie veilig en betrouwbaar genoeg zijn om daadwerkelijk toegepast te gaan worden in het coöperatief rijden.

### ***Maatschappelijke, ethische en reguleringskwesties***

Toch wordt het hoog tijd dat de betrokken partijen (overheden, industrie, kennisinstituten en belangengroeperingen) zich nu al buigen over de technische en juridische aspecten van coöperatief rijden, zoals wettelijke toelating, systeemveiligheid, standaardisatie en aansprakelijkheid in geval van disfunctioneren. Deze aspecten vergen immers tijd en zouden de introductie van coöperatieve systemen over een aantal jaar nodeloos vertragen als er nu geen werk van wordt gemaakt.

De meest pregnante problemen gaan zich op korte termijn voordoen op het gebied van privacy. Het vergroten van de handhaving van verkeersregels kan eenvoudig worden bewerkstelligd via V2I-systemen, die het rijgedrag van automobilisten kunnen monitoren, waardoor bij overtreding van de regels de bezitter automatisch kan worden beboet. Daarnaast kunnen bijvoorbeeld verzekeraars premies introduceren voor automobilisten die veilig rijden met behulp van monitoring. Nu wordt dit nog beschouwd als aantasting van de privacy, maar de vraag is of de (verkeers)veiligheid het op termijn gaat winnen van de privacy. Zo blijft de vraag of politici hun belofte kunnen houden dat het eCall-systeem een 'slapend bestaan' is en dat dit systeem niet gebruikt gaat worden als een elektronische datarecorder voor het opsporen van criminelen of het beboeten van verkeersovertreders. Dit gevaar is reëel, zoals blijkt uit het voorbeeld in paragraaf 4.5.2 van de camera's in Amsterdam die alleen toezicht zouden houden op vervuilende vrachtwagens, maar die vanaf vorig jaar ook worden ingezet voor andere doeleinden.

## **4.6.3 Lange termijn: autonome auto**

### ***Verwachtingen***

De ontwikkeling van coöperatieve systemen zal een bijdrage gaan leveren aan de verdere invoering van het autonoom rijden. Het autonoom

rijden zal waarschijnlijk als eerste in de praktijk worden toegepast op autosnelwegen met coöperatieve ACC, waar V2V-communicatie noodzakelijk is. De infrastructuur zal niet veel hoeven te veranderen, want de automobilisten krijgen alle informatie over geldende verkeersregels, files, wegwerkzaamheden en dergelijke via het navigatiesysteem of een ander informatiesysteem. Misschien dat langs de wegen een aantal wegkantsystemen wordt geplaatst dat het autonoom rijden kan begeleiden, met name bij af- en opritten. Dit semi-autonoom rijden, dus waar de auto op bepaalde wegen autonoom kan rijden, zoals in niet-complexe verkeerssituaties (bijvoorbeeld op snelwegen), en op andere niet, zoals in complexe verkeerssituaties (bijvoorbeeld in de stad), wordt door wetenschappers zo rond 2020 als realistisch beeld beschouwd (Visbeek & Van Renswouw, 2008; zie ook het SARTRE-project). Het verwachte gevolg van dit semi-autonoom rijden is dat de verkeersveiligheid op snelwegen zal toenemen, dat het fileleed voor een deel wordt verzacht, met name de schokgolffiles, en dat auto's zuiniger gaan rijden. Tijdens het autonoom rijden kan de bestuurder een boek lezen, internetten, ontbijten enzovoort.

Het volledig autonoom rijden is geen realistisch beeld vóór 2020, ook al wordt dit beeld wel geschetst door bijvoorbeeld General Motors en Google. Echter, gezien de ontwikkeling op het gebied van de robotisering van de auto lijkt het onvermijdelijk dat de autonome auto ooit gemeengoed wordt. Een meer waarschijnlijke schatting is rond 2030. De introductie zal waarschijnlijk via taxibedrijven plaatsvinden, zoals geschetst door de Duitse onderzoekers van het AutoNOMOS-project, waarbij een autonome auto oproepbaar is via de mobiele telefoon of al klaarstaat bij stations, theaters en dergelijke (zie ook Broggi et al., 2008).

### **Regulering**

Martin Damen van RIGO Research en Advies denkt dat de huidige auto's van nu de paarden zijn van over dertig jaar, en dat het autorijden, net als paardrijden, een sport of hobby wordt om te voelen hoe het nou was om zelf in een auto te rijden (Schilperoord, 2001). Deze vergelijking maakt duidelijk dat de maatschappelijke impact van de introductie van de autonome auto wel eens zeer groot kan zijn. Toekomstvisies van de autonome auto leiden tot verschillende scenario's, die soms zelfs lijnrecht tegenover elkaar staan. Daarom zullen beleidsmakers en politici moeten anticiperen op de mogelijke scenario's. Wat precies de gevolgen zijn voor het openbaar vervoer, het autobezit, de verkeersveiligheid, het gebruik van het wegennet, enzovoort zal moeten worden onderzocht voor elk scenario, zodat beleidsmakers en politici een visie kunnen bouwen op het wegverkeer van de toekomst, om tijdig onwenselijke ontwikkelingen te ontmoedigen.

## 'De smartphonegeneratie zal ook geautomatiseerde auto's accepteren'

Bart van Arem, hoogleraar Transport en Planning aan de TU Delft

Al sinds de jaren vijftig wordt gedroomd van robotbestuurde auto's. En de verwachting is steeds: over 25 jaar is het zo ver. Toch groeien we nu echt naar die robotisering toe, vermoedt de Delftse hoogleraar Transport en Planning Bart van Arem: 'De laatste jaren zijn er in de automarkt dingen gebeurd die niemand voor mogelijk hield.'

*U verwacht dat de robotisering van auto's de komende 10 tot 15 jaar flink kan bijdragen aan minder files, minder verkeersslachtoffers en minder milieuschade. Maar terwijl de files naar uw inschatting te halveren zijn, wordt het aantal doden maar een kwart minder en de milieu-effecten 10 tot 20 procent. Vanwaar die verschillen?*

'De milieuwinst zul je niet in de eerste plaats in robotisering moeten zoeken, maar in zaken als schonere motoren en elektrische aandrijving. Onze berekeningen gaan uit van de verbrandingsmotor en er is nu eenmaal een bepaalde energie nodig om die van A naar B te brengen. Toch zal robotisering wel wát milieuwinst opleveren, doordat de files afnemen en doordat het rijden ook buiten de files gelijkmatiger wordt. Dat is zuiniger. Op het aantal ongelukken heeft robotisering twee tegenstrijdige effecten. Ik zag laatst een aardig plaatje dat dat illustreerde. (Tekent op bord.) Als deze cirkel alle ongevallen zijn die nu gebeuren, dan kunnen we daarvan met robotisering een flink deel voorkomen: het deel dat ik nu arceer. Dat is dus doordat het systeem de bestuurder waarschuwt voor gevaarlijke situaties of zelf ingrijpt: het ziet een overstekende voetganger, een auto van rechts, een auto van achteren – en het grijpt in. Tegelijkertijd komen er ook ongevallen bij, die op dit moment *niet* zouden gebeuren: het deel buiten de oorspronkelijke cirkel. En de vraag is natuurlijk hoeveel dat er zijn.'



grote cirkel: ongevallen nu  
gearceerde deel: met technologie te voorkomen ongevallen

uitstulping aan de onderkant: nieuwe, door technologie veroorzaakte ongevallen

*Hoezo komen er ongevallen bij?*

'Bijvoorbeeld doordat de rijvaardigheid van mensen achteruitgaat. Op plaatsen waar de auto niet zelfstandig kan remmen, moet je dat nog steeds zelf doen, en daar ben je dan minder goed in geworden. Een tweede oorzaak is dat mensen minder goed gaan opletten en meer gaan bellen, sms'en of andere dingen doen achter het stuur. Dat veroorzaakt trouwens ook nu al een hoop ongelukken. Een derde oorzaak is dat technologie kan falen, net als de mens. Belangrijke vragen daarbij zijn: hoe vaak gaat een mens in de fout en hoe vaak zo'n systeem? En hoe groot is de kans dat een mens of een systeem zich herstelt of aanpast aan de nieuwe situatie?'

*Als een systeem hapert, kan het zichzelf toch niet herpakken?*

'Tot op zekere hoogte wel. Dat heet *graceful degradation*. Ik herinner me een evenement in 1998, waarbij we een maand lang een stuk rijksweg tot onze beschikking hadden om met automatische auto's te experimenteren, samen met collega's uit Californië. In Californië regent het nooit, hier regende het die hele maand. Hoewel we de sensoren goed tegen het water hadden beschermd, begaf eentje het toch op zeker moment. Wat gebeurde er? Die auto ging meer afstand houden. Hij nam zelf waar dat zijn systeem niet meer helemaal betrouwbaar was en hield daar rekening mee.'

*De grootste winst van robotisering in het verkeer zit hoe dan ook in het verminderen van files.*

'Klopt, en dat gebeurt op drie manieren. Ten eerste krijg je minder schokgolffiles. Auto's met *Adaptive Cruise Control* (ACC) remmen geleidelijker en ze houden – mits de bestuurder dat zo instelt – kortere volgfstanden aan. Dat is niet alleen nuttig bij hoge snelheden, zoals vaak gedacht wordt, maar juist ook bij langzaam rijdend verkeer. Zelfs als maar 10 procent van de auto's ACC heeft, vermindert dat de files al met 30 procent.

Ten tweede wordt de navigatie slimmer. Je navigatiesysteem kan je nu al een individueel advies geven op basis van actuele verkeersinformatie. Het potentiële nadeel daarvan is dat iedereen hetzelfde advies opvolgt, zodat de file alleen maar ergens anders komt te staan. Over tien, vijftien jaar verwacht ik dat die adviezen aan een groep worden gegeven, met een zekere spreiding.

En ten derde krijg je minder files doordat er minder ongelukken gebeuren.'

*Op langere termijn worden er automatische auto's verwacht, ook door u. Maar ik herinner me een boekje uit 1975 waarin dat ook al voorspeld werd.*

'Ziet u die foto? Dat is een auto van General Motors die op een speciale rijstrook zonder bestuurder kon rijden – in 1953! Maar inderdaad, de termijn waarop dat soort dingen praktijk zou worden, is keer op keer enorm onderschat. In de jaren vijftig dachten ze dat het in de jaren zeventig zo ver zou zijn. De verwachting is telkens: over twintig, hooguit dertig jaar. Dus misschien ben ik te optimistisch.

Anderzijds, er zijn de laatste jaren juist dingen gebeurd die niemand voor mogelijk hield. Men dacht dat geen fabrikant ACC op de markt zou durven brengen en dat geen chauffeur daarin zou durven rijden. Maar het is er! De automatische noodstop, hetzelfde verhaal – Volvo heeft het op de markt gebracht. De combinatie van ACC met *lane-keeping*, net zo.

Op dit moment zijn geheel automatische auto's nog in strijd met de Nederlandse wet en met internationale verdragen, maar wie weet wordt binnen een paar jaar de wet aangepast om het mogelijk te maken. De ontwikkelingen gaan nu zo snel, daar is best reden toe.'

*Een van de aantrekkelijke dingen van die automatische auto's is dat ze in een soort 'treintje' zouden kunnen rijden, in een colonne, heel dicht op elkaar. Dat zou wel een flinke brandstofbesparing opleveren.*

'Ja, dat klopt. Hoe dicht er op elkaar, hoe beter. Energieverlies van voertuigen ontstaat door frontale luchtweerstand, die tegendruk geeft, en door turbulentie aan de achterkant, die het voertuig naar achteren trekt. Modelstudies en experimenten laten zien dat zowel de voorste als de achterste auto in zo'n colonne energie besparen, en de middelste auto's nog meer.

Hoeveel je bespaart, hangt er overigens van af welk aspect van de reis je wilt optimaliseren. Dat kan energieverbruik zijn, maar ook veiligheid, reistijd of comfort. En laat je mensen individueel die doelfunctie kiezen, of leg je die op bepaalde plaatsen en tijden collectief op? Allemaal keuzes die de effecten beïnvloeden.'

*Zullen mensen dit wel willen? Vertrouwen ze de systemen daar wel genoeg voor? En zijn ze niet te zeer verknocht aan zelf rijden?*

'Als je de eerste keer in een auto met ACC rijdt en je ziet een langzamere voorligger naderen, is dat best wel spannend. Maar je merkt dat het werkt en zo bouw je vertrouwen op. Zo zal het met andere dingen ook gaan.

De automobilisten van de toekomst zijn ook andere mensen. Wat ik nu ga zeggen, is niet gebaseerd op onderzoek, hoor, maar als ik naar mijn kinderen kijk – de oudste is 14 –, dan zie ik die opgroeien met smartphones en tablets en spelcomputers. Die zullen de automatisering in de auto ook makkelijker accepteren, denk ik. Bovendien, als we nu autorijden, kunnen we niet online zijn. Zij willen dat straks misschien juist wel graag, zodat ze het juist heel aantrekkelijk vinden als het rijden hun uit handen wordt genomen, volledig of een deel van de tijd. Ik vraag me zelfs af hoe interessant ze het überhaupt nog zullen vinden in welke auto ze precies rijden.'









# Politierobot: alleen waakzaam of ook dienstbaar?<sup>1</sup>

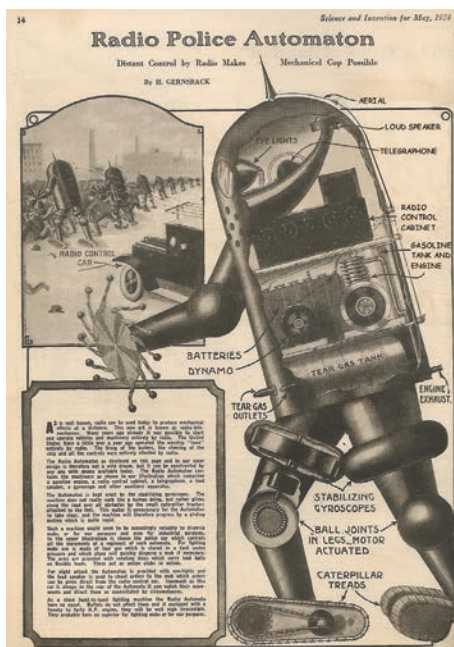
## 5.1 Inleiding: de beloften van politierobots

In een uitgave van het Amerikaanse sciencefictiontijdschrift *Science and Invention* uit 1924 staat een politierobot centraal: de *Radio Police Automaton* (zie figuur 5.1 en 5.2). Deze robot beschikt over schijnwerpers, luidsprekers, traangas en roterende schijven met loodballetjes om een mensenmassa uiteen te drijven. Radiotechnologie maakt de robot vanuit een politieauto bestuurbaar. Volgens de auteur kent hij 'geen gelijke'; de robot is immers bestand tegen kogels en beschikt over een sterke benzine-motor van zo'n 20 tot 40 pk. Deze futuristische kijk op het politiewerk uit de jaren twintig van de vorige eeuw roept – zeker gezien de cover van het tijdschrift – orwelliaanse beelden op: onmenselijk sterke robots die ingezet kunnen worden om de publieke orde en veiligheid te handhaven.



**Figuur 5.1**

Cover van het Amerikaanse tijdschrift *Science and Invention* met afbeelding van de *Radio Police Automaton*



**Figuur 5.2** Uitleg van de *Radio Police Automaton* door H. Gernsback

In ons huidige tijdsgewricht roepen politierobots onvermijdelijk associaties op met films zoals *Robocop* en *The Terminator*. De mensachtige robots (humanoïden) uit deze films vervullen de hoofdrol in een heldenepos waarin het kwaad wordt overwonnen. Deze futuristische beelden staan echter in schril contrast met de werkelijkheid. Politierobots lijken vandaag de dag meer op op afstand bestuurbare speelgoedvoertuigen dan op mensen; het openen van een deur kan al een onoverkomelijk obstakel vormen.

Hoewel de 'Robocop' nog lange tijd sciencefiction zal blijven, geldt dat dus niet voor de politierobot an sich. Sterker nog, politierobots zijn vandaag de dag commercieel verkrijgbaar. Via een webshop kan al voor zo'n 3000 dollar een op afstand bestuurbare, vierwielaangedreven karretje met camera worden gekocht.<sup>2</sup> Toepassingen uit de robotica worden gebruikt voor *dangerous, dull and dirty* politiewerkzaamheden. Robots zijn interessant voor de politie omdat ze saai werk kunnen uitvoeren zonder verlies aan concentratie, gevaarlijke klussen kunnen doen en op plaatsen kunnen komen waartoe een mens of ander technologisch hulpmiddel moeilijk toegang heeft.

Internationaal wordt er hard gewerkt aan dit soort toepassingen. De ontwikkeling van militaire robots, waar wereldwijd enorm in wordt



geïnvesteed, is hierbij van groot belang. De Verenigde Staten spelen hierin – net als bij de militaire robots – een centrale rol. Een robot voor militaire doeleinden is namelijk vaak ook geschikt voor civiele toepassingen. Daarnaast zijn er grote overeenkomsten tussen militair en politieel werk; de scheidslijn is soms maar klein. In verschillende landen worden politierobots al geruime tijd ingezet om de publieke orde en veiligheid te handhaven. In Groot-Brittannië worden robots al sinds het IRA-tijdperk toegepast voor het verwijderen van bommen. Een ander, recent voorbeeld komt uit de VS. Daar werd een robot toegepast om een verdachte van een bankoverval uit zijn schuilplaats te verjagen.<sup>3</sup> Israël en de VS maken gebruik van gewapende robots voor de bewaking van hun buitengrenzen (Marks, 2010). In hoofdstuk 6 over militaire robots worden hiervan voorbeelden gegeven uit Zuid-Korea. En in Japan worden robots ingezet in winkelcentra. Daar houden ze niet alleen mensen in de gaten, maar ze kunnen ook worden geraadpleegd door ouders om te weten waar hun kinderen uithangen in het winkelcentrum. Via de robot wordt dan contact gelegd met een operator die de ouders kan helpen bij het zoeken naar hun kroost.<sup>4</sup>

In dit hoofdstuk wordt gekeken naar huidige toepassingen van robottechnologie bij de Nederlandse politie en naar mogelijke toepassingen in de nabije toekomst. Om welke robots gaat het? Hoe komt de innovatie van robottechnologie tot stand binnen de Nederlandse politieorganisatie? Ook gaan we na welke maatschappelijke en ethische vraagstukken zich opdringen bij de inzet van politierobots. Welke toepassingen van robots voor het politiewerk zijn wenselijk, en welke zijn niet wenselijk? En welke reguleringsissues brengen deze maatschappelijke en ethische thema's met zich mee?

## 5.2 De opkomst van de politierobot

Wanneer er wordt gesproken van politierobots, gaat het op dit moment eigenlijk uitsluitend over veiligheidsrobots (*security robots*). Veiligheidsrobots worden met name ontwikkeld voor surveillancetaken, maar kunnen ook met wapens worden uitgerust. Dit kunnen zowel dodelijke als niet-dodelijke wapens zijn: een pistool, mitrailleur, waterkanon, traangas of *taser* (stroomstootwapen dat schokken tot 50.000 volt kan leveren). Veiligheidsrobots kennen toepassingen voor zowel militaire als civiele doeleinden. De civiele toepassingen van veiligheidsrobots betreffen taken ter handhaving van de publieke orde en veiligheid. Daarom wordt in dit hoofdstuk gesproken van politierobots. Het gaat hierbij op dit moment vooral nog om semi-autonome mobiele robots. Volgens Veruggio en Operto (2008) moeten deze politierobots geschaard worden onder de categorie 'outdoor robotics': intelligente en doorgaans mobiele machines

die de wereld verkennen en surveilleren. Deze robots zijn geschikt voor gevaarlijke operaties waarbij mensenlevens in gevaar kunnen komen. Ze worden op afstand bestuurd (*tele-operated*) (Birk & Kenn, 2002) en vormen een uitbreiding van het menselijk handelen doordat ze de aanwezigheid van politiemensen op afstand (*tele-presence*) mogelijk maken (Nagenborg, Capurro, Weber & Pingel, 2008). Er bestaan ook *immobiele* robots, die semi-autonoom kunnen handelen maar zich niet kunnen verplaatsen.

Politierobots worden vooral toegepast in de lucht en op het land, de zogenaamde onbemande luchtvoertuigen (*Unmanned Aerial Vehicle*, afgekort UAV) en grondvoertuigen (*Unmanned Ground Vehicle*, afgekort UGV), maar ze worden ook ontwikkeld voor in en op het water. Naast een camera en sensoren voor waarneming en communicatie met de omgeving kunnen politierobots worden uitgerust met wapens zoals traangas, pepperspray of *tasers*. Zo bestaat er een robot die in staat is om indringers in een gebouw op te sporen en te overmeesteren door een net over de indringer te schieten waarin deze verstrikt raakt.<sup>5</sup>

In Japan zien we ook experimenten met robots op straat, de zogenaamde *urban robots* of bewakingsrobots, die taken van een wijkagent op zich kunnen nemen, zoals het signaleren van onregelmatigheden en het geven van service aan het publiek. De *Reborg-Q* is getest in winkelcentra, vlieghavens en hotels. Het is een kolos van 100 kilo en 1,50 meter lang, voorzien van camera's, een touchscreen en een kunstmatige stem. Het is een *tele-operated* robot die tevens 'zelfstandig' voorgeprogrammeerde routes kan surveilleren. De *Reborg-Q* kan in zijn rondgang gezichten van ongewenste bezoekers identificeren en daarop reageren door de menselijke bewakers te waarschuwen.<sup>6</sup> In China en Zuid-Korea worden vergelijkbare robots getest.<sup>7</sup> In Zuid-Korea gaat het om een robot die menselijk stemgeluid kan herkennen. Deze robot zou ingezet kunnen worden aan de sterk bewaakte grens met Noord-Korea om mensen neer te schieten die niet (op tijd) het juiste wachtwoord roepen naar de robot.<sup>8</sup> In de VS zijn de op afstand bediende zogenaamde V-A1 robots die op straat opereren al langer bekend, in het bijzonder in de staat Virginia.<sup>9</sup> Ook deze zijn uitgerust met camera's, chemische detectieapparatuur en een mechanische arm om objecten te grijpen. Deze robots stellen de agents-operators in staat om gevaarlijke situaties van een afstand te beoordelen zonder daarbij zelf risico te lopen.

Niet alle experimenten zijn even geslaagd. In Rusland debuteerde in 2007 de *R.Bot 001*, een vierwielige gedaante uitgerust met camera's die door de straten rolde. Na een paar uur begon het te waaien en regenen en de robot bleek helaas niet waterproof en moest terug in reparatie.<sup>10</sup> Bij de opvolger van dit model, de *R.Bot 100*, die in 2011 op de markt is gekomen,

lijkt dit probleem te zijn verholpen. Dit is natuurlijk anekdotisch, maar de serieuze toepassing van dit soort robotica voor het politiewerk op straat ligt verder in de toekomst. We kunnen hier spreken van een opmaat naar de sociale robot (zie hoofdstuk 2), want voor het slagen van deze robots op straat zal de kwaliteit van hun directe interactie met burgers van doorslaggevend belang zijn. Het is immers van groot belang dat politierobots worden geaccepteerd en gehoorzaamd door mensen die in paniek of gewelddadig zijn. Volgens Salvini et al. (2010) kan namelijk geweld tegen politierobots een belemmering vormen voor de inzet van sociale politierobots, omdat ze op een of andere manier jongeren aanzetten tot agressief gedrag jegens de robots.

### **5.3 Hoofdtaken van de Nederlandse politie en de rol van technologie**

Om de toepassing van robots bij de Nederlandse politie scherp in het vizier te krijgen is het van belang om te begrijpen hoe de Nederlandse politieorganisatie eruitziet. Welke kerntaken en bevoegdheden heeft zij? Welke rol speelt techniek daarin? En hoe wordt innovatie van robottechnologie georganiseerd?

#### **5.3.1 De hoofdtaken van de politie**

In het politiewerk zijn in de loop van de tijd steeds verschillende accenten gelegd. Tot halverwege de twintigste eeuw werd het politieapparaat vooral beschouwd als de sterke arm van de overheid, die de rechtsorde moest handhaven. In de Politiewet van 1957 werd voor het eerst ook de sociale taak van de politie expliciet erkend: de taak om 'hulp te verlenen aan hen die deze behoeven'. In artikel 2 van de Politiewet uit 1993 wordt dit nog steeds zo omschreven: 'De politie heeft tot taak in ondergeschiktheid aan het bevoegde gezag en in overeenstemming met de geldende rechtsregels te zorgen voor de daadwerkelijke handhaving van de rechtsorde en het verlenen van hulp aan hen die deze behoeven.'

De Nederlandse politie had van oudsher een autoritair imago, dat steeds meer onder druk kwam te staan. Een symptoom van het wankelende gezag waren de protesten rond de trouwerij van prinses Beatrix en Claus in 1966, die uitliepen op een slagveld tussen burgers en politie. Onder druk van de maatschappelijke kritiek ontworstelde de politie zich in de jaren zeventig en tachtig aan haar autoritaire imago (Wierda, 2006). De politie zoekt sindsdien nadrukkelijk de samenwerking met burgers. De veiligheid van burgers kreeg een hoge prioriteit, evenals de preventie van criminaliteit. De politie stond niet meer vooral tegenover de burger, maar ging een relatie met burgers aan om de publieke vrede te handhaven en de burger te helpen. Dat resulteerde in de jaren tachtig in de opkomst

van wijkteams en een intensieve samenwerking met tal van maatschappelijke organisaties, en in 1993 ook in een nieuwe Politiewet. De taken van de politie zoals omschreven in de Politiewet van 1993 (handhaving, opsporing en hulpverlening) worden in de praktijk uitgesplitst in vier hoofdtaken: (1) handhaving van de rechtsorde, (2) opsporing van wets-overtredingen en misdrijven, (3) het verlenen van hulp (in samenwerking met brandweer en ambulancediensten), en (4) preventie (het voorkomen van overtredingen en misdrijven).<sup>11</sup>

Deze vier hoofdtaken worden sinds 1993 uitgevoerd door 25 regiokorpsen en het Korps Landelijke Politiediensten (KLPD). Naast deze civiele politieorganisaties is er ook de Koninklijke Marechaussee. De Koninklijke Marechaussee voert politietaken uit voor de krijgsmacht. Zij heeft bijvoorbeeld de taak om militaire terreinen en de grenzen van Nederland te bewaken. Tot op heden is de Nederlandse politie een taakgerichte organisatie met zelfstandig functionerende onderdelen. De regiokorpsen richten zich vooral op het basispolitiewerk: het surveilleren op straat, het bieden van noodhulp, het uitdelen van bekeuringen en het verrichten van eenvoudige recherchewerkzaamheden. Daarnaast zijn er specialistische taken, zoals rechercheonderzoeken van zwaardere misdrijven (moord, fraude en drugshandel) en de handhaving van de milieuwetgeving. Deze worden door gespecialiseerde diensten uitgevoerd. Het KLPD is een 26ste korps met specialismen die het regiokorps overstijgen.

Begin 2012 zal de Nederlandse politie echter worden geherstructureerd en omgevormd tot één nationale politieorganisatie met tien regionale en enkele landelijke eenheden voor de uitvoering van operationele taken, en een landelijke dienst voor ondersteunende taken.<sup>12</sup> Het doel hiervan is om een daadkrachtigere en uniformere politieorganisatie te creëren die meer oog heeft voor de afstemming van regionale en landelijke prioriteiten.

Vanaf 2001 is onder invloed van terroristische aanslagen een nieuwe discussie over de kerntaken van de politie op gang gekomen binnen de overheid. De repressieve rol van de politie komt weer sterker in het brandpunt te staan en noodhulpverlening, opsporing en handhaving krijgen meer aandacht, ten koste van de maatschappelijke rol van de politie voor de publieke veiligheid (Wierda, 2006). Dit betekent ook dat de ontwikkeling van technische middelen om deze taken te ondersteunen meer prioriteit heeft gekregen in de afgelopen jaren. Onder druk van de terroristische dreiging wordt technologie geïmplementeerd in een tempo dat tot voor kort nog ondenkbaar was, een ontwikkeling die vanuit het oogpunt van de privacywetgeving op zijn minst bedenkelijk te noemen valt (Vedder, Van der Wees, Koops & De Hert, 2007). Met een combinatie van ruimere bevoegdheden en nieuwe technologie worden de mogelijkheden voor de



overheid om informatie te vergaren steeds groter. De privacy van burgers lijkt daarentegen steeds verder te worden uitgehold.

### 5.3.2 Visies op de rol van technologie in de politieorganisatie

De historische spanning tussen de twee hoofdtaken (handhaving en hulpverlening) blijft een voortdurende discussie binnen het politiewezen. Deze spanning drukt zich ook uit in de betekenis die bij de politie aan technologische innovatie wordt gegeven. In de visie waarin de maatschappelijke taak van de politie vooropstaat, lijkt van oudsher technische innovatie een minder belangrijke rol te spelen en ligt de nadruk op 'sociale instrumenten' als samenwerking en overleg. De nadruk op opsporing en handhaving daarentegen leidt tot grotere nadruk op de inzet van nieuwe technologieën, zoals intelligente camera's, DNA-opsporingsmethoden, bodyscans en visuele poorten.

De spanning is zichtbaar in de volgende uitspraak uit 2007 van voormalig hoofdcommissaris Eric Nordholt van Amsterdam, die zelf ook in 1977 aan de wieg stond van de nieuwe maatschappelijke visie op de missie van de politie. In een reactie op de in zijn ogen te sterke nadruk op controle en rechtshandhaving door de politie in Frankrijk zegt hij:

*'De kunst is een verstandig en sociaal bewogen evenwicht te vinden tussen wat men in de technisch controlerende sfeer doet – camera's, scans, virtuele poorten – en het sociale veld. De politie zou veel intelligenter na moeten denken over de vraag: Hoe verbinden wij technieken die ons in staat stellen te controleren met een sterk sociaal georiënteerde politie? Neem de problematiek in de grote steden waar de radicalisering sterk toeneemt. Dan is het antwoord niet meer controle, maar meer buurtregisseurs. Eén ding weet ik zeker. Op het moment dat de politie zich uit de wijken terugtrekt, zijn we verloren.'*  
(De Jong & Schuilenburg, 2007)

Even later voegt Nordholt een kritische noot toe over de rol van techniek in het politiewerk:

*'Het huidige denken in termen van controle wordt sterk door de techniek gemotiveerd. In het verhaal van de politie schuilt ook een merkwaardige adoratie voor techniek. Het gaat uit van een ongebreideld vertrouwen in het oplossingsvermogen van technische middelen. Ik denk niet dat het zo werkt. Het politiewerk zal er altijd moeten zijn en blijven.'*

Terwijl Nordholt dus een duidelijke grens ziet aan de vervangbaarheid van het politiewerk met technische middelen, zoals robotica, zien anderen juist belangrijke kansen. Bernard Welten, tegenwoordig korpschef in Amsterdam, blijkt hierin een tegenhanger van Nordholt. In een interview

in 2003 stelt Welten: 'Wij bij de politie moeten van de politiek doelmatiger werken, terug naar onze kerntaken: opsporing en handhaving' (Tokmetzis, 2009). Welten is juist een sterke voorstander van inzet van de nieuwste techniek om die opsporing kracht bij te zetten. Zo pleitte hij in juni 2005 in het televisieprogramma *Nova* voor een 'digitale slotgracht' waarmee door middel van moderne technieken, elektronica en gekoppelde computerbestanden criminelen en potentiële terroristen in de gaten worden gehouden.<sup>13</sup>

Robotisering van politietaken komt sterker onder de aandacht in dit tijdperk waarin opsporing en handhaving meer centraal komen te staan. De verschuiving naar opsporing en handhaving komt ook tot uitdrukking in het streven naar één nationale politie, waarvan sommigen vrezen dat de verworvenheden van het gebiedsgebonden, buurtgericht werken kunnen worden ondergesneeuwd (Wierda, 2006). Hoewel technische en sociale instrumenten elkaar niet uitsluiten, en ook de maatschappelijke visie op de politiemissie kan profiteren van nieuwe technologie en robotica (bijvoorbeeld door vriendelijke wijkagenten in de vorm van sociale robots waarmee de burger contact kan maken voor signalering van onveiligheid), wordt binnen de politieorganisatie op dit moment vooral gedacht aan taken die liggen op het gebied van surveillance, opsporing (van explosieven) en handhaving.

### 5.3.3 Bevoegdheden van de Nederlandse politie

In de Politiewet van 1993 zijn twee bevoegdheden beschreven van de politie die essentieel zijn voor de uitoefening van operationele taken: zowel voor de civiele als de militaire politie is dat het *geweldsmonopolie* en het hebben van *toegang tot elke plaats*. Volgens artikel 8 van de Politiewet heeft de politie de bevoegdheid om geweld te gebruiken bij de uitvoering van haar taken.<sup>14</sup> In hetzelfde artikel van de Politiewet is tevens de bevoegdheid vastgelegd dat de politie voor de uitoefening van haar taken toegang heeft tot elke plaats.<sup>15</sup> Door de inzet van robots worden de handlingsmogelijkheden van politieagenten uitgebreid. Robots zijn in staat om op meer locaties te komen en indien het bewapende robots betreft, verruimen zij ook de mogelijkheden voor inzet van geweld. Daardoor komen deze vertrouwde bevoegdheden in een nieuw licht te staan met de ontwikkeling van robotica.

### 5.3.4 Initiatieven tot robotisering van het politiewerk

Robottechnologie speelt bij verschillende onderdelen van de politieorganisatie een rol. De mogelijkheden van robotica voor het politiewerk worden in afzonderlijke organisatieonderdelen (regiokorpsen, KLPD, Koninklijke Marechaussee) verkend. De afzonderlijke onderdelen maken daarbij gebruik van verschillende partners.

De regiokorpsen opereren zelfstandig en kunnen daartoe naar eigen inzicht (technische) verbeteringen en innovaties aanwenden. Zo heeft het regiokorps Amsterdam-Amstelland voor de uitoefening van zijn taken een politierobot gekocht. Voor dit soort technische innovaties van het politiewerk kan samenwerking worden gezocht met andere partijen, bijvoorbeeld met het KLPD. Sinds 2007 doet het KLPD op kleine schaal verkenningen van robottechnologie ten behoeve van de innovatie van zijn eigen operationele diensten. In 2009 is er vervolgens samenwerking gezocht met het ministerie van Defensie en het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR) om de operationele mogelijkheden van luchtrobots in kaart te brengen (Ten Buuren, 2011). Het NLR is een organisatie voor het ontwikkelen en toepasbaar maken van technologische kennis op het gebied van lucht- en ruimtevaart. In 2009 heeft het NLR een rapport geschreven voor het KLPD betreffende de ondersteuning bij het operationeel testen en de evaluatie van een aantal 'op de markt' verkrijgbare, op afstand bestuurbare verkenningsvliegtuigjes (Ladiges & Van Stijl, 2009). Het rapport geeft aan de hand van een elftal scenario's een beeld van de soort taken waarvoor het KLPD de UAVs wil gebruiken en welke resultaten men wenst te kunnen behalen. De scenario's gaan onder andere over het zoeken van een vermiste persoon in een natuurgebied, een brandend schip in een haven met een dreiging tot een enorme explosie, een ontvoering van een dochter uit een vermogend gezin, het herkennen van wietcontainers op een bedrijventerrein, het beveiligen van een bijeenkomst van internationale vips (zie kader 5.1 voor een voorbeeld). Aan de hand van deze scenario's kan worden bepaald aan welke operationele eisen een UAV moet voldoen om een operatie adequaat te kunnen vervullen, en welke UAV daarvoor in aanmerking zou kunnen komen.

De samenwerking van het KLPD met externe partners op het gebied van luchtrobots is sinds 2009 verder gegroeid. Naast het ministerie van Defensie en het NLR werkt het KLPD samen met de Universiteit Wageningen, de Technische Universiteit Delft en het bedrijfsleven.<sup>16</sup> Deze samenwerkingsverbanden zijn er niet zozeer op gericht om geheel nieuwe robots te ontwikkelen, maar juist om verbeteringen te realiseren van bestaande luchtrobots.

Naast deze initiatieven tot robotisering van de regiokorpsen en het KLPD is er ook de Voorziening tot samenwerking Politie Nederland (vtsPN), die is opgericht voor en door de regiokorpsen en het KLPD. De vtsPN verzorgt ICT-diensten en geeft beleids- en centrale inkoopadviezen aan de politieafdelingen. Het is een kennis- en adviescentrum dat samenwerkt met de korpsen en onder meer brandweer en ambulancediensten. Bepaalde vormen van robottechnologie worden gerekend tot haar ICT-taak.

De Koninklijke Marechaussee valt onder de 'groene' krijgsmacht, maar voert 'blauwe' (politie)taken uit. Innovatie binnen de Koninklijke Marechaussee kan dan ook op verschillende manieren vorm krijgen: door samenwerking met de civiele politieorganisatie en door initiatieven binnen de Nederlandse krijgsmacht. Defensie en TNO hebben bijvoorbeeld samen het project *Roadmap Unmanned Ground Vehicles* opgezet voor mogelijke toepassingen van landrobots in oorlogsgebieden zoals Afghanistan.<sup>17</sup> Hiervan kan ook de Koninklijke Marechaussee de vruchten plukken.

## Kader 5.1

### 2.9 SCENARIO 9: Verkenning in stedelijk gebied

#### 2.9.1 Beschrijving van scenario

##### 2.9.1.1 Casus scenario

Op het industrieterrein van ... bevindt zich vermoedelijk een illegale wapenfabriek. Het gebouw heeft een binnenplaats en vele mensen lopen in en uit het gebouw. De politie wil met daglicht een inval doen, maar wil eerst weten hoe de situatie er precies uitziet.

##### 2.9.1.2 Scenariosetting

Fabrieksterrein, afgelegen, veel grote wegen.

##### 2.9.1.3 Opdracht scenario

Is deze fabriek inderdaad een illegale wapenfabriek?

Wat gebeurt er op de binnenplaats?

Hoeveel mensen bevinden zich in het gebouw?

Waar bevinden zich alle in- en uitgangen van de fabriek?

#### 2.9.2 Operationele eisen UAS (Unmanned Aerial System)

De volgende operationele UAS-eisen zijn afgeleid uit de voorgaande scenariobeschrijving:

- Het gedurende lange tijd (> 1 uur) blijvend kunnen observeren van een gebouw (en al zijn toegangsplaatsen), waarbij continu alle objecten (personen, voertuigen) naderend van alle mogelijke richtingen en aanwezig op de binnenplaats kunnen worden waargenomen.
- De mogelijkheid om door observatie met behulp van een UAS te bepalen hoeveel personen zich ophouden in en om het te observeren gebied.
- Het herkennen en vastleggen van bepaalde voorwerpen (wapens) in het te observeren gebied.
- De mogelijkheid om het observeren met behulp van een UAS onopgemerkt te laten plaatsvinden.

Bron: Ladiges & Van Stijl, 2009.

## 5.4 Politierobots in Nederland: voorbeelden

In vergelijking met de genoemde internationale ontwikkelingen bevindt de robotisering van het politiewerk in Nederland zich in een verkennende fase. De Nederlandse politie beschikt over verschillende soorten robots: luchtrobots, landrobots en immobiele robots. Deze politierobots worden met name verkend voor surveillancedoeleinden en beschikken niet over een wapen. De mobiele robots worden gebruikt om veilig te kunnen opereren op een moeilijk toegankelijke of gevaarlijk toegankelijke plaats. Denk aan een gebouw waarin een terrorist of gijzelaar zich schuilhoudt of waar giftige stoffen aanwezig zijn. Hierna volgt een inventarisatie van de robots waarover de Nederlandse politie momenteel beschikt.

### 5.4.1 Luchtrobots

Door de 'Taskforce aanpak georganiseerde hennepsteelt', ingesteld door het ministerie van Justitie, is er voor de Nederlandse politie in april 2009 een luchtrobot aangeschaft. Deze luchtrobot, de *Suave 7*, die wordt verkocht door het bedrijf CannaChopper, is uitgerust met geur- en beeld-detectietechnologie.<sup>18</sup> Het is een onbemande minihelikopter die vanuit de lucht hennepvelden kan traceren. Deze luchtrobot is in april 2010 gebruikt voor een dergelijke actie in de Achterhoek.<sup>19</sup> Het idee voor de robot is afkomstig uit de politiekorpsen.

Het regiokorps Amsterdam-Amstelland heeft in 2008 de beschikking gekregen over een andere vliegende robotcamera, de *AirRobot* (zie figuur 5.3).<sup>20</sup> Deze robot kan worden ingezet om vanuit de lucht de situatie op de grond te monitoren. Hij is gebruikt bij een ontruiming van een gebouw in het centrum van Amsterdam in 2008.<sup>21</sup> De robot is door het regiokorps zelf aangekocht en geïmplementeerd. Onafhankelijk van het regiokorps Amsterdam-Amstelland heeft het KLPD eveneens een *AirRobot* aangeschaft om de mogelijke toepassingen van deze luchtrobot te verkennen. De *AirRobot* wordt geproduceerd door het bedrijf *AirRobot UK*. Het is een ronde UAV met een doorsnede van een meter en vier rotorbladen.

Daarnaast opereert het KLPD met twee andere luchtrobots: het robot-helikoptersysteem (zie figuur 5.4) en de *AscTec Falcon*. Het robothelikoptersysteem is ontwikkeld door Delft Dynamics in samenwerking met het KLPD.<sup>22</sup> Het lijkt op een kleine helikopter met een camera. De *AscTec Falcon* is door het KLPD aangekocht van het bedrijf *Ascending Technologies*, dat verschillende soorten UAV's produceert.<sup>23</sup> De *AscTec Falcon* heeft acht rotorbladen, die zijn verdeeld over twee dwarsliggers. Hierdoor heeft de camera recht vooruit een open zicht van 360 graden naar boven en beneden.



**Figuur 5.3** De luchtrobot AirRobot



**Figuur 5.4** Het robothelikoptersysteem

Dergelijke kleine luchtrobots openen een veld aan nieuwe mogelijkheden voor surveillancedoeleinden. Om deze mogelijkheden te kunnen realiseren moeten er nog wel enkele hobbels worden genomen. De vluchtijden van de luchtrobots zijn bijvoorbeeld nog beperkt. De AirRobot vliegt gemiddeld 30 minuten. Voor de AscTec Falcon bedraagt de vliegtijd zonder lading 40 minuten en met lading 15 minuten. Naast de energievoorziening speelt ook de windkracht een belangrijke rol. Bij een bepaalde windkracht verliest de luchtrobot zijn stabiliteit, waardoor hij geen bruik-

bare foto's of videobeelden kan maken. Tevens kan een kleine wijziging in de programmering van een luchtrobot ervoor zorgen dat hij tijdens een vlucht uit de lucht valt, wat tijdens een testvlucht is voorgekomen.<sup>24</sup> De programmering is een kwetsbaar proces; een klein programmeerfoutje kan grote gevolgen hebben.

#### 5.4.2 Landrobots

Het KLPD is ook geïnteresseerd in landrobots. Een voorbeeld van een aangekochte en geteste landrobot is de *iRobot* (zie figuur 5.5). Deze robot wordt gemaakt door het Amerikaanse bedrijf iRobot. Naast politierobots maakt dit bedrijf de Roomba-stofzuigerrobot, maar ook robots voor het opruimen van berrmbommen die veelvuldig door het Amerikaanse leger in Irak en Afghanistan worden ingezet. De iRobot is een landrobot met rupsbanden.<sup>25</sup> Het is een stevige en wendbare robot van ongeveer 25 kilo met een maximale snelheid van bijna 10 km/uur. Doordat de robot tegen een stootje kan, wordt hij ingezet voor het verkennen van ruimtes, gebieden en voertuigen waar explosieven kunnen worden aangetroffen. Een voorbeeld is het verkennen van plaatsen (terrein, loods, huis) waar een terrorist of gijzelaar zich ophoudt en waar mogelijk een boobytrap is aangelegd. Met de grijparm kan de robot objecten oppakken. Deze toepassing is in 2007 getest voor het doorzoeken van een auto waarin zich explosieven bevonden. Nadat de verdachte bestuurder uit de auto was gestapt, kon de robot de auto onderwerpen aan een nadere inspectie.<sup>26</sup>



**Figuur 5.5** De landrobot iRobot

### 5.4.3 Immobiele robots

De politie heeft een immobiele robottoepassing in gebruik voor videoanalyses: de *Videominer*, ontwikkeld door het bedrijf Obervision.<sup>27</sup> Hoewel de Videominer weinig van een robot weg heeft, is er wel robottechnologie in verwerkt. Het is een zoekmachine voor beveiligingsbeelden dat beeldmateriaal analyseert en opslaat in een database (Streefkerk, 2008). Vervolgens kan met behulp van zoektermen gezocht worden naar fragmenten in het opgeslagen beeldmateriaal. Door de Videominer is het niet langer noodzakelijk dat beelden in *realtime* worden gemonitord door een mens; de computer neemt deze taak over. Ook wordt deze toepassing ontwikkeld voor het analyseren van bijvoorbeeld videomateriaal met kinderporno. Rechercheurs hoeven dan niet zelf al de beelden te bekijken voor het uifilteren van belastende informatie.

Een ander voorbeeld van immobiele robots zijn intelligente camerasystemen. Met behulp van bepaalde videoanalysessoftware kan een camera op afstand incidenten (onder andere inbrekers en brand) registreren in bijvoorbeeld een winkelstraat of op een bouwplaats en deze doorgeven aan een meldkamer. Beatrice de Gelder, hoogleraar Cognitieve neurowetenschappen, denkt dat het integreren van intelligente camerasystemen in robots zeer bruikbare toepassingsmogelijkheden voor de politie kan opleveren. Door een robot uit te rusten met 'intelligente ogen' kan hij in een publieke ruimte gedrag herkennen en escalatie voorkomen:

*'Het zou al van groot belang zijn als de slimme camera's een ruwe inschatting kunnen maken van momenten waarop bepaalde dagelijkse bewegingen buiten de norm dreigen te vallen, wanneer de emotionele bewegingen van een individu overspringen op de bijstanders. Als de robot of camera nauwkeurig en tijdig de groepsdynamiek kan voorspellen en hulp in kan roepen, of misschien wel zelf in kan grijpen, en bijvoorbeeld in een panieksituatie een begeleidende en controlerende rol op zich kan nemen, kan escalatie worden voorkomen.'* (De Gelder, 2011)

De Gelder merkt tegelijkertijd op dat met een robot met 'intelligente ogen' een complicatie om de hoek komt die niet van toepassing is op intelligente camerasystemen. Een robot die zich onder de mensen begeeft, heeft niet alleen cognitieve taken te vervullen, namelijk het herkennen van sociale interactie, maar moet ook zelf in staat zijn om met mensen te kunnen interacteren.

## 5.5 Maatschappelijke en ethische vraagstukken

In Nederland, maar ook buiten onze landsgrenzen, is er nog weinig discussie te bespeuren over de wenselijkheid van robottechnologie voor



politietaken. Wanneer het over de wenselijkheid gaat, wordt er vaak naar de beloftes verwezen: politierobots maken het politiewerk veiliger en verhogen de efficiency. Kritische geluiden zijn schaars, anders dan de weinig genuanceerde schrikbeelden uit *Robocop* en *The Terminator*. Die schrikbeelden schetsen orwelliaanse taferelen waarin de samenleving onder controle komt van almachtige en alwetende robots. Volgens de kritische Britse robotprofessor Noel Sharkey (2008) gaan deze schrikbeelden weliswaar te ver, maar zijn er wel degelijk kanttekeningen te plaatsen. Met behulp van een 'roadmap' van de toekomst probeert Sharkey de implicaties van de huidige ontwikkelingen op het gebied van politierobots zichtbaar te maken. De roadmap die Sharkey schetst begint in het heden en eindigt in het jaar 2084 – uiteraard een verwijzing naar Orwells 1984. Sharkey laat zien dat in de huidige situatie robots worden toegepast voor onder andere mobiele surveillance en het opsporen van explosieven. In 2084 kan er volgens hem een mensachtige (humanoïde) politierobot op straat lopen die onderdeel uitmaakt van een netwerk van camera's, databases en andere robots, en die assisteert bij verkeersveiligheid, de mobiele eenheid, 'crowd control', het opsporen van vermisten of het ondervragen van gevaarlijke verdachten. Volgens Sharkey nemen robots in de toekomst allerlei politietaken over en zullen ze deze taken steeds zelfstandiger uitvoeren. In tegenstelling tot andere robotdeskundigen betwijfelt Sharkey sterk of de autonomie van robots ooit volledig zal zijn.

### **5.5.1 Versnipperde innovatiepraktijk**

De huidige stand van zaken bij de Nederlandse politie sluit aan bij het beginpunt van de roadmap die Sharkey uitstippelt. Gezien de huidige innovatiepraktijk op het gebied van robotisering bij de politie is het niet vanzelfsprekend dat de ontwikkelingen die Sharkey schetst zich in hetzelfde tempo ook in Nederland zullen voltrekken. Hoewel het KLPD sinds 2007 stappen heeft gezet in de richting van een meer structurele samenwerking met partners binnen en buiten de politieorganisatie, vindt er op dit moment nog weinig structurele afstemming en uitwisseling plaats tussen de verschillende onderdelen van de politieorganisatie over de mogelijke inzet van robottechnologie voor politietaken. Dit geeft een versnipperd beeld van de innovatiepraktijk voor politierobots. In de politieorganisatie komt de robotisering op gang in afzonderlijke afdelingen. Soms worden ad hoc samenwerkingsverbanden tussen de afzonderlijke partijen gesloten. Volgens robotexpert Gerard ten Buuren, werkzaam bij het KLPD, hangt dit samen met het pragmatische karakter van de politieorganisatie. Tot in de hoogste regionen zijn politiemensen doeners, gericht op het 'blauw' op straat. Doordat de diensten het innovatieproces op basis van een concrete vraag uit het operationele veld vormgeven, sluit de technologische oplossing inderdaad vaak aan op de praktijk.

Aan dit heersende 'bottom-up'-model kleven ook nadelen. Een meer strategische visie op technologie en op robotica in het bijzonder ontbreekt. Dit heeft belangrijke gevolgen voor bijvoorbeeld de budgettering van het innovatieproces. Momenteel zijn de korpsen afhankelijk van incidentele financiering uit eigen middelen of uit subsidie van een ministerie. Incidentele budgetten voor het aankopen van en experimenteren met een robot ondermijnen de continuïteit van het innovatieproces. Vaak is het budget voor een robot op als de toepassingsmogelijkheden in kaart zijn gebracht. De financiële middelen om de robot te implementeren zijn er dan niet meer. De inpassing van een robot binnen wet- en regelgeving en de trainingen voor politiepersoneel zijn kostbaar maar noodzakelijk om robottechnologie aan te wenden voor het politiewerk. Door de incidentele financiering is dat op dit moment niet goed mogelijk.<sup>28</sup> Wellicht dat dit soort zaken met het uniformiseren van de politieorganisatie tot één Nationale Politie een structurele aanpak zal krijgen.

### 5.5.2 Controle samenleving

Sharkey (2008) vreest dat in het huidige politieke klimaat de alziende robotcamera's snel kunnen oprukken en verwijst daarbij naar de souplesse waarmee in de afgelopen jaren 'een massief surveillance-netwerk van camera's' de samenleving is binnengedrongen, ondanks 'het Orwelliaanse gerommel in onze maag'. Volgens een onderzoek van *Big Brother Watch*, een Britse burgerrechtenbeweging die opkomt voor de privacy van burgers, hielden in 2009 ongeveer 60.000 camera's het Britse volk in de gaten; dat betekent 1 camera per 1000 mensen.<sup>29</sup> Sharkey beschouwt de verrassende opmars van de camera als een belangrijke voorbode voor de wijze waarop politierobots geaccepteerd zullen gaan worden, als wij niet op tijd stilstaan bij de maatschappelijke kosten daarvan. Hij vraagt zich af of wij zo'n samenleving willen: 'There may be no hiding place in the city of the future.' Voormalig hoofdcommissaris Nordholt maakte zich in 2007 in bijna dezelfde woorden ongerust over de oprukkende camera's in het hiervoor genoemde interview: 'Met een systeem van camera's en computers wil de politie de toegang controleren tot de verschillende delen van de steden. Ik denk niet dat we in zo'n samenleving willen leven. Maar de voorgestelde maatregelen dragen er wel aan bij. Daarom moeten we nadenken over hoe we het wél willen hebben. Het gaat erover of je gelooft dat de stad jou maakt of jij de stad. Het gaat over de vraag wat dan de bijdrage van de politie kan zijn. Je bent er als hoofdcommissaris niet voor om doemvoorspellingen uit te laten komen' (De Jong & Schuilenburg, 2007).

Het probleem met politierobots is dus niet dat er in 2084 een volledig autonoom functionerende robotrechercheur of een bataljon 'blauwe' robots met een eigen wil op straat zal lopen. Omdat de uiteindelijke controle over een robot bij de mens blijft liggen, moeten wij volgens Sharkey

(2008) juist op onze hoede zijn voor degenen die de beschikking hebben over deze technologie, controle door zowel de politie als anderen: 'Those in control of the machines will control society.' Het gebruik van robots voor nieuwe, inventieve – en wellicht criminele – doeleinden vormt een reële dreiging voor nu en in de toekomst. De robots waarover de politie beschikt, zijn allemaal commercieel verkrijgbaar in binnen- en buitenland. Iedereen kan dus in principe een *state of the art* robot kopen. Er is niet veel fantasie voor nodig om te bedenken dat het gemakkelijker is om ongezien een explosief pakketje in een gebouw te dropen met een robot, dan een gekaapt vliegtuig in een gebouw te boren.

### 5.5.3 Privacy

Robots en intelligente camerasystemen voor surveillancedoeleinden bieden vele mogelijkheden en ontginnen een nieuw veld aan mogelijkheden om informatie te verzamelen, maar vormen tegelijkertijd ook een mogelijke aantasting van de privacy van burgers. Hierdoor kan controle worden uitgeoefend op een wijze die daarvoor niet mogelijk was. Op zich is de inbreuk op privacy toegestaan, indien daar goede redenen voor kunnen worden gegeven, met name met betrekking tot de veiligheid van burgers. De overheid draagt tenslotte de verantwoordelijkheid voor de veiligheid van haar burgers. De mogelijkheid bestaat dat de dagelijkse handelingen van burgers 24 uur per dag geregistreerd en opgeslagen gaan worden. De 'Big brother is watching you'-realiteit komt zo erg dichtbij, waarbij deze systemen bijhouden wat we doen en met wie, en met als doel om ons leven op een subtiele manier te beïnvloeden. De Gelder (2011) geeft als mogelijke oplossing voor het waarborgen van privacy dat intelligente camerasystemen geen informatie van het gezicht registreren (zodat geen identiteit afgeleid kan worden), maar lichaamstaal en interacties tussen mensen die buiten de norm dreigen te vallen registreren.

Van belang is dat duidelijk wordt wanneer, welke gegevens en voor welk doel deze robots en intelligente camerasystemen gegevens mogen verzamelen en opslaan, en dat er een duidelijk onderscheid blijft bestaan tussen de publieke, bewaakte ruimte en het privébestaan. Overigens moet hierbij ook het risico op manipulatie van de beeld- en geluidsopnames worden verdisconteerd, en het risico dat data in de handen van de verkeerde personen terechtkomen.

Een radicaal tegengeluid is afkomstig van Stefano Stramigioli, hoogleraar Advanced Robotics. Volgens Stramigioli (2011) is weerstand tegen nieuwe technologie vaak gebaseerd op angst en onwetendheid. De behoefte aan privacy belemmert de technologische vooruitgang; het is juist de technologie die volgens hem een antwoord biedt op de gevaren van onze tijd. Hij stelt zelfs voor om de privacywet zo aan te passen dat technologieën ook daadwerkelijk gebruikt kunnen worden. Als voorbeeld noemt hij de rel-

len in Londen in 2011, waar het gebruik van op vliegende, tele-gestuurde robots gemonteerde camera's van groot belang had kunnen zijn voor de veiligheid en voor het oppakken van de relschoppers.

#### **5.5.4 Nieuwe technologie, bestaande wetgeving**

Een andere juridische complicatie van een zeer praktische aard betreft de inbedding van politierobots binnen bestaande wet- en regelgeving. Een mooi voorbeeld hiervan is de toepassing van luchtrobots. De luchtvaartwet- en -regelgeving kunnen vanuit het perspectief van de politie als een obstakel worden gezien voor de inzet van luchtrobots voor specifieke doeleinden. Voor elk luchtvaartuig gelden wetten en regels om veilig verkeer in het luchtruim zeker te stellen. In dit opzicht kan de vraag worden gesteld of luchtrobots naadloos zijn in te passen in de bestaande wet- en regelgeving. Behoeft deze technologische innovatie een nieuwe, nog niet bestaande categorie binnen de luchtvaartwet- en -regelgeving? Anders gezegd, welke restricties gelden er op basis van het huidige juridische kader bijvoorbeeld ten aanzien van de inzet van UAV's boven een festivalterrein of een duinbrand?

Het bestaande juridische raamwerk voor de luchtvaart maakt een onderscheid tussen modelvliegtuigen en reguliere luchtvaarttuigen.<sup>30</sup> Hiermee voorziet de Luchtvaartwet in de regulering van onbemande luchtvaartuigen voor recreatieve doeleinden. Het recreatieve gebruik van modelvliegtuigjes is onderhevig aan tal van restricties. Zo is bijvoorbeeld vastgelegd dat er een maximale vlieghoogte is (300 of 450 meter, afhankelijk van het soort luchtruim), dat de vliegtuigjes binnen het gezichtsveld van de bestuurder blijven, dat de vliegtuigjes een maximaal gewicht (25 kilo) mogen hebben en dat er niet binnen de bebouwde kom mag worden gevlogen. Met het toenemende gebruik van onbemande vliegtuigjes voor professionele doeleinden is de categorie van modelvliegtuigjes onder druk komen te staan. Zo is het gebruik van luchtrobots door de politie voor observatiedoeleinden 's nachts en buiten het gezichtsbereik bij een duinbrand in principe niet toegestaan op grond van de huidige wetten en regels.

Al met al kunnen er geen eenduidige regels worden afgeleid uit de huidige luchtvaartwet- en -regelgeving voor het gebruik van luchtrobots door de politie. Momenteel wordt er daarom op verschillende niveaus gekeken hoe de luchtvaartwet- en -regelgeving zo kan worden aangepast dat de toepassingen van onbemande vliegtuigjes voor politieke doeleinden kunnen worden vergroot zonder dat de veiligheid in de lucht en op de grond in gevaar komt. Wat betreft de wet- en regelgeving lijkt het erop dat er naast de huidige klasse voor modelvliegtuigjes een andere klasse wordt gecreëerd voor het gebruik van onbemande vliegtuigjes voor commercieel en bedrijfsmatig gebruik.<sup>31</sup> Hiervoor zouden dan andere restricties

gelden, bijvoorbeeld qua maximaal gewicht (tot 150 kilo) en gezichts-afstand tussen vliegtuig en bestuurder. Binnen het project *EXPLORER, verruiming van grenzen voor onbemande luchtwaarneming* onderzoekt het bedrijf Delft Dynamics samen met onder andere het KLPD, het NLR en TNO naar een technische en praktische oplossing voor het hiaat in de huidige luchtvaartwet- en -regelgeving.<sup>32</sup>

### 5.5.5 Aantasting van verantwoordelijkheid

Een assumptie waarop ook Sharkey's roadmap is gebaseerd, is dat politie-robots de komende decennia semi-autonoom zullen blijven functioneren: het gaat voorlopig om tele-operated robots, om robots die het mogelijk maken om waarnemingen en interventies op afstand te doen. Momenteel wordt robottechnologie bij de Nederlandse politie verkend en toegepast voor de meer specialistische taken. Het is niet ondenkbaar dat bepaalde robots tot de standaarduitrusting zullen gaan behoren van het 'blauw' op straat. Wat zou dit voor het werk van de politieagent betekenen? En als een robot taken overneemt van een agent, hoe zit het dan met de verantwoordelijkheid voor de robot? Kan een robot verantwoordelijk worden gehouden voor zijn daden? Of ligt dit bij degene die de robot bestuurt?

Volgens de robotethicus Peter Asaro (2006) is een robot een 'quasi-morele actor' (*quasi-moral agent*). Quasi, omdat een robot beslissingen kan nemen met morele implicaties, terwijl een robot allerm minst een volwaardige morele actor is. Toch is volgens Asaro een robot meer dan alleen een uitbreiding van het menselijke handelingsvermogen. De bemiddelende rol van de robot bij het waarnemen, beslissen en handelen heeft namelijk de potentie om het menselijke aandeel in het handelen van de robot te verdoezelen. We kunnen door de tussenkomst van de robot gemakkelijk vergeten wie de mens achter de robot is. Vanwege dit quasi-morele actorschap van robots is het verstandig om robots niet overhaast een drager van verantwoordelijkheid te maken. Volgens Asaro (2007) zouden mensen dan onterecht hun verantwoordelijkheid op de robot kunnen afschuiven. Het is om deze reden dan ook beter om met tele-gemanipuleerde robots te blijven werken dan met autonome robots. Met tele-gemanipuleerde robots is het duidelijk dat de verantwoordelijkheid ligt bij de bestuurder van de robot. Juridisch gezien betekent dit dat de persoon die de robot bestuurt aansprakelijk is voor ongeoorloofde schade veroorzaakt door de robot, met uitzondering van de schade die te wijten is aan een defect. Dan is de producent aansprakelijk.

David Hambling (2010) stelt hier ook nog een andere belangrijke vraag bij tele-operaties: maakt de mogelijkheid om op afstand te opereren de politieagenten niet juist minder capabel om in te grijpen bij serieuze problemen? Verliest de politie als gevolg van de gewenning aan het gebruik van robots niet haar door langdurige training en ervaring verworven

vaardigheden die nodig zijn wanneer het erop aankomt? Dit wordt aangeduid als het risico van *de-skilling*. *De-skilling* is het verlies aan essentiële vaardigheden als gevolg van gewenning aan nieuwe technieken. Dit thema kan ook bij politierobots een rol gaan spelen en verdient aandacht bij de innovatie en vervanging van taken. Wanneer bijvoorbeeld het gebruik van tele-operated systemen gemeengoed wordt, kunnen agenten hun vaardigheden om in te grijpen als het erop aankomt verliezen. Op cruciale momenten kan dit een groot risico inhouden door verkeerde inschattingen en handelingen.

### 5.5.6 Grenzen aan de inzet van politierobots

In Nederland worden momenteel alleen *onbewapende* politierobots verkend en ingezet. Deze robots bieden de politie extra mogelijkheden voor het maken van foto's en video-opnames ten opzichte van de al beschikbare technologische applicaties. Wanneer de politie zorgvuldig met deze informatie omgaat en de juridische status van deze informatie kan worden gewaarborgd met de huidige wet- en regelgeving, dan worden er geen juridische grenzen overschreden. De robot vormt in dat geval vooral een uitbreiding van de mogelijkheden voor een politieagent om informatie te verzamelen ter handhaving van de publieke orde en veiligheid.

Elders worden wel bewapende robots op de markt gebracht. Het gaat vooralsnog om op afstand bestuurbare bewapende robots, maar in het internationale onderzoek (met name in de VS) wordt ook veel aandacht besteed aan de ontwikkeling van autonome bewapende robots, die dus kunnen schieten zonder directe menselijke inmenging. Deze bewapende, tele-operated of autonome militaire robots kunnen belangrijke invloed hebben op de ontwikkeling van politierobots. Het Israëlische leger heeft bijvoorbeeld in 2008 een autonoom opererende verkenningrobot in gebruik genomen met een machinegeweer: *the Guardium*.<sup>33</sup> Vanaf een controlekamer wordt de robot bediend. Een ander voorbeeld is de alliantie tussen een producent van *tasers* en het bedrijf iRobot dat militaire robots produceert.<sup>34</sup> De toepassing van niet-dodelijke wapens bij politierobots, wapens waarover de Nederlandse politie nu ook al beschikt, zoals traangas, peperspray, een waterkanon en *tasers*, lijkt een kleine stap te zijn.

Bewapende politierobots roepen belangrijke ethische vragen op. Daarbij moet een onderscheid gemaakt worden tussen bewapende tele-operated systemen en bewapende autonome robots. Van de laatste zijn nog geen praktijkvoorbeelden bij de politie. Maar ook bewapende, tele-operated systemen lijken veel meer dan louter een verlengde arm van de wet: ze leiden tot nieuwe, bedenkelijke situaties. Zo zijn er in de VS concrete plannen voor tele-operated politierobots uitgerust met een *taser*. Ze kunnen onder andere gebruikt worden voor 'crowd control'.<sup>35</sup> Zodra deze politie-

robot met een *taser* een 'verdachte' aanvalt, ontstaat er een nieuwe, gevaarlijke situatie die verschilt van de situatie waarin een agent een verdachte met een *taser* aanhoudt. Een expert op het gebied van niet-dodelijke wapens, Neil Davison van de Universiteit van Bradford, zegt daarover: 'Om de politie de tijd te geven om de plaats van handeling te bereiken zou de verdachte langdurig, of met regelmaat, bestookt kunnen worden met elektrische schokken door de robot, zodat de politie hem daarna kan inrekenen. Dit heeft een groot risico voor de gezondheid van de verdachte. Het kan zelfs de dood tot gevolg hebben.'<sup>36</sup> Overigens is de *taser* sowieso berucht: tussen 2001 en 2007 zijn wereldwijd 245 doden gevallen bij gebruik van *tasers* door de politie.<sup>37</sup>

Vanzelfsprekend heeft de Nederlandse politie de bevoegdheid om in bepaalde situaties geweld te gebruiken. Maar er is een belangrijk verschil tussen een wapen dat een politieagent zelf direct bedient en een op afstand bestuurbare robot. Dit verschil heeft betrekking op 'de rechtmatigheid van de uitoefening van het geweld' (artikel 8.1 Politiewet 1993). Het geweld en het effect ervan moeten bijvoorbeeld in verhouding staan tot het doel ervan (proportionaliteitsbeginsel). Wanneer een politieagent zijn pistool trekt, beoordeelt hij zelf of de situatie zo dreigend is dat de uitoefening van geweld onvermijdelijk is. Bij een robot beoordeelt een agent de rechtmatigheid van het geweld *indirect*. De politieagent beoordeelt in dat geval namelijk de situatie op afstand op basis van informatie die hem door de robot wordt verstrekt. Momenteel is de informatie die een robot kan waarnemen en terugkoppelen erg beperkt, waardoor het uitermate moeilijk is voor een politieagent om die situatie adequaat te interpreteren.<sup>38</sup> De beoordeling van een situatie als 'extreem bedreigend' gaat het waarnemings- en denkvermogen van een robot te boven en vraagt bij uitstek om een menselijk inschattingsvermogen. Het lijkt daarom wenselijk dat hier een duidelijke grens wordt getrokken. Indien de politie de inzet van bewapende robots overweegt, zou zij eerst de risico's die dit met zich meebrengt in kaart moeten brengen en zich vervolgens de vraag moeten stellen of het betreffende doel ook zonder robottechnologie kan worden behaald.

## 5.6 Slotbeschouwing

De vraag is hoe de belofte die van politierobots uitgaat moet worden beoordeeld. Maken robots Nederland veiliger? Hebben robots meer te bieden dan andere middelen waarover de politie beschikt? Volgens Stramigioli (2011) moeten we de mogelijkheden van politierobots met beide handen aangrijpen:

*‘De toepassingsmogelijkheden van robottechnologie voor Veiligheid en Justitie zijn talrijk, maar hoe zou er idealiter gebruik gemaakt kunnen worden van deze mogelijkheden? Het allerbelangrijkste is dat men zich op de voordelen concentreert in plaats van op de “mogelijke” nadelen. Veel te vaak worden extreem goede technologieën en technologische vooruitgang geremd door te focussen op de mogelijke nadelen, zoals bijvoorbeeld is gebeurd met het elektronisch patiënten dossier. Een dergelijke houding kan grote consequenties hebben voor de welvaart en modernisering van een land op internationale schaal.’*

Door een eenzijdige focus op de nadelen kunnen de voordelen van politierobots inderdaad worden overschaduwd, echter een eenzijdige focus op de voordelen kan ertoe leiden dat ongewenste effecten van politierobots te weinig aandacht krijgen. Het is juist van groot belang om op deze ongewenste effecten te anticiperen, omdat ongewenste effecten vaak kunnen worden opgevangen door tijdig maatschappelijke voorzieningen te treffen, of door de technologie anders in te richten door een ander ontwerp, of misschien zelfs door een heel ander technologisch traject in te slaan.

### **5.6.1 Verwachtingen**

Binnen de wereldwijde vlucht van robotica vormt het politieke domein een belangrijk toepassingsgebied. Dit wordt in sterke mate gevoed door de ontwikkelingen op het gebied van militaire robots. Landen als de VS en Japan lopen daarbij duidelijk voor op Nederland. We mogen concluderen dat de toepassing van robotica in Nederland binnen het politieke domein in een experimentele, verkennende fase zit. De verschillende onderdelen van de Nederlandse politie verkennen en implementeren afzonderlijk van elkaar verschillende soorten robots. Twee toepassingen staan daarbij centraal: surveillance en het ontmantelen van explosieven. De Nederlandse politie beschikt over een aantal land- en luchtrobots waarvan de meeste in het bezit van het KLPD zijn, en over intelligente camerasystemen. Het afgelopen decennium is er een grote toename van intelligente camera's in de publieke omgeving waar te nemen, en deze toename wordt versterkt doordat binnen de politieorganisatie opsporing en rechtshandhaving een hogere prioriteit hebben gekregen, vooral na 2001. De land- en luchtrobots zijn mobiele, onbemande systemen met een beperkte autonomie die ingezet kunnen worden voor een specifieke taak. Hierbij maakt de politie in het bijzonder gebruik van de bevoegdheid van de politie om toegang te hebben tot elke plaats. Een robot kan bijvoorbeeld worden ingezet om zaken aan te brengen of weg te halen op een kritieke plaats (een zogenaamde 'hot area') waar de politie zich niet kan begeven, of om situaties waar te nemen die politiediensten niet kunnen zien. Robots versterken daarmee de kernmissies van rechtshandhaving en opsporing. Ook vergroten ze de veiligheid voor de agent, die nu gevaarlijke plekken kan mijden. Robotica kan dus zo de arm van de wet



verlengen, waardoor de rechtsorde – zo is de gedachte – beter kan worden gehandhaafd. De andere belangrijke bevoegdheid van de politie – het geweldsmonopolie – speelt in de huidige situatie nog geen rol. De huidige robots beschikken niet over een wapen.

Voor de andere kerntaak van de politie, het verlenen van hulp aan de burger, is de inzet van de robot moeilijker voorstelbaar en verder weg. Op (zeer) lange termijn zou ook de 'sociale robot' een rol kunnen gaan spelen in het politiewerk, bijvoorbeeld in de vorm van *humanoids*, daar waar het gaat om de zichtbare kant van het werk en het contact met het publiek, bijvoorbeeld als verkeersagent, als onderdeel van de mobiele eenheid of als surveillerende, service verlenende en signalerende wijkagent op straat en in het winkelcentrum. Dit soort toepassingen stelt de robottechniek voorlopig nog voor grote uitdagingen, gezien de complexiteit van de sociale en fysieke ruimte van het publieke domein.

## **5.6.2 Maatschappelijke en ethische kwesties**

### ***Privacy versus veiligheid***

Een heikel probleem met robots en intelligente camerasystemen is de aantasting van de privacy. De mogelijkheid bestaat dat de overheid op korte termijn onze dagelijkse handelingen 24 uur per dag kan volgen omwille van de veiligheid. Hierdoor ontstaat er een spanningsveld tussen het waarborgen van privacy en het zorgen voor veiligheid. De essentie van de rechtsstaat is dat er een evenwicht bestaat tussen de bescherming *door* de overheid en de bescherming *tegen* de overheid. Zonder privacy-bescherming is de overheid een potentiële bedreiging voor de rechten van haar eigen burgers. Aan de andere kant verliest de overheid haar legitimiteit als ze de veiligheid van haar burgers tegen bedreigingen van anderen niet kan waarborgen.

### ***Skilling versus de-skilling***

De toenemende inzet van politierobots vergt van politiemensen nieuwe vaardigheden. Ten eerste het bedienen van tele-geleide politierobots en ten tweede het uitvoeren van operaties met behulp van robottechnologie, wat andere operationele en strategische eisen stelt aan het politiepersoneel. De keerzijde is echter dat er een verlies aan essentiële vaardigheden – verkregen door langdurige training en ervaring – kan optreden als gevolg van de gewenning aan de inzet van politierobots, waardoor politiemensen minder capabel worden om in te grijpen bij serieuze problemen die niet afgedaan kunnen worden met behulp van robots (Hambling, 2010).

**Inzetbaarheid**

Een juridische complicatie betreffende de inzetbaarheid van luchtrobots voor politiedoeleinden is dat het niet duidelijk is in hoeverre deze robots mogen worden ingezet volgens de bestaande wet- en regelgeving. Zo hebben we gezien dat luchtrobots voor surveillancedoeleinden 's nachts en buiten het gezichtsveld van de bedienaar juridisch niet zijn toegestaan.

Daarnaast vormt de inzetbetrouwbaarheid een issue. Hiermee wordt bedoeld dat de robots geen gevaar mogen vormen voor burgers en aan bepaalde veiligheidseisen moeten voldoen. Een mankement aan een luchtrobot die boven een festivalterrein vliegt zou tot rampzalige gevolgen kunnen leiden. Uitvoerige veiligheidsmaatregelen zijn daarom noodzakelijk alvorens men tot inzet van politierobots besluit.

**Verantwoordelijkheid en bewapende politierobots**

Op lange termijn spelen kwesties als verantwoordelijkheid en het al dan niet bewapenen van politierobots. Het verantwoordelijkheidsvraagstuk – kan een politierobot verantwoordelijk gehouden worden voor zijn acties? – speelt pas als een politierobot autonoom zou kunnen functioneren. Het zal nog enkele tientallen jaren duren alvorens de politierobot deze status zal bereiken (zie hoofdstuk 3). Bij tele-geleide robots ligt de verantwoordelijkheid bij de bedienaar van de robot.

Bewapende politierobots brengen allerlei ethische vragen met zich mee (zie ook hoofdstuk 6). Met name de rechtmatigheid van geweld en geweldsmiddelen speelt daarbij een grote rol. Kunnen bijvoorbeeld bewapende robots voldoen aan het proportionaliteitsbeginsel, of kan een robot zich beroepen op noodweer? Daarnaast roepen bewapende politierobots de vraag op of ze überhaupt een bijdrage kunnen leveren aan de veiligheid van zowel burgers als politiepersoneel, omdat bewapende politierobots ook risico's met zich meebrengen.

**5.6.3 Regulering**

Op dit moment lijkt over de hiervoor genoemde kwesties geen reflectie of debat te bestaan binnen het Nederlandse politieapparaat, noch in de samenleving, laat staan dat er maatschappelijke overeenstemming is. Om verschillende redenen is er haast bij een dergelijk debat, waarin de verschillende zaken die in het geding zijn bij de inzet van robots worden afgewogen. Zo zal er met betrekking tot robots voor surveillance-doeleinden een diepgaande maatschappelijke discussie moeten worden gevoerd, in zowel de politieke als publieke arena, over de balans tussen de noodzaak voldoende veiligheid te waarborgen en de bescherming van de privacy.

Op korte termijn zal onderzocht moeten worden hoe de wet- en regelgeving betreffende de inzetbaarheid van politierobots, en met name de luchtrobots, aangepast kan worden, zodat de toepassingen van robots voor politieke doeleinden kunnen worden vergroot. Van belang daarbij is dat de veiligheid in de lucht en op de grond niet in gevaar komt. Daartoe zou de overheid een bijdrage kunnen leveren door het opstellen van veiligheidsnormen voor politierobots.

De opkomst van bewapende robots vereist een politiek standpunt. Dit standpunt moet gebaseerd worden op de rechtmatigheid van deze robots, op een vergelijking met niet-robotische alternatieven, op ervaringen van bewapende robots in het buitenland, en op de implicaties van deze robots voor de geweldsuitoefening van de politie. Ook een meer systematische anticipatie op eventueel robotgebruik door criminelen en terroristen heeft prioriteit en verdient een politieke stellingname (zie hoofdstuk 6).

Gezien de verschillende visies op de maatschappelijke missie van de politie en op de rol van techniek daarin, zal er ook een breder, maatschappelijk debat nodig zijn over waar het wenselijk is robots in te zetten voor politietaken, en welke scenario's moeten worden vermeden. In die discussie moeten verschillende maatschappelijke waarden die robots kunnen dienen of juist ondermijnen zorgvuldig worden afgewogen, zoals veiligheid, privacy, betrouwbaarheid en rechtmatigheid van geweld en geweldsmiddelen.



## **‘Ik verwacht geen agressieve politierobots’**

**Mark Wiebes, commissaris en innovatiemanager bij het Korps Landelijke Politiediensten**

Kijken, pakken, sjouwen, misschien arresteren. Vanuit de lucht, in gevaarlijke situaties of in ontoegankelijke ruimtes. Robots kunnen de Nederlandse politie op verschillende manieren een handje helpen. In hoeverre zullen burgers dat pikken? En anderzijds: maakt de politie wel genoeg tempo met innovatie op dit gebied?

Tegen het eind van het gesprek zegt Mark Wiebes, commissaris en innovatiemanager bij het Korps Landelijke Politiediensten: ‘Ik besef wel dat dit een redelijk rustig verhaal is. De verwachtingen van robotica zijn vaak gebaseerd op wat er in de zorg gebeurt. Maar dat is een gecontroleerde en vriendelijke omgeving. Wij kunnen onze werkomgeving veel minder controleren en moeten rekening houden met vijandigheid. Militairen, anderzijds, zitten weliswaar ook in zo’n omgeving, veel erger nog zelfs, maar die mogen bij hun werk best wat schade aanrichten. Dat maakt de inzet van militaire robots dan weer relatief makkelijk. In politiewerk moet je dus enerzijds rekening houden met vijandigheid en anderzijds zo min mogelijk *collateral damage* aanrichten. Daardoor zijn nieuwe technologische toepassingen bij ons altijd een paar niveaus platter; veel eenvoudiger dan je zou verwachten wanneer je films ziet.’

*Oké, plat en eenvoudig dus. Maar ook voor de politie geldt: de robots komen eraan. Vraag aan de innovatiemanager: welke precies?*

‘Om te beginnen robotheli’s, die zicht bieden vanuit de lucht. Er zijn allerlei situaties waarin het niet verantwoord is een bemande helikopter te laten vliegen. Als we vrezen dat hij beschoten kan worden. Als er te veel rook is, of giftige rook, zoals bij Chemie-Pack begin 2011. Als het lucht ruim gesloten is, zoals ten tijde van de aswolk uit IJsland. In zulke situaties is een onbemande helikopter een uitkomst. In andere situaties is het voornaamste argument dat hij hetzelfde kan doen tegen lagere kosten. Ten tweede kunnen robots in sommige gevaarlijke situaties nuttige handelingen verrichten: iets pakken, fotograferen, een boodschap brengen, noem maar op. Het onschadelijk maken van explosieven zal, denk ik, de komende jaren helemaal naar robots verschuiven. De EOD, de Explosievenopruimingsdienst van Defensie, gebruikt nu al dat karretje

dat je geregeld op het Journaal ziet, maar het is nu nog niet goed genoeg voor alle situaties.

Je kunt ook denken aan lastdragende robots. Zo één is ook bij Chemie-Pack gebruikt. Daar was een zwaar bewijsstuk, een vat of een kast, meen ik. Dat was lastig te vervoeren voor mensen met zo'n beschermend pak aan. Er is een robotje heen gereden mét een meneer in zo'n pak, die meneer heeft een touw om dat ding heen geslagen en dat robotje heeft die last het terrein af getrokken.

En dan zijn er nog heel specifieke taken op plekken waar je als mens gewoon niet kunt komen, maar waar je wel een klein wagentje met een camera in kunt sturen. In lage kruipruimtes bijvoorbeeld. Rioolbedrijven gebruiken dat soort systemen ook al.'

*Zullen robots ook voor de surveillance op termijn iets betekenen?*

'Dat zou kunnen. Je kunt natuurlijk allerlei sensoren gebruiken, om te kijken, te luisteren, enzovoort. En als je die op een autonoom apparaat zet, kun je dat een robot noemen. Maar ze kunnen ook op een vaste plek of op een politieauto bevestigd zijn. Dat kan nuttig zijn. Er bestaat bijvoorbeeld software die uit geluiden kan afleiden of een lawaaiige groep mensen vrolijk of boos is. Ook camerabeelden kunnen automatisch worden geanalyseerd. Iemand die op een parkeerplaats zijn auto loopt te zoeken, beweegt zich anders dan iemand die iets uit een auto wil stelen. In Engeland hebben ze software ontwikkeld die op camerabeelden achtergelaten bagage detecteert. Al hou je *false positives*: de computer zag ook een stilzittend oud vrouwtje voor een koffer aan.'

*Zullen robots de operators van veiligheidscamera's vervangen?*

'Niet vervangen, maar wel de huidige informatieoverload verminderen. Die operators zoeken naar een speld in een hooiberg. Die camera's kunnen veel hooi verwijderen en potentiële spelden laten zien: afwijkend gedrag. Zo kunnen die camera's veel meer opleveren dan nu.'

*Wat me opvalt, is dat al die robottoepassingen nogal vreedzaam klinken.*

'Dat klopt. In sommige situaties zullen robots in de toekomst wel proactief gaan handelen, verwacht ik. Een deur opendoen waarachter je iets engs verwacht, zo iets. Maar agressie gebruiken, dat is wel een grens over. Voor de politie zijn vuurwapens een noodweermiddel, terwijl een robot zich per definitie niet op noodweer kan beroepen. Of stel dat we weten dat ergens een heel gevaarlijke meneer is en we sturen er een robot op af om hem handboeien om te doen. Ik verwacht dat dat flink wat discussie oproept.'

*Zal de gewone surveillerende politieman of -vrouw iets van robotica gaan merken?*

‘Misschien hebben die straks wel een klein vliegtuigje in de auto liggen. Op de speelgoedmarkt heb je voor nog geen driehonderd dollar al helikoptertjes met vier propellers, bestuurbaar met je iPhone, waar je een cameraatje aan kunt hangen.’

*Dat is nogal ingrijpend voor de privacy. Zullen mensen dat pikken?*

‘Als mensen opeens onder onverwachte hoeken bekeken worden, is dat waarschijnlijk niet goed voor de acceptatie van die techniek. Van de andere kant, als ik een trapje pak, kan ik nu ook al over een schutting heen een tuin in kijken. Waar het om gaat is dat je die dingen alleen doet als je er een reden voor hebt. Ook nú geldt dat het gedrag van politiemensen meer gestuurd wordt door normen dan door technische beperkingen. We kunnen elk huis binnen, maar dat mogen we alleen onder bepaalde voorwaarden. Er moet een redelijke verhouding zijn tussen doelen en middelen.’

*We hebben het tot nu toe over het gebruik van robots door de politie, maar zal de politie ook niet geconfronteerd worden met robots die juist door criminelen ingezet worden?*

‘O, zeker. Alle technologie die voor ons gebruikt kan worden, kan ook tegen ons gebruikt worden. En aangezien wij regels en scrupules hebben zelfs nog iets meer tégen ons. Een afstandsbestuurde auto met een bom aan boord, bijvoorbeeld.’

*Is er bij de politie dan wel genoeg aandacht voor robotica, om in ieder geval zelf ook zo goed mogelijk toegerust te zijn?*

‘Dit soort innovatieve ontwikkelingen botst altijd een beetje met de wens om op korte termijn resultaat te zien. Terwijl je er in feite morgen nog niks aan hebt en wel al kosten moet maken. Je bent ervaring aan het opdoen. Je bent belangrijke ontwikkelingen een paar stappen verder aan het helpen. Het is bovendien risicodragend investeren, zodat het met regelmaat misgaat. Daarom moet je wat mij betreft ook alleen dat doen wat je in potentie flink vooruit kan helpen. Want als het geregeld misgaat, moeten de dingen die wel goed gaan, de missers compenseren.

Een langetermijnvisie ontwikkelen is bij de politie misschien nog net iets lastiger dan elders. We hebben een actiecultuur, maar wel meer reactief dan proactief. Ons werk is tenslotte vooral: reageren op verstoringen. Toch denk ik dat het probleem grotendeels algemeen menselijk is. De korte termijn wint het nu eenmaal van de lange termijn.’











# Militaire robot: geschikt of ongeschikt?

## 6.1 Inleiding

Militaire robottechnologie is in een stroomversnelling gekomen. Over de hele wereld worden momenteel militaire robots ontwikkeld en duizenden militaire robots zijn al actief tijdens militaire operaties. Deze ontwikkeling is volgens Peter Singer, de nieuwe 'revolutie in militaire zaken' (Singer, 2009b). Het Amerikaanse, ruim 200 miljard dollar kostende *Future Combat Systems*-programma voor toekomstige wapen- en communicatiesystemen, uitgevoerd in opdracht van het Pentagon, is van grote invloed hierop. Militaire robots vormen een speerpunt in dit programma en veel geïndustrialiseerde landen hebben zich daardoor laten inspireren. Zo ook Nederland.

Het ministerie van Defensie heeft in haar beleidsvisie 2007 de opdracht gegeven aan de defensiestaf om een studie uit te voeren naar de mogelijkheden, beperkingen en risico's van de operationele inzet van robotachtige 'onbemande systemen'. Dit heeft geresulteerd in een concept voor de ontwikkeling van robotica binnen de krijgsmacht (Stam, 2010), maar werd onder druk van bezuinigen binnen Defensie niet verder afgemaakt. Ondanks deze bezuinigingen wordt het in 2007 gestaakte project *Medium Altitude Long Endurance Unmanned Aerial Vehicle* (MALE UAV) voortgezet door het huidige kabinet-Rutte. Het betreft de aanschaf van vier onbemande vliegtuigen voor waarnemingsactiviteiten (Ministerie van Defensie, 2011). Tijdens de vaststelling van de begroting van het ministerie van Defensie voor het jaar 2012 diende Tweede Kamerlid Marcial Hernandez een motie in waarin hij verzoekt dat de regering bij elke materieelverwerving handelt volgens het principe 'robots tenzij'.<sup>1</sup> Hernandez vindt dat er nog veel meer op robotisering en onbemande systemen moet worden ingezet. Hij hoopt dat we militaire robots in de toekomst steeds vaker zullen gaan tegenkomen bij de krijgsmacht, of het nu bij de marine, de landmacht, de luchtmacht of de marechaussee is, omdat de mogelijkheden met robotisering bijna onbegrensd zijn. Als reactie stelt de minister van Defensie Hans Hillen dat het principe 'robots tenzij' al ondersteuning van het beleid is, en dat meer robots wenselijk zijn, maar dat het ministerie voorlopig niet over de financiële middelen beschikt om ze aan te schaffen.

### Kader 6.1 Definitie van de militaire robot

In hoofdstuk 1 is een algemene definitie van de robot gegeven. De militaire robot definiëren we hier als een onbemand systeem voor militaire doeleinden met enige vorm van autonomie dat herbruikbaar is. Het kan daarbij gaan om zowel een onbemand systeem dat over een eigen voortbeweging beschikt (mobiele robots) als een systeem dat statisch een taak verricht (immobiele robots).

In de militaire robotica is sprake van een toenemende ‘autonomisering’. Dit is het proces waarin de mate van autonomie van een onbemand voertuig gaandeweg wordt verruimd, van de beperkte autonomie van tele-operatie naar volledig zelfstandig (autonoom) functionerende systemen, en in de toekomst zelfs naar zelflerende systemen. Zoals in hoofdstuk 1 is aangegeven, beschouwen we ook in dit hoofdstuk volledig ‘tele-geleide’ systemen, zoals op afstand bestuurbare speelgoedauto’s, niet als robots omdat ze geen enkele vorm van autonomie bevatten. ‘Cyborgs’ vallen ook niet binnen de afbakening. Bij cyborgtechnologie gaat het om de fysieke samensmelting van mens en machine, waarmee de prestaties van militairen vergroot kunnen worden tijdens militaire en vredesmissies, en gezondheidsrisico’s worden verminderd. Dergelijke ‘cybersoldiers’ worden over tien tot twintig jaar verwacht (Simonis & Schilthuizen, 2006). Daarnaast vallen bijvoorbeeld torpedo’s, ballistische raketten, slimme bommen en mijnen niet onder deze definitie van militaire robots, omdat deze wapens niet herbruikbaar zijn.

Wat opvalt in de stukken van Defensie over militaire robots en de meeste Amerikaanse rapporten, zoals het recente *Unmanned Systems Roadmap 2009-2034* (US Department of Defense, 2009), is dat er nauwelijks aandacht is voor de maatschappelijke en ethische aspecten van de militaire robotica. Zoals zo vaak met nieuwe technologische innovaties ligt de nadruk op de promotie van de technologie, niet op de reflectie op mogelijke ongewenste neveneffecten. De ontwikkelaars zijn niet geneigd om te anticiperen op eventuele negatieve aspecten, vermoedelijk vanuit een vrees dat dit remmend zou werken op verdere ontwikkelingen.

Het gebruik van robots brengt echter in het bijzonder in het geval van militaire robots een groot aantal ethische vraagstukken met zich mee. Nu militaire robots vaker worden ingezet in militaire operaties en we lijken af te stevenen op dé komende militaire revolutie, verschijnen de eerste wetenschappelijke publicaties rondom de mogelijke negatieve gevolgen en ethische aspecten van militaire robots (zie onder andere Arkin, 2010; Asaro, 2008; Dabringer, 2011; Homan, 2009, 2011; Lin, Bekey & Abney, 2008; Krishnan, 2009; Oudes & Zwijnenburg, 2011; Sharkey, 2008a, 2008b, 2008c, 2010; Singer, 2009a, 2009b, 2010; Sparrow, 2005,

2007, 2009; Sullins, 2010) en is er in 2008 voor het eerst een conferentie, getiteld *The Ethics of Autonomous Military Systems*, over dit onderwerp gehouden, in Engeland (Royal United Services Institute, 2008). Juist nu het Nederlandse ministerie van Defensie het besluit heeft genomen om mee te gaan in de toepassing van militaire robots door de aanschaf van vier onbemande vliegtuigen en interesse heeft voor verdere robotisering van het leger, moet aandacht worden besteed aan de maatschappelijke en ethische vragen die het gebruik van militaire robots kunnen oproepen.

In dit hoofdstuk zullen we de maatschappelijke en ethische vragen bespreken die zich opdringen bij de inzet en ontwikkeling van militaire robots (paragraaf 6.5). Eerst bespreken we in paragraaf 6.2 de ontwikkeling van de militaire robotica in de Verenigde Staten (VS) en Nederland, en in paragraaf 6.3 geven we enkele voorbeelden van militaire robots. Vervolgens maken we in paragraaf 6.4 een onderscheid tussen onbewapende en bewapende militaire robots, een onderscheid dat van belang is voor de maatschappelijke en ethische analyse in paragraaf 6.5. We eindigen met een slotbeschouwing.

## **6.2 Trends in de militaire robotica**

Veel landen zijn de laatste jaren gaan investeren in militaire robottechnologie. De VS spannen nog steeds de kroon met bijvoorbeeld een begroting van 4,5 miljard dollar voor 2010, en zijn op het gebied van militaire robottechnologie de onbetwiste koploper (US Department of Defense, 2009), maar ook China, Rusland en India zijn begonnen met de vergaande ontwikkelingen van onbemande gevechtsvliegtuigen. In deze paragraaf bekijken we hoe de ontwikkeling van de militaire robot is verlopen en welke toekomstige ontwikkelingen we nog kunnen verwachten in de VS en in Nederland.

### **6.2.1 Ontwikkelingen in de Verenigde Staten**

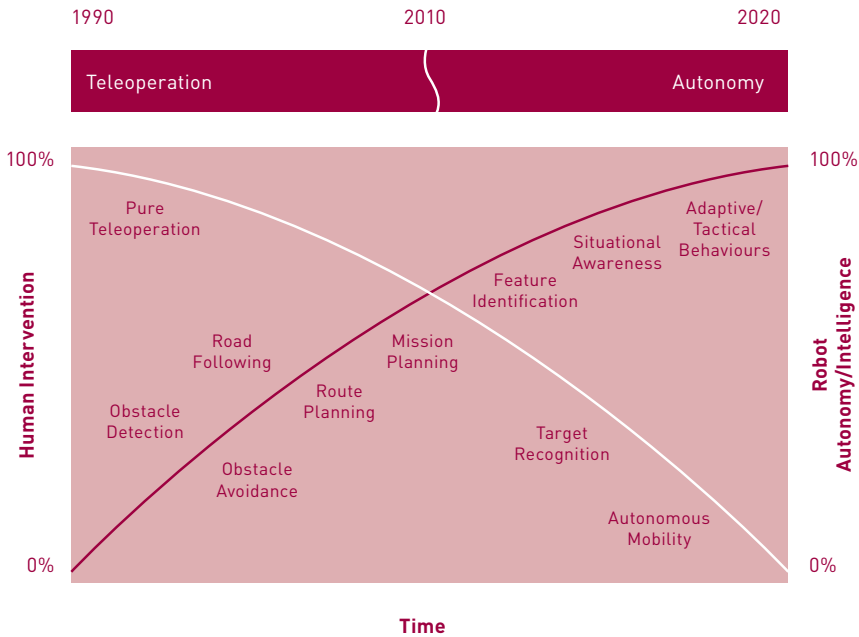
Het onderzoek naar militaire robotica vond in de beginperiode vooral plaats in de VS en heeft een belangrijke impuls gekregen in 1989. In dat jaar werd onder druk van het Congres het onderzoek naar onbemande grondvoertuigen van de verschillende krijgsmachtdelen samengevoegd in het zogeheten *Joint Robotics Program*. Naast de opdracht om een zogeheten *master plan* op te stellen werd voor 1990 een bedrag van 22 miljoen dollar gereserveerd voor onderzoek, ontwikkeling, testen en evalueren van robotsystemen (Fokkema, 2007). In de begrotingswetgeving voor 2001 is onder andere vastgelegd dat de Amerikaanse krijgsmacht in 2006 ten minste 4000 onbemande grondvoertuigen operationeel in gebruik moet hebben, dat in 2010 een derde van alle operationele vliegtuigen voor lan-geafstandsvluchten onbemand moet zijn, evenals in 2015 een derde van

alle strijdvoertuigen op de grond (Committee on Armed Services, House of Representatives, 2000).

Op basis van deze doelstellingen heeft het Amerikaanse militaire agentschap *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA) een studie gestart om de toekomstige wapen- en communicatiesystemen voor de Amerikaanse krijgsmacht vast te stellen. Die studie staat bekend als het *Future Combat Systems*-programma – met 230 miljard dollar het duurste defensieprogramma aller tijden – waarvan autonome militaire robots een belangrijk deel uitmaken (Agence France-Presse, 2008). De doelstellingen in de begrotingswetgeving voor 2001 lijken tot nu toe allemaal gehaald te worden, en er is sprake van een sterke toename van gevechtsmissies met onbemande systemen. Zo traint de Amerikaanse luchtmacht vanaf 2009 meer ‘piloten’ voor de onbemande bewapende vliegtuigen *Predator* en *Reaper* dan gevechts- en bommenwerperpiloten (Vanden Brook, 2009). De Amerikaanse *Predators* en *Reapers* hebben sinds 2006 meer dan 1 miljoen vliegreizen gemaakt en 80.000 missies gevlogen, waarvan 85 procent gevechtsmissies (Jennings, 2010).

De Amerikaanse visie rond de verdere robotisering gaat uit van een lineaire technische ontwikkeling waarbij autonomie de tele-operatie vervangt (US Department of Defense, 2005) (zie figuur 6.1). In deze visie wordt 2010 als een soort omslagpunt aangemerkt waarin de autonomie de tele-operatie voorbij zal streven. In 2020 is de verwachting dat robots autonoom kunnen functioneren (zie figuur 6.1). Deze voorspelling zal niet uitkomen, want duidelijk is dat militaire robots de komende jaren nog niet autonoom kunnen opereren. De Amerikaanse krijgsmacht gaat er nu van uit dat in 2047 de eerste autonome bewapende vliegtuigen kunnen worden ingezet (United States Air Force, 2009). De autonomie van militaire robots staat dus hoog op de agenda van de Amerikaanse krijgsmacht. Ook het Amerikaanse onafhankelijke adviesorgaan de National Research Council voor beleidsplannen adviseert in die richting: ‘The Navy and Marine Corps should aggressively exploit the considerable warfighting benefits offered by autonomous vehicles’ (National Research Council, 2005). De wens voor autonome robots komt met name voort uit het feit dat *tele-geleide* robots duurder zijn. Ten eerste omdat de kosten van de productie van tele-geleide robots hoger zijn en ten tweede omdat deze robots personeelskosten vergen vanwege het feit dat ze ondersteuning vereisen door mensen die ze bedienen. Een van de hoofddoelen van het *Future Combat Systems*-programma is dan ook om militaire robots als ‘force multipliers’ te gebruiken, zodat één militair een grootschalige robotaanval in werking kan stellen (Sharkey, 2008b). Daartoe worden robots geprogrammeerd om samen te werken in zogenaamde zwermen (*swarms*), zodat ze gezamenlijk een missie kunnen gaan uitvoeren door onderlinge afstemming. In 2003 hebben de Amerikanen voor het eerst een test uitgevoerd met

120 kleine verkenningsvliegtuigjes die onderling in contact met elkaar stonden (Krishnan, 2009). Deze 'zwerm'-technologie is sterk in ontwikkeling, en zal wellicht binnen enkele jaren worden toegepast in de militaire praktijk.



**Figuur 6.1** De roboticarevolutie

Daarnaast heeft DARPA in 2002 het initiatief genomen om een wedstrijd te organiseren voor autonome robots, de zogeheten *DARPA Grand Challenge* (zie ook hoofdstuk 4), om het onderzoek naar robottechnologie te stimuleren. De race moet bruikbare gegevens en technologische innovaties opleveren voor onderzoek naar nieuwe militaire robotica-toepassingen. In Europa heeft dit op een kleinschaliger manier navolging gekregen binnen de zogeheten *European Land Robotic Trial* (ELROB). Een ander voorbeeld van zo'n *technology push*, dat overigens ook niet direct met militaire robotica verbonden is, is het wereldkampioenschap robotvoetbal georganiseerd door de wereldwijde organisatie Robocup ter ondersteuning van roboticaresearch. Met dit soort wedstrijden helpt men mee aan de ontwikkeling van robotica-toepassingen.<sup>2</sup>

Naast deze *technology push* is er voor militaire toepassingen een *technology pull* bij gekomen. De roep van de samenleving om het aantal Amerikaanse militaire slachtoffers te beperken heeft bijgedragen aan een enorme impuls van alternatieve robotica ontwikkelingen in de VS.<sup>3</sup>

Het aantal Amerikaanse gesneuvelde militairen liep een aantal jaren geleden hoog op vanwege de opererende opstandelingen in Irak en Afghanistan en hun veelgebruikte zelfgemaakte en dodelijke wapen: het *Improvised Explosive Device* (IED) ofwel de berm-bom. Veertig procent van de omgekomen Amerikaanse militairen is gestorven vanwege deze berm-bommen (Iraq Coalition Casualty Count, 2008). Bij de invasie van Irak in 2003 werd er geen gebruik gemaakt van robots, omdat de conventionele wapens genoeg 'shock and awe' leverden. Het sneuvelen van duizenden Amerikaanse militairen en Irakese burgers verminderde het draagvlak voor de invasie en maakte de inzet van militaire robots wenselijk; eind 2008 waren er al 12.000 grondrobots actief in Irak, waarmee vooral berm-bommen onschadelijk worden gemaakt, en 7000 verkenningsvliegtuigjes of *drones* (Singer, 2009b).

### 6.2.2 Ontwikkelingen in Nederland

In Nederland startte in 1998 het eerste militaire roboticaonderzoeksprogramma van TNO (1998-2006). Het ministerie van Defensie heeft in zijn beleidsvisie 2007 een vervolg aan dit onderzoek gegeven met een budget van 4 miljoen euro. De defensiestaf kreeg als opdracht een studie uit te voeren naar de mogelijkheden, beperkingen en risico's van de operationele inzet van onbemande systemen. De studie heeft geresulteerd in het rapport *Toekomstverkenning robotica* (Fokkema, 2007). Naar aanleiding van dit rapport en het TNO-rapport *Kansen voor robotica in Nederlands grondoptreden op de korte termijn* (Van den Heuvel, Jansen, Koole, Van Oosterhout & Van Zijderveld, 2007) werd gewerkt aan de *UGV-roadmap. Robots beslissen in het gevecht, bouwen aan veiligheid?!* (Stam, 2010). Deze 'roadmap' zou een handleiding moeten worden voor de ontwikkeling en introductie van de invoer van robotica binnen de krijgsmacht, waarbij TNO nauw zou worden betrokken. Vanwege bezuinigingen is het niet verder gekomen dan een concept.

Uit de hiervoor genoemde rapporten, het 'roadmap'-concept en een verkenningstudie van het ministerie van Defensie (2010) blijkt dat de toegevoegde waarde van onbemande voertuigen voor de Nederlandse krijgsmacht vooral wordt gevonden in het uitvoeren van *dull, dangerous and dirty* taken. Zo kunnen onbemande voertuigen specifiek een bijdrage leveren aan 'klokronde' optreden, het detecteren van berm-bommen, het uitvoeren van verkenningen, het bewaken van gebieden rondom de basis en het verbeteren van de *situational awareness*. Belangrijk daarbij is dat ze een bijdrage moeten leveren aan het vergroten van de veiligheid voor eigen personeel.

Het ministerie van Defensie kiest duidelijk voor een *technology pull*-benadering, maar vanwege de kredietcrisis is het militaire roboticaonderzoek grotendeels stopgezet. Toch heeft het ministerie besloten om het MALE

UAV-project, dat in 2007 werd stopzet, weer voort te zetten (Ministerie van Defensie, 2011). Deze investering van 100 tot 250 miljoen euro betreft de aanschaf van vier onbemande vliegtuigen die zijn uitgerust met sensoren, grondelementen voor de bediening en apparatuur voor de gegevensverwerking om de inlichtingenketen te versterken. Vooralsnog is het de bedoeling dat deze vliegtuigen onbewapend zijn, maar de minister van Defensie Hans Hillen sluit niet uit dat in de toekomst ook bewapende onbemande vliegtuigen kunnen worden aangeschaft. Op een vraag van Tweede Kamerlid Jasper van Dijk of de minister overweegt ook bewapende onbemande vliegtuigen aan te schaffen, antwoordt minister Hillen: 'Als andere partijen op de wereld daar wel aan beginnen maar wij ons daar niet op zouden voorbereiden en ons niet zouden kunnen inleven in de manier waarop daarmee moet worden omgegaan, doen wij onszelf tekort. De heer Van Dijk zal van mij aannemen dat je moet weten hoe een systeem aanvalt als je je ertegen wilt kunnen verdedigen. Je moet beide kanten van die medaille bestuderen en je eigen maken, om zo'n bedreiging te kunnen weerstaan.'<sup>4</sup>

Hoewel Nederland geïnteresseerd is in een verdere robotisering van het leger, moge duidelijk zijn dat Nederland op de korte en middellange termijn geen noemenswaardige rol zal spelen in de verdere ontwikkeling van militaire robotica. De enige investering is de aanschaf van vier onbemande vliegtuigen, een verwerving 'van de plank' zonder eigen inbreng in de ontwikkeling.

## 6.3 Militaire robottoepassingen

Deze paragraaf geeft enkele voorbeelden van immobiele en mobiele militaire robots, die worden toegepast op zee, in de lucht en op land.

### 6.3.1 Immobiele systemen

Een voorbeeld van een immobiel systeem is het geïntegreerde product *Protective Shield*, dat uiteenvalt in een variëteit aan statische sensoren in wisselende waarnemingsspectra en met verschillende bereiken (Van den Heuvel et al., 2007). De sensoren geven hun informatie door aan de bemande centrale commandopost, die deze informatie verwerkt. De meest geavanceerde sensor is de BAA (*Beobachtungs- und Aufklärungsausstattung*), die in staat is automatisch doelen te identificeren en te volgen. Deze systemen kunnen worden voorzien van machinengeweren zoals de SGR-A1, die is ontwikkeld door Samsung Techwin Co. voor het bewaken van de 250 kilometer lange en 4 kilometer brede gedemilitariseerde zone tussen Noord- en Zuid-Korea. Deze robots kunnen autonoom indringers detecteren binnen een straal van 500 meter en hen neerschieten (dus zonder menselijke tussenkomst). Eind 2011 heeft

Zuid-Korea als een soort van test de eerste SGR-A1 op een bewakingspost geplaatst. Mocht de test goed uitpakken, dan zullen meer SGR-A1's worden ingezet ter vervanging van een deel van de duizenden patrouillerende militairen.<sup>5</sup>

Aan boord van de Nederlandse fregatten is het immobiele systeem de *Goalkeeper* operationeel (zie figuur 6.2). Dit is een computergestuurd luchtafweersysteem met infrarood-detectieapparatuur tegen vijandelijke raketten, ontwikkeld door Thales Nederland. Het systeem neemt autonoom naderende raketten waar, berekent de baan die ze volgen, richt vervolgens het wapen (een snelvuurkanon), om ten slotte het naderde gevaar uit te schakelen.<sup>6</sup>



**Figuur 6.2** Het computergestuurd luchtafweersysteem Goalkeeper

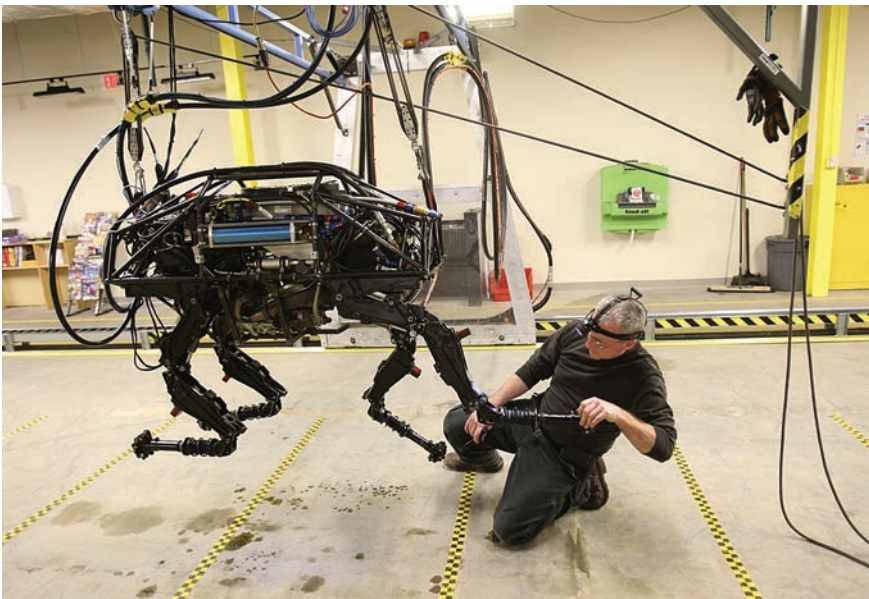


### 6.3.2 Mobiele systemen

Hierna zullen we enkele onbemande grondvoertuigen (*Unmanned Ground Vehicles*, oftewel UGV's), vliegtuigen (*Unmanned Aerial Vehicles*, oftewel UAV's) en wateroppervlakte- en onderwatervoertuigen (*Unmanned Underwater/Surface Vehicles*) beschrijven.

#### **Onbemande grondvoertuigen (UGV's)**

De robot *BigDog* (zie figuur 6.3), ontwikkeld door Boston Dynamics in opdracht van DARPA, is ontworpen om uitrusting en voorraad van militairen te dragen op plaatsen waar conventionele voertuigen niet kunnen komen. De 'pakezel' kan over de meest uiteenlopende terreinen lopen, zoals heuvels, sneeuwgebieden en zelfs ijs. Het apparaat blijft zelfs in balans na een flinke schop tegen zijn lichaam. *BigDog* beweegt zich voort met een snelheid van ongeveer 6 km/uur en kan 130 kilo aan bagage dragen.



**Figuur 6.3** Het robotvervoersysteem BigDog

Het meest bekende onbemande grondvoertuig is de door Foster-Miller ontwikkelde SWORDS (*Special Weapons Observation Reconnaissance Detection System*) (zie figuur 6.4). Het is ontstaan uit de TALON, een robot uitgerust met camera's, een grijparm, communicatiemiddelen, afleidingsapparaten en diverse sensoren, die vooral is ontwikkeld voor onbemande verkenningen en het opruimen van berm bommen. De SWORDS is voorzien van machinegeweren en is een op afstand bestuurbaar (dus tele-geleid)

bewapend robotsysteem. Sinds 2007 is een aantal SWORDS na jaren van onderzoek op patrouille gestuurd in Irak. De SWORDS voeren voornamelijk verkenningssmissies, straatsurveillances en andere opdrachten met een 'verhoogd risico' uit. De opvolger van de SWORDS dient zich al aan: de MAARS (*Modular Advances Armed Robotic System*). Deze robot kan worden uitgerust met zwaardere machinegeweren, heeft een groter laadvermogen en heeft een bijna twee keer hogere maximumsnelheid van ongeveer 11 km/uur. Het totale systeem weegt zo'n 160 kilo.



**Figuur 6.4** Onbemand grondvoertuig SWORDS

De meest recente ontwikkeling door het Amerikaanse leger en DARPA is de *Crusher*. De Crusher heeft camera's en sensoren om van lange afstanden vijanden te spotten en te volgen. In totaal hebben de camera's een bereik van zo'n 2,5 kilometer. De Crusher beschikt tevens over een kanon van een hoog kaliberen kan een topsnelheid van 42 km/uur bereiken.

Het bedrijf BAE Systems gaat voor de Amerikaanse krijgsmacht multifunctionele, intelligente miniaturrobots ontwikkelen voor het verbeteren van *situational awareness* (dat wil zeggen 'het zich bewust zijn' van wat er om je heen gebeurt). Deze robotjes, bijvoorbeeld in de vorm van een spin (zie figuur 6.5), kunnen op plaatsen komen die voor mensen onbereikbaar of te gevaarlijk zijn. Het Amerikaanse ministerie van Defensie investeert 38 miljoen dollar in deze technologie (BAE Systems, 2008).



**Figuur 6.5** De robotspin

### **Onbemande vliegtuigen (UAV's)**

Een minstens even grote rol is weggelegd voor onbemande verkenningsvliegtuigen (*Micro Air Vehicles*): op afstand bestuurbare propellervliegtuigjes zo groot als een modelvliegtuig, met een massa van enkele tientallen tot honderden gram en met krachtige (infrarood)camera's voor autonome observatieopdrachten. De camerabeelden zijn zo scherp dat plaatsers van bompakketjes of berm bommen op heterdaad kunnen worden betrap en gevolgd, zodat lokale troepen kunnen worden gewaarschuwd. Ook kunnen de vliegtuigjes doelen zoeken en de positie van deze doelen doorgeven voor conventionele bombardementen. Eind 2001 hadden de VS circa 10 onbemande verkenningsvliegtuigjes in Afghanistan; in 2008 waren het er al meer dan 7000 (Singer, 2009b). Naast deze kleine verkenningsvliegtuigen is er de *Global Hawk*, met een spanwijdte van bijna 40 meter. Dit toestel kan gsm-gesprekken afluisteren, zelfs als ze gecodeerd zijn, en kan van kilometers hoogte reallifebeelden geven van bijvoorbeeld een auto op de begane grond: niet de nummerplaat van de auto, maar wel het type en hoeveel mensen eromheen staan.

Daarnaast is er een gestage opmars van de onbemande bewapende gevechtsvliegtuigen, de UCAV's (*Unmanned Combat Aerial Vehicles*). Een voorbeeld is de bekende Predator, die Hellfire-raketten<sup>7</sup> kan afvuren en veel wordt gebruikt in Afghanistan. Hij wordt bestuurd vanuit kazernes in Nevada, duizenden kilometers verderop. Een opvolger, de Reaper, met een spanwijdte van 20 meter, is in 2008 in Afghanistan voor het eerst gesignaleerd. Het toestel kan 5000 pond aan Hellfire-raketten en lasergestuurde bommen meenemen, en kan met dag- en nachtcamera's door een wolkendeck dringen.

### **Onbemande wateroppervlakte- en onderwatervoertuigen**

Onbemande duikboten uitgerust met torpedo's zijn in ontwikkeling. Bestaande onbemande mini-onderzeeboten kunnen met sterke luisterapparatuur autonoom de zeebodem verkennen, schepen en mijnen opsporen, en mijnen met een springlading vernietigen. Onbemande schepen zoals de 9 meter lange *Protector* of de bijna 2 meter lange *Silver Marlin* kunnen met sensoren, een satellietverbinding en een lichte bewapening patrouilles overnemen van kleine oorlogsschepen.

## **6.4 De toepassing van onbewapende versus bewapende militaire robots**

Onbewapende robots stellen ons voor heel andere maatschappelijke en ethische vragen dan bewapende militaire robots. Voor het bestuderen van de ethische en maatschappelijke gevolgen van militaire robots (zie paragraaf 6.5) is het dus van groot belang hier een onderscheid tussen te maken.

### **6.4.1 Onbewapende militaire robots**

Onbewapende militaire robots hebben een toegevoegde waarde bij het uitvoeren van *dull, dangerous and dirty* taken voor het oplossen van operationele knelpunten en het effectief en efficiënt uitvoeren van taken. Voorbeelden hiervan zijn bewaking, in het bijzonder bewaking van compounds (legerkampen), de bestrijding van bermbommen, verkenningen, en zelfs mogelijke offensieve taken zoals bij een inval in een vijandig gebouw waar een robot de deur forceert en verkent wie zich er eventueel schuilhouden. Deze operationele knelpunten doen zich tegenwoordig vooral voor bij vredes- en opbouwmissies, wanneer de krijgsmachten te maken krijgen met opstandelingen die asymmetrische operaties uitvoeren, zoals het gebruikmaken van bermbommen en *urban warfare*: het vechten in een stedelijke omgeving waarbij opstandelingen moeilijk te onderscheiden zijn van burgers. Robotica is een technologie die een mogelijke oplossing kan bieden als reactie op deze asymmetrische operaties van opstandelingen en terroristen.

Daarnaast wordt onderzoek gedaan naar nieuwe toepassingen van onbemande militaire robots buiten de huidige nichetaken. Zo'n voorbeeld is de ontwikkeling van onbemande voertuigen die naar gewonden zijn te leiden en autonoom ter plekke het zuurstofmasker op de mond of de defibrillator op de patiënt kunnen leggen (Klomp, 2009). Vanwege de risico's lukt het hospikken vaak niet binnen een half uur na een incident bij een gewonde te zijn, en 90 procent van de doden valt in het eerste half uur.

#### **6.4.2 Bewapende militaire robots**

De toepassing van bewapende militaire robots levert een ambivalent beeld. Enerzijds hebben de ontwikkelingen om deze robots in te zetten veel positieve effecten. Onbemande vliegtuigen als de Predator kunnen het doelwit zeer nauwkeurig bepalen en de gps-coördinaten en beelden van het doelwit terugsturen naar de operator. Door deze roboticaprecisie kan bijkomende schade (de zogeheten *collateral damage*) aanzienlijk worden gereduceerd.

Met behulp van bewapende militaire robots kunnen ook grotere risico's worden genomen dan met bemande systemen. Tijdens de Kosovo-oorlog vlogen de NAVO-vliegtuigen voor de veiligheid van de piloten niet lager dan 15.000 voet, zodat vijandig vuur hen niet kon raken. Tijdens een lucht-aanval van de NAVO raakten de NAVO-vliegtuigen vanaf deze hoogte een konvooi bussen met vluchtelingen terwijl ze dachten dat het Servische tanks waren (Donker, 1999). Deze tragische vergissingen kunnen voorkomen worden door onbemande vliegtuigen, die lager kunnen vliegen en geavanceerde sensoren en camera's bezitten, waardoor de operator het doel beter kan identificeren. Daarnaast kunnen met behulp van militaire robots beslissingen genomen worden die beter zijn overwogen. Zo kunnen deze robots worden ingezet bij zeer gevaarlijke militaire operaties, zoals huiszoekingen, in steden waar sprake is van een onoverzichtelijke situatie. In een fractie van een seconde moeten militairen bepalen wie een strijder en wie een burger is en de personen uitschakelen die een bedreiging vormen voordat ze zelf worden neergeschoten. Een militaire robot kan een gebouw binnengaan zonder militairen én burgers in gevaar te brengen. Een operator opent pas het vuur op iemand als die persoon eerst op de robot heeft geschoten. Volgens Strawser (2010) is om vorenstaande redenen de inzet van bewapende militaire robots in bepaalde omstandigheden niet alleen ethisch toegestaan, maar zelfs ethisch verplicht op grond van wat hij noemt 'the principle of unnecessary risk'. Het is volgens Strawser moreel verwerpelijk om een militair een bevel te geven waarbij hij kans loopt op dodelijk letsel als die taak ook had kunnen worden uitgevoerd door een militaire robot.

Sommige wetenschappers suggereren dat autonome bewapende militaire robots in de toekomst rationelere en betere ethische beslissingen

kunnen nemen dan militairen, zodat wraakacties en martelingen kunnen worden voorkomen. Militairen worden tijdens oorlog immers blootgesteld aan enorme stress, met alle gevolgen van dien. Dit blijkt onder andere uit een rapport met onthutsende cijfers over de moraal van militairen tijdens de militaire operatie Iraqi Freedom (Office of the Surgeon Multinational Force-Iraq, 2006). Zo wordt in het rapport geconstateerd dat minder dan de helft van de militairen vindt dat burgers met respect moeten worden behandeld, dat een derde van mening is dat marteling moet zijn toegestaan om het leven van een collega te redden, dat 10 procent heeft aangegeven Irakese burgers te hebben mishandeld, dat minder dan de helft een collega zou aangeven voor onethisch gedrag, dat 12 procent vindt dat Irakese burgers als opstandelingen kunnen worden beschouwd, en dat slechts 10 procent het rapporteert als hun eenheid zich niet aan gevechtsoorders heeft gehouden. Verder blijkt dat kwaadheid en wraakgevoelens na het verlies van een medesoldaat het aantal mishandelingen van burgers verdubbelen, en dat emoties het oordeel tijdens een oorlog kunnen vertroebelen.

De Amerikaanse robottechnoloog Ronald Arkin stelt in een interview met *De Ingenieur* (Klomp, 2008) dat robots de menselijke militairen zullen overtreffen in de toekomst: 'Ze zijn namelijk de eersten die door de *fog of war* kunnen heen kijken, zowel letterlijk, met betere sensoren en datastromen van andere apparaten, als figuurlijk, omdat ze geen angst en wraakgevoelens kennen en zichzelf niet hoeven te beschermen. Ze kunnen veel conservatiever handelen dan een soldaat zou doen. Ook kunnen ze zichzelf opofferen voor het leven van een burger.' Arkin (2009, 2010) doet onderzoek naar de invoering van een adequaat artificieel ethisch geweten voor de bewapende militaire robot, waarbij het humanitair oorlogsrecht en 'the rules of engagement' in de robot worden geprogrammeerd. Hij verwacht dat zelfs op korte termijn robots tijdens militaire operaties overtredingen zichtbaar zullen maken: 'Als de robots werken met ethische begrenzers, kunnen ze soldaten wijzen op overtredingen en misstanden in hun logboek rapporteren. Zo controleren ze de militairen in het veld. (...) De commandant kan overrulen, maar de ethische begrenzer waarschuwt dan dat hij op het punt staat de Conventie van Genève te overtreden. De commandant heeft de keuze om door te gaan of om het bevel in te trekken. Als hij toch doorzet, zal hij voor zijn oorlogsmisdaad worden berecht' (Klomp, 2008). Het probleem met het programmeren van de regels uit het oorlogsrecht en 'the rules of engagement' in robots is dat deze regels vatbaar zijn voor interpretatie en dat ze niet zomaar een pasklaar antwoord geven in een bepaalde situatie. De toepassing van deze regels is contextafhankelijk en vereist het vermogen om complexe sociale situaties te begrijpen (Asaro, 2009). Dit vermogen is noodzakelijk om ethische beslissingen te kunnen nemen, en zolang robots dat nog niet kunnen zullen ze zeker geen betere ethische beslissingen kunnen nemen dan de mens (Sullins, 2010).



## 6.5 Ethiek van bewapende robots

Zoals in de vorige paragraaf bleek, leveren onbewapende militaire robots een positieve bijdrage aan de werkzaamheden van militairen. Er zijn weinig bezwaren te bedenken tegen de inzet van deze robots. Een mogelijk bezwaar zou kunnen zijn dat de privacy van burgers aangetast wordt (zie ook hoofdstuk 5). In discussies rondom militaire robots springen de kwesties rond bewapende robots er echter qua urgentie en ernst uit (zie onder andere Krishnan, 2009; Sharkey, 2008b). We concentreren ons daarom op de problematiek van de bewapende robots. Grofweg kunnen we de gevaren van de toepassing van bewapende militaire robots verwoorden in de volgende drie vragen:

1. Zijn bewapende militaire robots in strijd met het humanitaire oorlogsrecht?
2. Wie is verantwoordelijk als een bewapende militaire robot (al dan niet door een gebrek) ongeoorloofde schade veroorzaakt of onrechtmatig gedrag vertoont?
3. Vormt de proliferatie van bewapende militaire robots een onverantwoord gevaar?

Het antwoord op deze vragen is vaak afhankelijk van de mate van autonomie van de bewapende militaire robot. We onderscheiden drie typen bewapende militaire robots: *tele-geleid*, *autonoom* en *zelflerend*. De meeste bewapende militaire robots worden (nu nog) op afstand bediend en zijn dus tele-geleide systemen. Deze robots zijn geprogrammeerd om op basis van input via sensoren bepaalde activiteiten wel of niet uit te voeren, waarbij de mens in meerdere of mindere mate de commando- en sturingsactiviteiten verricht. Van belang is dat deze systemen 'man-in-the-loop' zijn. Dit betekent dat de beslissing over het al dan niet vernietigen van militaire doelen door menselijke tussenkomst wordt genomen.

Wanneer een bewapende militaire robot volledig zelfstandig, dus zonder tussenkomst van de mens, taken uitvoert en beslissingen neemt over het al dan niet vernietigen van militaire doelen, spreken we van *autonome systemen*. Deze autonome systemen hebben een expliciete taakprogrammering en handelen volgens een bepaald vast algoritme. Dit houdt in dat de handelingen van de autonome militaire robot voorspelbaar zijn en achteraf zijn te herleiden. Tot slot hebben we de nog niet ontwikkelde zelflerende bewapende militaire robot die in staat is zijn taken te leren uitvoeren zonder expliciete taakprogrammering. Door automatisch kennis af te leiden uit voorbeelden bouwen ze een taakmodel, dat daarna kan worden gebruikt om nieuwe voorbeelden van dezelfde taak op te lossen. Dit houdt in dat handelingen van deze robot onvoorspelbaar zijn en achteraf niet zijn te herleiden. Het zal echter nog jaren van onderzoek vergen voordat deze robots hun intrede kunnen doen op het slagveld. In de

paragrafen 6.5.1, 6.5.2 en 6.5.3 wordt nader ingegaan op de drie hiervoor gestelde vragen, waarbij de mate van autonomie van invloed kan zijn op het antwoord. We beginnen met de relatie tussen de inzet van militaire robots en het internationale humanitaire oorlogsrecht.

### **6.5.1 Militaire robots en het humanitaire oorlogsrecht**

Alvorens bewapende militaire robots kunnen worden ingezet, moeten ze aan de beginselen van het internationale humanitaire oorlogsrecht worden getoetst (zie kader 6.2).

#### **6.5.1.1 *Ius ad bellum* en bewapende robots**

Asaro (2008), Kahn (2002) en Sharkey (2008b) zijn van mening dat bewapende militaire robots de criteria van *ius ad bellum* niet kunnen doorstaan of op z'n minst op de proef stellen, omdat de ontwikkeling van deze robots politieke leiders eerder zal aanzetten tot het voeren van oorlog. De inzet van bewapende militaire robots heeft volgens deze auteurs een drempelverlagend effect op het aanwenden van gewapend geweld, omdat de robots een vermindering van het aantal eigen militaire slachtoffers teweegbrengen en in de toekomst goedkoper zijn dan menselijke militairen. Twee belangrijke politieke argumenten om niet ten strijde te trekken worden dan weggenomen.

Het argument dat door de inzet van bewapende militaire robots de drempel lager wordt om een oorlog te beginnen in plaats van te onderhandelen over een vreedzame oplossing, is niet geheel overtuigend. Ten eerste heeft het al dan niet inzetten van robots geen effect op de criteria voor het aanwenden van gewapend geweld; deze blijven onverminderd van kracht met een daartoe strekkende resolutie van de Veiligheidsraad. Ten tweede kan de inzet van bewapende militaire robots juist een verdere verfijning opleveren van de vereisten van een rechtvaardige oorlog en leiden tot een meer ethische overweging om geweld uit te oefenen. Hoewel lidstaten van de Verenigde Naties geacht worden op te treden in het algemeen belang, spelen nationale belangen doorgaans een grotere rol bij de overweging om deel te nemen aan een vredes- en stabiliseringsmissie. Het staat regeringen vrij om wel of niet aan deze missies deel te nemen. Dit betekent dat als er geen vitale belangen voor een land op het spel staan, de bereidheid om veel slachtoffers te aanvaarden klein is (Homan, 2005). De ontwikkeling van militaire robots zou dit kunnen doorbreken, omdat de risico's voor de eigen militairen en de vijandelijke burgerbevolking aanzienlijk beperkt worden. Dit zou de slagkracht van de Verenigde Naties en de Veiligheidsraad kunnen vergroten. Ten derde kan volgens Arkin (2009) de mogelijke inzet van bewapende militaire robots juist een afschrikwekkend effect hebben ten opzichte van staten die niet in het bezit zijn van militaire robots, waardoor ze eerder geneigd zijn tot onderhandelen.



## Kader 6.2 Grondbeginselen van het humanitaire oorlogsrecht

Binnen het humanitaire oorlogsrecht is het gebruikelijk een onderscheid te maken tussen het *ius ad bellum* en het *ius in bello*. Het *ius ad bellum* omvat het recht dat toeziet op het aanwenden van gewapend geweld als zodanig, terwijl het *ius in bello* de juridische normen omvat die gelden tijdens de strijd en toeziet op de manier waarop oorlog wordt gevoerd.

### *Ius ad bellum*

Het *ius ad bellum* kent in beginsel een geweldsverbod (zie artikel 2 lid 4 van het Handvest van de Verenigde Naties). Uitzondering op dit geweldsverbod zijn: (1) het recht op zelfverdediging, en (2) een bedreiging van de internationale vrede of een inbreuk daarop (waaronder schending van mensenrechten, terrorisme en proliferatie van massavernietigingswapens). Daartoe moeten de volgende maatstaven in acht worden genomen:

- Alle alternatieve manieren van conflictbeslechting moeten zijn uitgeput; strijd is het laatste redmiddel (*ultimum remedium*).
- Er wordt gestreden voor een rechtvaardige zaak met een juiste intentie.
- Er moet een redelijke kans zijn op het bereiken van het beoogde effect.
- Het doel van de oorlog en de middelen tot de toepassing van militair geweld moeten in redelijke verhouding tot elkaar staan.
- Er moet volmacht zijn gegeven door de Veiligheidsraad van de Verenigde Naties.

### *Ius in bello*

Het recht in oorlog (*ius in bello*) betreft de volgende aspecten:

- Proportionaliteit: het uitgeoefende geweld moet in verhouding staan tot het bereikte voordeel. Burgerslachtoffers zijn aanvaardbaar als bijkomende schade als deze in verhouding staat tot het militaire voordeel.
- Discriminatie: bij doelwitkeuze moet onderscheid worden gemaakt tussen combattanten en non-combattanten en tussen militaire doelen en civiele objecten (bijvoorbeeld ziekenhuizen en kerken). Militairen die gewond zijn of zich hebben overgegeven, mogen geen doelwit meer zijn.
- Norm van het dubbel effect: als een handeling meerdere effecten heeft, mogen de te voorziene negatieve gevolgen niet zijn beoogd.

#### **6.5.1.2 *Ius in bello* en tele-geleide bewapende militaire robots**

Tele-geleide bewapende militaire robots die nu actief zijn, kunnen aan deze beginselen een positieve bijdrage leveren (Singer, 2009a). Zoals uit de vorige paragraaf blijkt, zijn robots door hun accurate waarneming

met behulp van doelherkenningssensoren zeer precies in het raken van hun doelwit, zodat onbedoelde nevenschade wordt beperkt. Zo kan de SWORDS 'hit bulls eyes from as far as 2,000 meters away' (Jewell, 2004). Militairen moeten vaak in een fractie van een seconde een beslissing nemen om te schieten, waardoor het heel moeilijk is om een goed onderscheid te maken tussen een strijder en een burger. Een operator van een tele-geleide bewapende militaire robot heeft meer tijd en kan bijvoorbeeld pas op een persoon schieten als die persoon eerst op de robot heeft geschoten.

Daarnaast zullen de tele-geleide bewapende militaire robots door middel van ethische begrenzers in de toekomst ook de operator kunnen corrigeren of van advies kunnen voorzien bij de beslissing om een wapen te gebruiken. Het onderzoek van Arkin (2009) richt zich hierop. Hij werkt bijvoorbeeld aan bewapende militaire robots die aangeven welke munitie gebruikt kan worden om het beoogde doel te raken, met daarnaast de hoeveelheid schade. Als de operator iets kiest wat volgens de militaire robot te veel nevenschade oplevert, geeft de begrenzer een waarschuwing en blokkeert bijvoorbeeld de bommenwerper. De operator kan overrulen, maar hij weet dan wel dat er een grote kans bestaat dat hij het internationale humanitaire oorlogsrecht overtreedt en daarvoor berecht kan worden.

#### *Proportionaliteitsbeginsel*

Het beginsel 'proportionaliteit' kan onder druk komen te staan door de inzet van tele-geleide bewapende militaire robots. Door hun robotica-precisie kunnen bewapende militaire robots veel nauwkeuriger hun doelwit bepalen, met als mogelijk gevolg dat ze veel sneller worden ingezet dan bijvoorbeeld een B-52 bommenwerper, omdat deze in veel situaties waarschijnlijk veel burgers zou doden en te veel nevenschade zou veroorzaken (Sharkey, 2010). Het gevolg is dat door militaire robots het aantal doelen zich uitbreidt, en vanwege de robotprecisie ook eerder doelen bij civiele locaties. Deze sterke toename in luchtaanvallen door onbemande vliegtuigen kan dus uiteindelijk leiden tot meer slachtoffers dan voorheen. Volgens door de New America Foundation (2011) verrichte schattingen zijn de Amerikaanse luchtaanvallen met UAV's in Pakistan gestegen van 9 luchtaanvallen tussen 2004 en 2007, waarbij ongeveer 100 slachtoffers vielen, onder wie 9 burgers, naar 118 luchtaanvallen in 2010, waarbij 800 slachtoffers vielen, onder wie 46 burgers.<sup>8</sup> Een ander negatief effect van het hoge aantal burgerslachtoffers is dat dit leidt tot een verlies van draagvlak voor vrede. Baitullah Mehsud, de Pashtun-bevelhebber van de Pakistaanse taliban, claimde dat hij voor elke gedode burger door een luchtaanval drie tot vier zelfmoordterroristen terugkreeg, meestal mensen uit families van slachtoffers (Ghosh & Thompson, 2009). Overigens:

Mehsud werd in augustus 2009 gedood door een Amerikaans onbemand vliegtuig.

#### *Verantwoordelijkheid van de cubicle warrior*

De bewapende militaire robots worden (nu nog) op afstand bediend; ze zijn met andere woorden *man-in-the-loop*. Defensiesdeskundige Peter Singer (2009a) wijst op een neveneffect van deze tele-geleide ontwikkeling. Militairen hoeven niet meer in het oorlogsgebied aanwezig te zijn. De Amerikaanse Predators worden centraal bediend vanuit het controlecentrum in Nevada, duizenden kilometers verderop. Dit vereist een nieuw type militair, die Singer 'cubicle warrior' noemt. Op het eerste gezicht is te verwachten dat dit stress reduceert doordat deze operators niet meer aanwezig zijn in het oorlogsgebied. Het genereert echter weer andere stressvolle situaties. Doordat ze verbonden zijn met de militaire robots op het slagveld kunnen ze getuigen zijn van situaties die psychologisch stressvol zijn, zoals een aanval waarbij burgers wreed vermoord worden. Bijzonder stressvol zijn situaties waarbij operators machteloos moeten toezien omdat de militaire robots beperkte mogelijkheden hebben. Daarnaast vergt het psychologisch veel van deze militairen doordat werk en privé moeilijk te scheiden zijn. In de woorden van een operator: 'You are going to war for 12 hours, shooting weapons at targets, directing kills on enemy combatants and then you get in the car, drive home and within 20 minutes you are sitting at the dinner table talking to your kids about their homework' (Horton, 2009).

Deze effecten zijn reeds te merken bij de Amerikaanse operators die de Predators aansturen in Irak en Afghanistan. Bij veel van deze operators werd fysieke en emotionele uitputting geconstateerd en leidde het werk tot verhoogde spanningen in hun privéleven. Het gevolg van deze psychologische factoren was dat er wijzigingen zijn aangebracht aan het ontwerp van de interface die gebruikt wordt om de militaire robots aan te sturen (Donnelly, 2005; Kaplan, 2006). Interfaces die slechts abstracte en indirecte beelden van het slagveld laten zien, veroorzaken minder stress dan zeer geavanceerde virtueel werkelijke beelden. De vijand weergegeven door abstracte stipjes op het scherm wordt gedehumaniseerd, waardoor het makkelijker wordt voor de operators om te doden. Er wordt een morele en emotionele afstand gecreëerd tussen de dodelijke actie en de ethische implicaties van die actie. Zoals een operator het verwoordt: 'I thought killing somebody would be this life-changing experience. And then I did it, and I was like "All right, whatever." (...) Killing people is like squashing an ant. I mean, you kill somebody and it's like "All right, let's go get some pizza"' (Singer, 2009b, p. 391-392).

Het gevaar van deze ontwikkeling is dat operators beslissingen over leven en dood nemen alsof ze een videospelletje spelen (Sparrow, 2009),

blijkend uit de woorden van een operator: 'It's like a video game. It can get a little bloodthirsty. But it's fucking cool' (Singer, 2009b, p. 308-309). De vraag die dit oproept is of operators wel moreel verantwoordelijk gehouden kunnen worden voor hun beslissingen. Morele verantwoordelijkheid houdt in dat ze volledige controle hebben over hun gedrag. Dat wil zeggen dat ze weten wat de gevolgen zijn van hun beslissingen en dat ze die beslissingen vrijwillig nemen (Fischer & Ravizza, 1998). Hiervoor is een ethische reflectie nodig. Interfaces die slechts abstracte en indirecte beelden tonen van de vijand en militaire doelen, maken de operator ongevoelig en dehumaniseert in feite de operator, waardoor hij niet volledig bewust is van de gevolgen van zijn beslissingen. Hierdoor wordt de ethische reflectie door de operator gereduceerd of zelfs geëlimineerd om stress te voorkomen (Royakkers & Van Est, 2010).

Daarnaast zullen beslissingen in de toekomst 'bemiddeld' worden door de bewapende militaire robot. Militaire robots worden meer en meer autonoom door AI-technologie en worden tegenwoordig steeds vaker voorzien van 'ethische begrenzers', waarbij dus (gedeeltelijk) het internationale humanitaire oorlogsrecht is ingeprogrammeerd. Het bezwaar van deze *technologische bemiddeling* (zie Verbeek, 2005) is dat operators geen morele keuze meer maken, maar simpelweg gestuurd gedrag vertonen omdat men onbewust steeds meer gaat vertrouwen op de militaire robot. Er vindt dus een verschuiving plaats van 'controle' naar 'het houden van toezicht', waardoor in feite de militaire robot autonoom de beslissingen neemt, of zoals Sharkey (2010) deze verschuiving uitdrukt: 'from *in-the-loop* to *on-the-loop* to *out-the loop*'. Dit wordt in de hand gewerkt door de toename van de hoeveelheid informatie van verschillende bronnen die moet worden geïntegreerd en vervolgens moet worden geïnterpreteerd om tot een beslissing te komen. Militaire robots kunnen dit veel effectiever en efficiënter dan mensen, voor wie dit haast ondoenlijk is. Met als gevolg dat de operator geen volledige controle meer heeft over zijn beslissingen, waardoor hij moreel gezien niet meer verantwoordelijk gehouden kan worden.

### **6.5.1.3 *Ius in bello* en autonome en zelflerende bewapende militaire robots**

Op grond van het *discriminatiebeginsel* betogen sommige wetenschappers dat autonome en zelflerende bewapende militaire robots in een krijgsmacht helemaal niet zijn toegestaan, omdat ze niet zelfstandig (dus zonder menselijke tussenkomst) op een voldoende manier burgers van militairen kunnen onderscheiden; de daarvoor vereiste heldere definitie van combattant ontbreekt (Gulam & Lee, 2006; Sparrow, 2005; Sharkey, 2008b; Asaro, 2008). Het probleem volgens deze wetenschappers is dat geen enkele robot de noodzakelijke bekwaamheid bezit om dit onderscheid zelfstandig te kunnen maken. De sensoren, zoals camera's,

sonars, lasers, temperatuursensoren enzovoort, kunnen aangeven dat iets een mens is, maar meer ook niet. Het onderscheid tussen een burger en een combattant kan niet gemaakt worden. Dit vereist *situational awareness* en inlevingsvermogen (het begrijpen van iemands intenties en het voorspellen van wat iemand in een bepaalde situatie waarschijnlijk zal gaan doen). Deze kwaliteiten zijn des te meer van belang gezien het feit dat er steeds vaker sprake is van 'asymmetrische' en niet-traditionele oorlogsvoering van een conventioneel leger met moderne technologie tegen opstandelingen. Kenmerkend hiervoor is dat de opstandelingen – bestaande uit irreguliere, vaak ongedisciplineerde strijders onder leiding van *warlords* – niet als combattanten herkenbaar zijn en operaties uitvoeren die niet voldoen aan de regels van humanitair oorlogsrecht, zoals het plaatsen van bermbommen.

Het maken van dit onderscheid tussen burgers en militairen is dus in hoge mate contextafhankelijk (Fielding, 2006). Zo mag een persoon die door een militaire robot als combattant herkend wordt, geen doelwit meer zijn als hij de intentie heeft om zich over te geven of zwaargewond is. Geconcludeerd wordt dan ook door menig wetenschapper dat tenzij er zeer opmerkelijke doorbraken komen in het onderzoek omtrent kunstmatige intelligentie, de menselijke tussenkomst of *man-in-the-loop* noodzakelijk zal blijven om aan de criteria van het internationale humanitaire oorlogsrecht te voldoen (zie ook Gulam & Lee, 2006; Fitzsimonds & Mahnken, 2007; Kenyon, 2006; Sparrow, 2009). Hetzelfde geldt voor de beginselen 'proportionaliteit' en 'norm van het dubbel effect'. Er bestaat (nog) geen algoritme om te bepalen of de aangerichte schade in verhouding staat tot het bereikte voordeel. Ook dit vereist *situational awareness* en menselijke oordeelsvorming, volgens deze wetenschappers.

Een oplossing voor het omzeilen van deze problemen van autonome en zelflerende bewapende militaire robots is het uitsluiten van de mogelijkheid dat ze burgers kunnen aanvallen. Bijvoorbeeld door ze te laten patrouilleren in een bepaald oorlogsgebied (de zogeheten 'kill boxes'), afgeschermd van burgers, waarbij burgers duidelijk vooraf zijn gewaarschuwd dat gebied niet te betreden. Een voorbeeld van deze toepassing is de gedemilitariseerde zone tussen Noord- en Zuid-Korea, waar robots autonoom indringers kunnen neerschieten.

Het probleem van deze benadering is dat het gebruik van bewapende militaire robots zeer ingeperkt wordt als ze niet in de buurt mogen komen van burgers. Canning (2006) verdedigt een andere versie van deze benadering, waarin robots zo worden geprogrammeerd dat ze geen vijandige strijders aanvallen maar alleen vijandige wapensystemen, waardoor de kans op burgerslachtoffers wordt geminimaliseerd. Echter, in veel omstandigheden kan dit tot problemen leiden, zoals bij lokale stamleden

in Afghanistan, die in de praktijk een wapen dragen en daardoor moeilijk zijn te onderscheiden van bewapende vijandige opstandelingen. Daarbij kan een aanval op een vijandig wapensysteem disproportioneel zijn door bijkomende schade van burgerslachtoffers.

Dat autonome militaire robots niet perfect het onderscheid kunnen maken dat nodig is voor het discriminatiebeginsel en proportionaliteitsbeginsel, hoeft volgens Arkin nog geen reden te zijn om de robot zijn intrede op het slagveld te verbieden (Klomp, 2009). Ook mensen maken fouten bij militaire operaties, zeker als ze worden blootgesteld aan enorme stress. Arkin ziet in de verre toekomst mogelijkheden voor autonome robots die door betere doelherkenningsalgoritmen voldoende betrouwbaar worden om burgers van combattanten te onderscheiden. Volgens Arkin (2010) zal de militaire robot de menselijke militair gaan overtreffen bij het nemen van (morele) beslissingen en dus minder fouten maken. Hij is ook van mening dat dit een afdoende reden is om bewapende militaire robots in te zetten bij militaire operaties. Dit argument kampt echter met het probleem van verantwoordelijkheid. Mensen kunnen ter verantwoording worden geroepen. Volgens Robert Sparrow (2007) is de mogelijkheid om iemand moreel of juridisch verantwoordelijk te houden voor een eventueel ongewenst gevolg, een noodzakelijke voorwaarde om te voldoen aan het internationale humanitaire oorlogsrecht. Sparrow motiveert dit als volgt: 'Application of the principles of *ius in bello* requires that we can identify the persons responsible for the actions that these principles are intended to govern.' Nabestaanden van bijvoorbeeld een burgerslachtoffer hebben het recht te weten wat er precies is gebeurd, wat ook inhoudt het recht te weten wie verantwoordelijk is en wat de reden was voor de dood van deze burger.

Dat een robot niet ter verantwoording kan worden geroepen, was een van de belangrijkste redenen dat in 2009 vier vooraanstaande wetenschappers (Noel Sharkey, Peter Asaro, Robert Sparrow en Jürgen Altmann) de commissie *International Committee for Robot Arms Control* (ICRAC) hebben opgericht. De commissie wil het gebruik van bewapende robots voor militaire doeleinden zo veel mogelijk beperken.<sup>9</sup> Een van de doelstellingen is een verbod op de ontwikkeling en inzet van autonome bewapende robots, omdat de commissie van mening is dat beslissingen over leven en dood nooit door machines gemaakt mogen worden. In 2010 heeft de commissie in Berlijn de expertworkshop *Limiting Armed Tele-Operated and Autonomous Systems* georganiseerd met wetenschappers, politici en militaire afgevaardigden. Daaruit is een verklaring gerold – ondertekend door een grote meerderheid van de aanwezigen – waarin nogmaals de noodzaak tot beperking van bewapende militaire robots en een verbod op autonome bewapende militaire robots worden benadrukt, omdat altijd een mens de beslissing moet nemen over leven en dood: 'That it is unacceptable for

machines to control, determine, or decide upon the application of force or violence in conflict or war. In all cases where such a decision must be made, at least one human being must be held personally responsible and legally accountable for the decision and its foreseeable consequences.”<sup>10</sup>

### 6.5.2 Productaansprakelijkheid

Wie moeten we ter verantwoording roepen voor onrechtmatig gedrag of ongeoorloofde schade veroorzaakt door een militaire robot? De ontwerpers/programmeurs, de fabrikant, de bevelvoerende officier, het ministerie van Defensie of de robot zelf? Voorbeelden van dit soort onvoorzienbare problemen zijn al ontstaan. Zo doodde een defecte bewapende militaire robot, ingezet door het Zuid-Afrikaanse leger in 2007, negen eigen militairen en verwonde hij veertien anderen (Shachtman, 2007). Daarnaast verhoogt ‘de race naar de markt’, opgelegd door het Amerikaanse ministerie van Defensie, het risico op een ondeugdelijk ontwerp of een ondeugdelijke programmering van militaire robots. Deze risico’s worden door beleidsmakers en wetenschappers veelal onderschat ten gunste van andere belangen: ‘Public policy needs to recognize these dangers but to address them in a manner that does not unduly hold back research that could bring dramatic new capabilities to the market place and further national security’ (Carafano & Gudgel, 2007).

Sparrow (2007) is van mening dat bij een onvoorzienbaar defect aan of fout van een bewapende militaire robot met fatale gevolgen dit niet in redelijkheid aan iemand is toe te rekenen. Onder een fout verstaan we dat een autonome militaire robot een beslissing heeft genomen in strijd met het internationale humanitaire oorlogsrecht. Het argument van Sparrow dat de ontwerpers alleen verantwoordelijk gehouden kunnen worden voor zo’n fataal gevolg als ze nalatig zijn geweest en als ze de koper onvoldoende hebben geïnformeerd over de risico’s, is niet geheel overtuigend. Ontwerpers hebben een morele verantwoordelijkheid voor veiligheid. Deze verantwoordelijkheid kan concreet inhoud worden gegeven door het *voorzorgsprincipe*. Het voorzorgsprincipe werd aanvankelijk voorgesteld om met milieuproblemen om te gaan. Het is echter breder toepasbaar en geschikt voor situaties waarin de risico’s niet geheel bekend zijn omdat we over onvoldoende wetenschappelijke kennis beschikken. Het voorzorgsprincipe stelt namelijk dat er (voorzorgs)maatregelen genomen moeten worden als er aanwijzingen zijn voor een bepaald risico, terwijl dat risico toch niet volledig wetenschappelijk aangetoond kan worden. Toegepast op techniek betekent het principe dat diegenen die een nieuwe techniek introduceren, moeten bewijzen, of ten minste aannemelijk maken, dat de risico’s en mogelijke gevaren van die techniek acceptabel zijn (Van de Poel & Royakkers, 2011). Nu is het vaak nog zo dat de tegenstanders van een techniek geacht worden te bewijzen dat er onacceptabele risico’s of gevaren zijn. Het voorzorgsprincipe draait deze bewijslast om.

De risico's van een bewapende militaire robot zijn moeilijk te bepalen omdat de benodigde software wordt geschreven door een heel team, waardoor geen van de individuele programmeurs het hele programma kent (Kurzweill, 2005). Veel aandacht moet dus worden besteed aan het minimaliseren van de faalkans van militaire robots, zodat een verantwoord gebruik van militaire robots tot de mogelijkheden behoort. De faalkans kan bijvoorbeeld verkleind worden door op basis van zogenaamde fouten- en gebeurtenisbomen na te gaan welke onderdelen of gebeurtenissen het meest cruciaal zijn voor het verkleinen van het risico. Hierbij wordt vaak gebruikgemaakt van *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), waarbij wordt nagegaan hoe het systeem reageert op elke gebeurtenis of een combinatie van gebeurtenissen. Mocht er toch iets misgaan, dan bestaan er verschillende mogelijkheden om de uiteindelijke negatieve effecten te beperken. Zo kan het falen van een component of subsysteem worden opgevangen door dergelijke systemen redundant (dubbel) te ontwerpen, of dat bij een defect het systeem in zijn 'stand-by'-stand springt of zichzelf uitschakelt. In het geval van het ernstige incident met de defecte bewapende militaire robot van het Zuid-Afrikaanse leger in 2007 zouden de ontwerpers in ieder geval moreel verantwoordelijk kunnen worden gehouden als ze – in redelijkheid – niet alles in het werk hebben gesteld om de robot zo veilig mogelijk af te leveren.

De productveiligheid van militaire robots zou net als bij de andere typen robots in dit boek ook juridisch eenvoudig kunnen worden vastgelegd door expliciete internationale veiligheidsrichtlijnen. Militaire robots zouden moeten worden voorzien van een keurmerk alvorens ze kunnen worden ingezet, zoals dat nu het geval is voor industriële robots. Voor het toepassen van industriële robots zijn internationaal veiligheidsnormen opgesteld. De NEN-EN-ISO-norm 10218 bijvoorbeeld, gaat specifiek in op een inherent veilig ontwerp, de constructie, de beveiligingsmaatregelen en de gebruiksinformatie van deze robots. In deze norm worden de basisgevaren, verbonden aan het gebruik van de robots, beschreven en wordt aangegeven aan welke eisen dient te worden voldaan om de risico's te minimaliseren (Stuurman, 2009). Internationale juridische veiligheidsrichtlijnen kunnen voorkomen dat, door te toenemende druk op het ontwikkelen en implementeren van bewapende militaire robots vanwege bijvoorbeeld de opgelegde tijdslimieten in de begrotingswetgeving van de VS (National Defense Authorization Act 2000), het veiligheidsaspect veronachtzaamd wordt (Lin, Bekey & Abney, 2008).

De verantwoordelijkheid van de producent van bewapende militaire robots is gebaseerd op de *het principe van redelijke zorg*. Dit houdt in dat de producent militaire robots pas op de markt kan zetten als hij ervan overtuigd is dat de hiervoor genoemde veiligheidsrichtlijnen zijn nageleefd. Van een juridisch vacuüm rondom dit verantwoordelijkheidsvraag-



stuk – zoals Sparrow (2007) beweert – is bepaald geen sprake (Stuurman, 2009; zie ook Asaro, 2007). De wetgeving over de productaansprakelijkheid gebaseerd op het principe van redelijke zorg is als basis voldoende om te bepalen of een producent juridisch verantwoordelijk gehouden kan worden voor de schade die veroorzaakt wordt door een defect of tekortkoming aan een militaire robot. De invulling van het principe van redelijke zorg en het voorzorgsprincipe zal echter concreter moeten worden uitgewerkt via internationale wetgeving.

Mocht er toch een fatale gebeurtenis plaatsvinden vanwege een defecte bewapende militaire robot, dan is volgens Krishnan de enige oplossing het simpelweg onmiddellijk terugroepen van alle bewapende militaire robots van dat type: 'If the weapon is not withdrawn from service, it can only be interpreted as a failure of politics and maybe as a war crime or crime against humanity committed by the political leadership of a state' (Krishnan, 2009).

Ontwerpers en producenten kunnen dus verantwoordelijk gesteld worden voor defecte militaire robots, maar ze kunnen niet verantwoordelijk gehouden worden als het om fatale gevolgen gaat die begaan worden door een fout van een zelflerende militaire robot, omdat, volgens Sparrow (2007), de beslissingen die deze robots maken onvoorspelbaar en onvoorzienbaar zijn, en zonder tussenkomst van de mens. De ontwerpers en producenten hebben dus geen controle over de beslissingen en de gevolgen van deze beslissingen van de robots. De controle verschuift dan naar de robot zelf, maar het is onzinnig om de robot verantwoordelijk te houden.<sup>11</sup>

De ontwikkeling van deze zelflerende bewapende militaire robots zal leiden tot een 'responsibility gap' (Matthias, 2004). Deze kloof kan niet worden overbrugd zonder het internationale humanitaire oorlogsrecht te schenden, omdat niemand rechtvaardig verantwoordelijk gehouden kan worden voor het gedrag van deze robots. Hoewel het nog enige tientallen jaren zal duren alvorens de zelflerende bewapende militaire robots hun intrede kunnen doen op het slagveld, zal vanwege de onmogelijke toekenning van verantwoordelijkheid de internationale gemeenschap deze robots wettelijk moeten verbieden, aldus verschillende wetenschappers (zie onder andere Asaro, 2007; Singer, 2009a; Sharkey, 2008a; Sparrow, 2007).

### **6.5.3 Proliferatie van bewapende militaire robots**

De eerste tekenen van een internationale wapenwedloop op militaire roboticatechnologie zijn reeds zichtbaar. Over de hele wereld wordt veel geld geïnvesteerd in de ontwikkeling van bewapende militaire robots, zoals in de Verenigde Staten, Groot-Brittannië, Canada, China, Zuid-Korea, Rusland, Israël en Singapore. De proliferatie naar andere landen,

zoals de overdracht van roboticatechnologie, materiaal en kennis, is vrijwel onontkoombaar. Dat komt doordat, in tegenstelling tot andere wapensystemen, het onderzoek en de ontwikkeling van bewapende militaire robots vrij transparant en toegankelijk zijn. De roboticatechnologie is relatief eenvoudig te kopiëren en de benodigde apparatuur voor bewapende militaire robots is gewoon te koop en niet al te duur (Horton, 2009; Singer, 2009b).

### Kader 6.3 Amerikaanse drone in Iraanse handen

Eind 2011 is een Amerikaanse RQ-170 Sentinel-spionagetoestel, een onbemand *Stealth*-vliegtuig (onzichtbaar voor de radar) dat tot 2009 geheim was, vrijwel intact in handen gevallen van Iran. Iran weigert het toestel terug te geven en heeft aangekondigd de *stealth*-technologie en -software te gaan kopiëren. Peter Singer zegt hierover: 'Ik denk dat de vluchten van Moskou en Peking naar Teheran deze week flink vol zijn', wetende dat met behulp van Rusland of China het daadwerkelijk mogelijk is om een RQ-170 Sentinel na te bouwen. Bovendien gist het Pentagon nog over de vraag waarom het toestel uit koers is geraakt. Zo wordt gespeculeerd dat de besturing van de RQ-170 Sentinel door Iran is ontregeld met behulp van een cyberaanval.

Bron: *De Volkskrant* (15 december 2011), Kritiek in VS: Drone had snel moeten worden vernietigd.

Daarnaast is veel roboticatechnologie in feite een 'open source'-technologie, en is het een zogenaamde *dual use*-technologie: een technologie die toekomstige en potentiële toepassingen heeft voor zowel de militaire als de civiele markt. Een gevaar is dat bepaalde commerciële robotapparaten, die in de toekomst te koop zijn, relatief eenvoudig kunnen worden getransformeerd tot robotwapens.

De kans is dan ook groot dat instabiele landen en terroristische organisaties bewapende militaire robots gaan inzetten. Singer (2009a) vreest dat bewapende militaire robots wel eens hét strijdmiddel kunnen worden van etnische rebellen, fundamentalisten en terroristen. Ook Noel Sharkey (2008c) voorspelt dat het niet lang hoeft te duren alvorens een robot de plaats zal innemen van een zelfmoordterrorist. Volgens Sharkey (2008c) is 'de geest al uit de fles'. Internationale regelgeving over het gebruik van bewapende militaire robots zal dit probleem niet kunnen verhelpen, omdat terroristen en opstandelingen zich niets aantrekken van internationaal humanitair oorlogsrecht.

Een belangrijk instrument om de proliferatie van bewapende militaire robots in te dammen is uiteraard beheersing van deze robots door mondiaal wapenbeheersingsverdragen. Een groot probleem daarbij is dat

belangrijke grootmachten zoals de VS en China, geen partij zijn in deze verdragen. Daarnaast is wetgeving in VN-verband nodig op het gebied van export van bewapende militaire robots, het bestrijden van illegale handel van bewapende militaire robots en het instellen van licenties voor handelaren in bewapende militaire robotica technologie.

Een ander gevaar is dat militaire robots gehackt kunnen worden of besmet kunnen raken met een virus. In oktober 2011 zijn Amerikaanse Predators en Reapers geïnfecteerd geraakt met een virus (Shachtman, 2011). Dit virus deed niets anders dan keyloggen: het legt alle commando's vast die de gevechtsvliegtuigen krijgen en sturen die naar elders door. Ernstig was het niet, maar het gevaar van dergelijke virussen kunnen immens zijn. Door middel van hacken zouden anderen eventueel de onbemande gevechtsvliegtuigen kunnen overnemen, of virussen kunnen de robots zo ontregelen dat ze onbestuurbaar worden en ongewenste acties zouden kunnen gaan uitvoeren.

## 6.6 Slotbeschouwing

### **'Robots tenzij'**

Nederland is een kleine speler in het veld van de militaire roboticaontwikkeling. Wel is Defensie geïnteresseerd in de robotisering van het leger, getuige – ondanks de bezuinigingen – de aanschaf van vier onbemande vliegtuigen. Daarnaast vindt het principe 'robots tenzij', genoemd in een motie van Tweede Kamerlid Hernandez (ingediend in november 2011), volgens de minister van Defensie al ondersteuning in het beleid bij Defensie.<sup>12</sup> De voordelen van militaire robots worden voor het Nederlandse leger vooral gevonden bij het uitvoeren van *dull, dangerous and dirty* taken, zoals 'klokrond' optreden, het detecteren van berm bommen, het uitvoeren van verkenningen, compoundbewaking en het verbeteren van *situational awareness*. Onbewapende militaire robots zijn hiervoor prima geschikt en bovendien roepen ze geen ernstige ethische vragen op. We steunen dan ook het principe van Hernandez betreffende robots die onbewapend zijn. Bewapende robots, zoals het onbemande voertuig SWORDS en het onbemande gevechtsvliegtuig Predator, daarentegen roepen allerlei maatschappelijke en ethische vragen op die van belang zijn bij een verantwoorde inzet van deze wapens.<sup>13</sup>

### 6.6.1 Verwachtingen

#### **Een verdere robotisering van oorlog voeren**

De robotisering is een technologische ontwikkeling die van grote invloed is op hedendaagse militaire operaties, en wordt dan ook gezien als een nieuwe militaire revolutie. Inmiddels zijn militaire robots niet meer weg

te denken uit de militaire context. Op dit moment zijn tienduizenden militaire robots operationeel, voornamelijk onbewapend. Tegenwoordig worden er constant nieuwe robotica-toepassingen gezocht en ontwikkeld voor het uitvoeren van *dull, dangerous and dirty* taken en het verbeteren van *situational awareness*, zoals de spinrobot.

De laatste tien jaar is de bewapende militaire robot in opmars. Vanaf 2009 worden er meer piloten (*cubicle warriors*) voor bewapende onbemande vliegtuigen opgeleid dan gevechtspiloten. De verwachting is dan ook dat onbemande vliegtuigen steeds meer de bemande vliegtuigen gaan vervangen, en op middellange termijn zelfs bemande vliegtuigen overbodig maken. Daartoe zijn nog enkele technologische ontwikkelingen nodig, zoals de ontwikkeling van zelfbeschermingsmiddelen voor onbemande systemen, zodat ze minder kwetsbaar zijn, en de ontwikkeling van *sense and avoid*-systemen, zodat ze veilig kunnen worden bestuurd in het civiele luchtruim. Op korte termijn verwachten we ook de introductie van de bewapende landrobots op het slagveld. Deze zijn reeds ontwikkeld, maar nog met weinig succes ingezet in conflictgebieden.

### ***Van in-the-loop naar out-the-loop***

Een trend die we waarnemen in de militaire robotica-ontwikkeling is dat er een verschuiving plaatsvindt 'from *in-the-loop* to *on-the-loop* to *out-the-loop*'. We hebben gezien dat de *cubicle warrior* steeds vaker een meer toezichthoudende dan controlerende rol krijgt toebedeeld. De volgende stap zou zijn dat de *cubicle warrior* helemaal overbodig wordt en de militaire robot autonoom functioneert. De autonome robot staat hoog op de Amerikaanse militaire agenda, en de Amerikaanse luchtmacht gaat ervan uit dat rond 2050 volledige autonome onbemande vliegtuigen ingezet kunnen worden. Gezien de huidige ontwikkelingen en investeringen in de militaire robotica-technologie lijkt deze voorspelling van de Amerikaanse luchtmacht geen utopie te zijn, maar een reëel toekomstbeeld. Een toekomst waarbij de automatisering van de dood realiteit wordt.

## **6.6.2 Maatschappelijke en ethische kwesties**

### ***Misbruik en proliferatie***

Het grootste maar meest onderschatte probleem is de proliferatie van bewapende militaire robots. Bewapende militaire robots zijn relatief goedkoop en eenvoudig te kopiëren en de eerste tekenen van een wapenwedloop zijn reeds zichtbaar. De gedachte dat terroristen of fundamentalisten ze kunnen gaan gebruiken als hét strijdmiddel is zeer verontrustend. Zo schetst de Amerikaanse onderzoekster en voormalig gevechtspilote Mary Cummings het doemscenario van een klein onbemand vliegtuig dat in een terroristische actie een biologisch wapen boven een sportstadion naar beneden werpt (Homan, 2011). Daarnaast schuilt

er een gevaar in dat deze onbemande systemen gehackt kunnen worden, waardoor videobeelden kunnen worden onderschept door vijandige troepen, zoals in 2009 de Irakezen deden met een Amerikaanse Predator (Gorman, Dreazen & Cole, 2009), of zelfs kunnen worden overgenomen door vijandige troepen.

### **Verlies aan draagkracht**

Hoewel bewapende militaire robots door hun robotica-precisie veel nauwkeuriger hun doelwit kunnen treffen, kan het uiteindelijk leiden tot meer slachtoffers omdat ze veel sneller en vaker worden ingezet (ook bij civiele locaties). Daarnaast wordt de inzet van bewapende onbemande systemen vaak als laf beschouwd door de plaatselijke bevolking, en elk civiel slachtoffer van zo'n systeem wordt door opstandelingen gebruikt voor propaganda. Dit alles leidt tot verlies aan draagkracht bij de plaatselijke bevolking, terwijl die draagkracht juist essentieel is om een goede bijdrage te leveren aan bijvoorbeeld het stabiliseren van een conflictsituatie (zie bijvoorbeeld Khan, 2011).

### **Dehumanisering**

Tele-geleide bewapende militaire robots worden op afstand bediend door operators, de zogeheten *cubicle warriors*. Omdat dit werk psychologisch gezien zeer stressvol kan zijn, wordt er gedacht aan interfaces die slechts abstracte en indirecte beelden tonen van de vijand en militaire doelen (Royakkers & Van Est, 2010). Het gevolg van deze dehumanisering is dat er een morele en emotionele afstand ontstaat tussen een fatale actie en de implicatie van die actie, waardoor de operator ongevoelig wordt voor de gevolgen van zijn beslissingen. Hierdoor kan er door de operator geen ethische reflectie van zijn beslissing plaatsvinden. Willen we dat operators beslissingen nemen over leven en dood alsof ze een videospelletje spelen? De uitdaging voor ontwerpers is om een interface te ontwikkelen die enerzijds stress reduceert en anderzijds het probleem van de morele afstand ondervangt, waardoor operators hun keuzes bij volle bewustzijn kunnen nemen en ze daadwerkelijk verantwoordelijk, zowel moreel als juridisch, kunnen worden gehouden voor hun beslissingen (zie ook Asaro, 2009).

### **Autonomie**

Een belangrijke vraag met betrekking tot bewapende onbemande systemen is of ze zelfstandig (dus autonoom) mogen beslissen over dodelijk geweld. Deze automatisering van de dood roept uiteraard ethische vragen op. Kunnen autonome militaire robots voldoen aan het proportionaliteits- en discriminatiebeginsel? Het voldoen aan deze beginselen vergt in veel gevallen inlevingsvermogen en *situational awareness*. Een tele-geleide militaire robot kan een operator hierbij behulpzaam zijn vanwege zeer geavanceerde sensoren, maar het lijkt onhaalbaar dat een militaire

robot de komende tien jaar dit vermogen tot inleven en *common sense* zelf gaat bezitten. Enkele wetenschappers vragen zich af of dit überhaupt mogelijk zal zijn vanwege de dynamische en complexe omgeving waarin deze autonome robots zullen moeten opereren (zie o.a. Sharkey, 2008b).

Een ander probleem met autonome robots is het vraagstuk waar de verantwoordelijkheid berust in geval van onbedoelde of onwettige schade of andere negatieve gevolgen. Volgens Homan (2011) kunnen robots nooit de mens ontheffen van zijn verantwoordelijkheid om ethische beslissingen te nemen in een tijd van oorlog. Hij is dan ook van mening dat autonome bewapende robots verwerpelijk zijn: 'Een actie die zo ernstig is in zijn gevolgen mag niet overgelaten worden aan autonome bewapende machines. Oorlog is fundamenteel een sociaal probleem die menselijke oplossingen vereist.' Sparrow (2007) stelt dat autonome bewapende robots in strijd zijn met het internationale humanitaire oorlogsrecht, omdat het noodzakelijk is om een mens verantwoordelijk te kunnen houden voor eventuele ongewenste gevolgen.

### 6.6.3 Regulering

#### ***Werk aan internationaal verbod op autonome bewapende robots***

Van belang is dat de mens altijd *in-the-loop* blijft en de beslissing neemt over leven en dood, omdat er dan altijd iemand verantwoordelijk gehouden kan worden voor een ongewenst gevolg, wat een noodzakelijke voorwaarde is van het internationale humanitaire oorlogsrecht. Het zou daarom wenselijk zijn om te komen tot een internationaal verbod op autonome bewapende militaire robots. Dit zal echter snel moeten gebeuren, omdat de tendens is dat de 'man-in-the-loop' steeds verder wordt uitgehouden en dat de technologie zich zeer snel ontwikkelt in de richting van autonome robots.

Of zo'n verbod haalbaar is, hangt voornamelijk af van de opstelling van de VS, die hun zinnen hebben gezet op juist dit type robot. Het is daarom van groot belang dat de andere NAVO-landen en de Verenigde Naties de VS aan de onderhandelingstafel krijgen. Dit zal niet eenvoudig zijn, omdat de VS met enige regelmaat dit soort ontwikkelingen frustreren (Homan, 2005). Dit blijkt bijvoorbeeld uit het feit dat de VS geen partij zijn in de wapenbeheersingsverdragen en geen partij zijn bij het Statuut van het Internationaal Strafhof. Dit Hof is bevoegd in strafzaken op het gebied van genocide, misdrijven tegen de menselijkheid en oorlogsmisdrijven.

#### ***Indammen van proliferatie van bewapende militaire robots***

Het indammen van de proliferatie van bewapende militaire robots door mondiale wapenbeheersingsverdragen is een noodzakelijke voorwaarde waaraan moet worden voldaan alvorens bewapende militaire robots op

een verantwoorde wijze verder ontwikkeld kunnen worden en ingezet kunnen worden bij militaire operaties. De gevolgen van bewapende militaire robots in het bezit van fundamentalisten of terroristen zouden wel eens verwoestend kunnen zijn, waarbij de impact van de bermbom in het niet valt.

### **Breed internationaal debat over de gevolgen van militaire robotica**

Voor de ontwikkeling van de militaire robotica-technologie is een breed internationaal debat over de verantwoordelijkheden van overheden, bedrijfsleven, de wetenschappelijke gemeenschap, juristen, non-gouvernementele organisaties en andere belanghebbenden noodzakelijk. Een dergelijk debat is door de snelle ontwikkeling van de militaire robotica tot nu toe uitgebleven. Dat dit noodzakelijk is blijkt wel uit de hedendaagse technologische ontwikkelingen van de militaire robotica, die niet altijd te kwalificeren zijn als ethisch verantwoord. De inzet van bewapende militaire robots gaat de hele wereld aan, en het is dan ook van belang dat alle betrokkenen met verschillende belangen en opvattingen met elkaar in debat gaan (zie ook Marchant, Allenby & Arkin, 2011). Uitgangspunt van zo'n debat moet zijn het ontwikkelen van gemeenschappelijke juridische en ethische principes voor een verantwoorde inzet van bewapende militaire robots.

### **Nederland**

Nederland zal rond 2015 vier onbemande vliegtuigen kopen. Uit het rapport *Operationele behoeftestelling* (Oudelaar, 2011) en de kamerbrief *Behoeftestelling project MALE UAV*<sup>14</sup> van de minister van Defensie kunnen we afleiden dat Nederland waarschijnlijk vier Reapers gaat aanschaffen. In feite zijn deze onbemande systemen ontwikkeld voor gevechtsoperaties, maar ze kunnen ook gebruikt worden voor verkenningsmissies. Hoewel er andere, veel minder dure onbemande verkenningsvliegtuigen te koop zijn die voldoen aan de eisen die het ministerie van Defensie stelt, is de keuze voor een aanvalsvliegtuig te verklaren uit het volgende argument uit voornoemde Kamerbrief: 'Indien in de toekomst alsnog een behoefte als wapendragers wordt geformuleerd, moet deze met het aan te schaffen systeem eenvoudig kunnen worden vervuld.' De Nederlandse overheid kan zich houden aan het principe 'robotisering tenzij', maar zolang deze robotisering robots betreft die onbewapend zijn. Bewapende robots brengen de hiervoor genoemde maatschappelijke en ethische issues mee, die goed moeten worden doordacht alvorens deze robots daadwerkelijk worden ingezet.

Nederland ziet met name het belang in intelligence, surveillance and reconnaissance (ISR) voor troepen op de grond: het verkennen van routes, het verkennen van objecten, het onder waarneming houden van bepaalde naderingen en het patrouilleren. Dit roept de vraag op of we

überhaupt moeten overgaan tot de aanschaf van de zeer dure F-35 Joint Strike Fighters (JSF's), goedkopere onbemande systemen kunnen deze ISR taken immers ook vervullen (zie ook: Homan, 2009, p.6). Zeker nu de technologische ontwikkelingen zo snel gaan, is de JSF als hij van de band rolt na 2020 waarschijnlijk al verouderd. Die miljarden kunnen beter gestoken worden in onbemande systemen, waardoor het principe 'robotisering tenzij', dat reeds beleid is, ook daadwerkelijk kan worden uitgevoerd omdat de overheid dan over de financiële middelen bezit. De JSF is de beoogde opvolger van de F-16. De vraag is echter of Nederland over tien jaar nog bemande militaire systemen in de lucht nodig heeft, omdat de behoefte om deze systemen in te zetten dan ook bewerkstelligd kan worden door onbemande systemen. Uit het proefschrift van Kreemers (2009) blijkt dat de F-16 nog veel langer meekan (tot 2022) dan door Defensie wordt beweerd (tot 2014), waardoor de noodzaak om tot aanschaf van de JSF over te gaan minder urgent is.<sup>15</sup>





## **‘Als je niet aanhaakt, haak je af’**

**Marcial Hernandez, Tweede Kamerlid en  
voormalig landmachtofficier**

Met robots en andere onbemande systemen kan de Nederlandse defensie haar slagkracht behouden ondanks de drastische bezuinigingen, hoopt PVV-Kamerlid en voormalig landmacht-officier Marcial Hernandez. ‘Risico’s? Risico’s zijn eigen aan de krijgsmacht. Als je niets doet, is het ook niet goed.’

‘Ik verwacht dat het gebruik van robotica op defensiegebied alleen maar zal toenemen. Je ziet dat in de VS en elders nu al gebeuren, in alle krijgsmachtonderdelen. Wat mijn partij betreft, zet ook Nederland daar flink op in.

Voor de marine bestaan nu al onbemande patrouilleboten. Die varen van het ene ingeprogrammeerde *waypoint* naar het volgende, en als ze iets waarnemen kunnen ze de koers verleggen om poolshoogte te nemen. Zien ze een dreiging, dan geven ze een signaal aan de controlekamer, die dan kan besluiten om bijvoorbeeld te schieten of het waterkanon in te zetten. Israël gebruikt zulke systemen al een aantal jaren.

De VS ontwikkelen nu onbemande onderzeeërs. Die zullen in staat zijn 28 dagen lang autonoom te opereren. Ze kunnen onbemand de oceaan oversteken, een rivier opvaren, een bepaalde haven opzoeken, die helemaal scannen en de beelden doorsturen naar het commandostation in de VS. Als de Amerikanen daar dan later aan land willen gaan, hebben ze al een volledig plaatje. Die onderzeeërs zijn niet groter dan deze vergader-tafel: bijna niet waar te nemen voor de vijand.

Wat de luchtmacht betreft zie je dat de VS onbemande vliegtuigen testen die binnen een uur naar de andere kant van de wereld kunnen vliegen. Over tien jaar zijn die operationeel, denk ik. Die zullen de Amerikanen voor zichzelf houden, om hun dominantie te handhaven. Kijk je wat verder vooruit, twintig of dertig jaar, dan verwacht ik volledig autonome gevechts-vliegtuigen. Die zullen zelfs meer kunnen dan de huidige bemande toestellen, bijvoorbeeld steilere bochten draaien, omdat je geen rekening hoeft te houden met de fysiek zwakste schakel, namelijk de piloot. Ik denk dat je veilig kunt voorspellen dat het toestel dat de F-16 opvolgt, het laatste bemande gevechtsvliegtuig zal zijn.

En ook voor de landmacht wordt robotica belangrijk. Israël gebruikt al onbemande patrouillevoertuigen vol gevoelige sensoren, in de VS bestaan prototypes van een soort robothond, *Big Dog*, die bagage kan dragen voor militairen. Ook verwacht ik dat er ‘robotkostuums’ komen, waar-

mee soldaten veel fitter op hun bestemming komen doordat hun lichaam hydraulisch ondersteund wordt.'

### **Piraterij en 'robots, tenzij'**

'Robots en andere onbemande systemen hebben allerlei voordelen. Sowieso kunnen ze allerlei dingen die wij niet kunnen. Scherper kijken, bijvoorbeeld, of warmte waarnemen, zodat ze kunnen zien met welk vuurwapen net geschoten is. En ze kunnen het langer volhouden. Bovendien zijn ze op lange termijn goedkoper dan de huidige systemen. Ze zijn nu wel duur in de aanschaf, maar als het gebruik toeneemt en de techniek beter wordt, zullen de prijzen dalen, net zoals platte televisies de laatste jaren goedkoper én beter zijn geworden. Sowieso moet je kijken naar de kosten over de totale levenscyclus van een systeem, van begin tot eind. De huidige systemen hebben hogere personeels- en onderhoudskosten. Nu er zo zwaar bezuinigd wordt op de strijdkrachten, is de inzet van robots en onbemande systemen een goede manier om slagkracht te behouden. Vandaar mijn pleidooi in de Kamer om bij nieuwe materieelinvesteringen het uitgangspunt "robots, tenzij" te hanteren.

Een ander voordeel is dat je met de inzet van robotsystemen mensenlevens kunt sparen. De mens is kwetsbaar en vaak niet te herstellen als hij beschadigd wordt, een robot wel. Ik verwacht dat de mens daarom verder van de gevechtshandelingen verwijderd zal raken en meer in een rol van onderhandelaar en bedienaar gedrukt wordt. Robotsystemen zullen dan het zware, moeilijke werk kunnen doen, beter dan wij nu kunnen. Neem bijvoorbeeld de piraterij, een groot probleem voor de koopvaardij. Daar zou je onbemande systemen heel goed voor kunnen inzetten. Een fregat is een klein object op een hele grote zee. Zo'n fregat zou de basis kunnen zijn voor een groot aantal onbemande systemen, die je alle kanten op stuurt. Onbemande boten, die maar eens in de twee dagen hoeven bij te tanken, en onbemande vliegtuigen. Daarmee zou je je aanwezigheid en waarneming enorm vergroten en je kunt een groot gebied bestrijken. Stel, een van die vliegtuigen neemt ergens een handeling van piraten waar en je hebt daar zo'n onbemand systeem dobberen, dan kun je dat er snel opaf sturen, terwijl dat fregat wel 100 kilometer verderop kan liggen. Dan kiezen die piraten al heel snel eieren voor hun geld.'

### **Nederlandse satellieten**

'Of er risico's zijn... Risico's is misschien een groot woord. Maar goed, alles wat van computers afhankelijk is, is natuurlijk wel kwetsbaar voor digitale aanvallen. Anderzijds, risico's zijn eigen aan de krijgsmacht. En als je niets doet, is het ook niet goed. Je zult iets moeten: het heeft de toekomst, en als je niet aanhaakt, haak je af. Zelfs Hezbollah gebruikt al onbemande vliegtuigjes, al zijn het dan primitieve. Willen we onze voor-sprong vasthouden, dan moeten we mee. Zelfs China kan het westen qua militaire technologie nog niet bijbenen. Kijk naar de *stealth*-technologie:

de Amerikanen hebben die al twintig jaar, maar de Chinezen ontwikkelen die nu pas, en dan waarschijnlijk nog op basis van een buitgemaakt toestel, dus niet eens echt zelf ontwikkeld.

In Nederland zal Defensie op cybergebied veel deskundigheid in huis moeten halen. En ik pleit ervoor dat Nederland zijn eigen satellieten lanceert, om via goed beveiligde verbindingen contact te houden met die onbemande systemen. Eigen satellieten, ja – dat is een kwestie van soevereiniteit, vinden wij. Volgens de minister zou dat 1,8 miljard kosten, maar ik denk dat dat niet klopt. India gebruikt veel goedkopere minisatellieten, die ze nota bene uit Nederland importeren. Bovendien kunnen ze dual gebruik worden.

Naast de risico's heb je altijd de ethische discussie. Mogen robotsystemen autonoom schieten? Ik denk dat een mens altijd de eindverantwoordelijkheid moet houden, en zeker bij de huidige stand van de techniek. Al kan ik me voorstellen dat je een uitzondering maakt op plekken waar gewoon niemand iets te zoeken heeft, zoals bijvoorbeeld rondom een booreiland van Shell voor de Nigeriaanse kust.

Hoe dan ook, ik vind dat je vanwege het eventuele risico dat er misschien meer burgerslachtoffers gaan vallen, niet op voorhand zulke systemen moet afwijzen. Je moet ze aanschaffen en vervolgens een ethische discussie voeren over het gebruik, over de kaders. Een krijgsmacht is tenslotte het ultieme middel ter verdediging van Nederlandse of bondgenootschappelijke belangen. Het moet geen filantropische instelling zijn die bloemen uitdeelt, putten slaat of moskeeën bouwt.'





# Automatisering van de liefde tot de dood

Tot voor kort werden robots met name ingezet in fabrieken bij het automatiseren van het productieproces. In de jaren zeventig van de vorige eeuw leidde de opkomst van de fabrieksrobot tot veel discussie over de invloed daarvan op de werkgelegenheid. Men vreesde voor massawerkeloosheid. Maar die is er niet gekomen en de discussie lijkt weggeëbd. Het lijkt er eerder op dat robotica onze maakindustrie geholpen heeft om concurrerend te blijven. Toch heeft de robot het werk in talloze fabrieken radicaal veranderd. Dit boek beschrijft de opkomst van de nieuwe robotica, die ons leven reeds op tal van terreinen ingrijpend aan het veranderen is en dat de komende decennia zal blijven doen.

Bij deze nieuwe robotica gaat het niet langer alleen om toepassingen in de fabriek, maar ook om de inzet van robotica in de complexe en ongestructureerde buitenwereld, onze sociale leefomgeving. Het gaat kortom om het automatiseren van tal van menselijke activiteiten, zoals het verzorgen van zieken, het rijden van een auto, het bedrijven van seks en het doden van mensen. De nieuwe robotica gaat dus letterlijk over de automatisering van de liefde tot de dood. Het klinkt wellicht cru, maar het automatiseren van het doden van mensen is technisch gezien makkelijker dan het automatiseren van de liefde, waarbij het zelfs de vraag is of zoiets überhaupt mogelijk is. De nieuwe robotica biedt tal van mogelijkheden om het leven van mensen aangenamer te maken, maar levert tevens maatschappelijk en ethisch gezien tal van lastige kwesties op. De discussie over de toepassing van robotica op het ver gelegen oorlogsslagveld is daarbij zeer actueel, terwijl de inzet van sociale zorgrobots nog niet in het verschiet ligt.

Met name de militaire en autosector zijn sterke drijvende krachten achter de ontwikkeling van deze nieuwe informatietechnologie. In feite zijn ze dat altijd al geweest. De auto-industrie liep voorop bij de invoering van de industriële robot en trekt ook de kar bij het robotiseren van de auto. Het militaire bedrijf, met name in de Verenigde Staten, stond aan de basis van de kunstmatige intelligentie, de computer en het internet en stuwt nu de nieuwe robotica voort. Of beter gezegd, robotica maakt gebruik van bestaande ICT-infrastructuur en betekent tevens een verdere technische evolutie van die netwerken. Het internet krijgt door robotica als het ware 'zintuigen en handen en voeten'. De ontwikkeling van militaire robots heeft logischerwijze direct consequenties voor politierobots, maar ook voor toepassingen in de zorg en thuis. Zeker vanuit technologisch

perspectief hoeft een thuisrobot namelijk niet iets totaal anders te zijn dan een militaire robot. En een autorobot kan niet alleen worden ingezet door burgers om naar vrienden te gaan, maar ook door terroristen om een bomaanslag te plegen. Robotica is zeggend voor meerdere doelen in te zetten.

Aan de nieuwe robotica liggen twee technische streefbeelden voor de lange termijn ten grondslag. Ten eerste de ingenieurswens om machines te bouwen die autonoom kunnen bewegen en handelen in complexe en ongestructureerde omgevingen. Ten tweede de wens om machines te bouwen die sociaal gedrag kunnen vertonen en morele beslissingen kunnen nemen. In hoofdstuk 1 is het idee dat dit technisch binnen enkele decennia mogelijk zal zijn, aangeduid als de 'sterke AI'-visie (AI staat voor *Artificial Intelligence*). Onze verkenning laat zien dat het maar zeer de vraag is of dat ook echt gaat gebeuren. Tegelijkertijd is de 'sterke AI'-visie wel dominant aanwezig in de media en sterk sturend bij het formuleren en publiek financieren van IT-onderzoek.

Maar zeker zo belangrijk is de constatering dat robotisering op elk van de vijf in dit boek onderzochte terreinen reeds in volle gang is en veel economische en maatschappelijke potentie toont. Onze verkenning begon met de thuisrobot en de zorgrobot. Daarna volgden de autorobot en de politierobot en we eindigden zojuist met de militaire robot. We begonnen dus dicht bij huis en bewogen ons vervolgens steeds verder van onze thuis-situatie af. Via de gezondheidszorg, het verkeer en de politieke praktijk eindigden we op het militaire slagveld.

Onze rondgang laat zien dat de nieuwe robotica veel betekenis kan hebben voor deze sociale praktijken. Het staat buiten kijf dat deze technologie de diverse praktijken sterk zal beïnvloeden. Daardoor komen er tevens allerlei maatschappelijk en politiek gevoelige onderwerpen op de politieke en publieke agenda. Zo is de robotisering van het leger volgens generaal-majoor buiten dienst Kees Homan 'de grootste revolutie binnen de krijgsmacht sinds de atoombom' (Dikkenberg, 2010). Ook de robotisering van de auto lijkt voor grote technische en culturele veranderingen op het terrein van de mobiliteit te gaan zorgen. TNO (2008) typeert de opkomst van de autorobot als een 'geleidelijke revolutionaire ontwikkeling'. Voor de politie kan de robot de uitbreiding van het reeds toegepaste grote arsenaal aan surveillancetechnieken betekenen. Domotica en robotica maken zorg op afstand mogelijk en zullen de komende jaren de zorgpraktijk sterk gaan veranderen. Ten slotte wijzen we op het feit dat 'simpele' roboticatechnieken de afgelopen jaren entertainment een ander gezicht hebben gegeven; denk aan de Wii of Kinect. Dergelijke technologische gadgets zullen ons de komende tijd ook nog zeker te wachten staan.



Op basis van de vijf deelverkenningen in dit boek duiden we in dit slot-hoofdstuk de maatschappelijke betekenis van de nieuwe robotica. We beschrijven eerst de technologische mogelijkheden en toekomstige verwachtingen. Daarna geven we een overzicht van de belangrijkste sociale en ethische vragen die de nieuwe robotica met zich meebrengt. Ten slotte benoemen we enkele politieke en bestuurlijke vraagstukken die door de maatschappelijke kwesties op de publieke agenda komen.

### **Kader 7.1      Centrale kenmerken van de nieuwe robotica**

- Deze machines kunnen met een bepaalde mate van autonomie fysieke handelingen verrichten.
- Deze machines spelen een rol binnen een complexe en (in meer of mindere mate) ongestructureerde omgeving en dynamische sociale praktijk.
- Daarbij speelt de interactie tussen omgeving en machine en tussen mens en machine steeds een belangrijke rol.
- Om die interactie mogelijk te maken beschikt de robot over:
  - sensoren, waarmee de omgeving en de mens kunnen worden waargenomen;
  - software, waarmee de robot op basis van de informatie uit de omgeving beslissingen kan nemen;
  - hardware, waarmee een bepaald scala aan handelingen daadwerkelijk uitgevoerd kan worden.

## **7.1 Van internet naar co-robotica**

De technische betekenis van de nieuwe robotica valt wellicht het best te duiden met de begrippen: 'man in the loop', 'man on the loop' en 'man out of the loop'. De 'loop' (lus) verwijst naar het technologisch systeem dat wordt ingezet, in het kort de machine. Bij het uitvoeren van een bepaalde taak, zoals het leveren van zorg, is steeds een centrale vraag: wat is het aandeel van de mens en welk aandeel heeft de machine?

Zoals gezegd is het ultieme ingenieursdoel van de nieuwe robotica het maken van autonome machines. De machine handelt los van de mens. In dat geval spreken we van 'man out of the loop'. Dit is een doelstelling op de zeer lange termijn, die het publieke onderzoek echter reeds nu richting geeft, met name op het gebied van autorobots en militaire robots. Voorlopig gaat het met name om robotsystemen die de gebruiker informeren en hem in staat stellen om beter (op afstand) te handelen. Om de invloed van de nieuwe robotica op de korte en middellange termijn te begrijpen zijn daarom de begrippen 'man in the loop' en 'man on the loop' beter van toepassing. Wanneer een technisch systeem door de mens wordt bestuurd, spreken we van 'man in the loop'. Is er sprake van



de in opkomst zijnde technologische systemen die de menselijke bestuurder steeds meer adviseren over welke handeling verricht dient te worden, dan hebben we het over 'man on the loop'. Onder meer het Amerikaanse *National Robotic Initiative* zet flink in op dergelijke *co-robotica*, waarbij het gaat om het ondersteunen van de gebruiker en niet in eerste instantie om het automatiseren van menselijke taken.

### **De droom van sociaal en autonoom**

Op alle vijf terreinen die in dit boek zijn beschreven, bestaan toekomstbeelden waarin autonoom opererende robots een rol spelen. Het gaat hier om de zogenaamde 'sterke AI'-visie. Autonoom handelen impliceert tevens dat van dergelijke machines verwacht wordt dat ze 'moreel goed' zullen handelen. Autonome militaire robots dienen bijvoorbeeld volgens het humanitaire oorlogsrecht te handelen, en autorobots behoren zich aan de verkeersregels te houden.

Er zijn nu al voorbeelden van autonome robots, zoals de stofzuigrobot en de Google-autorobot. Op enkele uitzonderingen na zullen robots op de korte tot middellange termijn echter nog niet autonoom opereren en nog geen uitgebreid sociaal gedrag vertonen. Op tal van deelgebieden, zoals navigatie, stroomvoorziening en emotieherkenning, zal er echter flinke progressie geboekt gaan worden en tevens tal van roboticatechnieken ingevoerd gaan worden. TNO (2008) verwacht dat er reeds over 25 jaar autonome auto's zullen rondrijden. En de Amerikaanse luchtmacht verwacht dat rond 2050 de eerste autonome bewapende militaire vliegtuigen rond zullen vliegen. Rond die tijd verwachten sommigen tevens menselijke robots die sociaal en emotioneel gedrag vertonen. De organisatoren van de RoboCup denken dat een team van robots in het midden van deze eeuw de wereldkampioen voetbal zal verslaan. En David Levy (2007) verwacht rond 2050 het eerste huwelijk tussen een mens en een robot. Noel Sharkey ten slotte verwacht een mensachtige politierobot in 2084. Het gaat hier echter om koffiedik kijken.

Toch gaat het niet om vrijblijvende futuristische visies, maar om verwachtingen die de huidige technowetenschappelijke agenda's en onderzoeksbudgetten sterk beïnvloeden. De toekomstspeculaties hebben daarom nu reeds een actuele politieke betekenis. Ze geven namelijk accuraat weer wat nu als belangrijke trends en tevens wetenschappelijke en technologische uitdagingen worden gezien: meer autonoom gedrag en de ontwikkeling van kunstmatige sociale en morele intelligentie. Dat geldt voor elk type robot dat we hebben onderzocht. In Japan cultiveren wetenschappers en ingenieurs hand in hand met de media het imago van de multifunctionele menselijke robot, die in de toekomst de menselijke verzorger zal vervangen (Lau, Van 't Hof & Van Est, 2009, p. 42). Zulke ambitieuze doelstellingen, die duidelijk in de categorie 'sterke AI' vallen, blijken succesvol

in het genereren van publieke fondsen voor fundamenteel onderzoek op het gebied van robotica. Met name op het gebied van de militaire robots zien we in Amerika eenzelfde dynamiek. Het Amerikaanse leger wil in het midden van de 21ste eeuw autonome robotlegers en investeert nu reeds miljarden om dat doel, via specifieke deeldoelstellingen, ook echt te gaan halen.

Europa investeert vooral in de ontwikkeling van IT op het gebied van zorg, mobiliteit en de thuissituatie. Vanaf het begin van deze eeuw wordt de agenda op het gebied van IT-onderzoek gedreven door de visie van *ambient intelligence* (Aml). Daarin wordt de mens omringd door 'slimme omgevingen', waarin computers zitten die weten welke persoon, met welke eigenschappen, emoties, behoeften en intenties, aanwezig is. Een intelligente omgeving kan zich daaraan aanpassen, erop reageren en anticiperen. Zo biedt de Aml-visie bijvoorbeeld een nieuwe kijk op de manier waarop we in de toekomst met onze gezondheid omgaan: persoonlijke gezondheidszorg die zo veel mogelijk wordt geautomatiseerd (Schuurman, Moelaert El-Hadidy, Krom & Walhout, 2007). De nadruk binnen de Aml-visie lag oorspronkelijk op informatie, communicatie en amusement. Onder invloed van de robotica is er de laatste jaren meer aandacht voor het automatiseren van fysieke taken. Het ultieme doel is een goed geschoolde robot die de mens bij allerlei dagelijkse klussen kan helpen. Robotica is zodoende een dragend element geworden van de Aml-visie.

Het actieve streven om robotica te ontwikkelen voor de thuissituatie, de zorg, het verkeer, de politie en het leger gaat hand in hand met een nieuw onderzoeks- en dus maatschappelijk doel. Men streeft na dat technologie op den duur steeds meer autonome morele en sociale handelingen zal gaan verrichten. Hiermee wordt een radicaal ontwikkelingspad zichtbaar, namelijk het modelleren, digitaliseren en automatiseren van menselijk gedrag, menselijke beslissingen en menselijk handelen. Sommigen verwachten zelfs dat de robot sommige zaken beter kan dan de mens. Die verwachting is inmiddels gemeengoed daar waar het om autorijden gaat. Op het gebied van het nemen van beslissingen op leven en dood op het slagveld denken sommigen dat robots daar in de toekomst beter toe in staat zullen zijn. Het geven van zorg en het opvoeden van kinderen zien we (nog) als typisch menselijke bezigheden, hoewel een enkeling, zoals de Levy (2007), daar ook anders tegen aankijkt.

### **De realiteit van de co-robotica**

Op het gebied van de mobiliteit en defensie wordt zodoende stevig ingezet op autonome machines, omdat men ervan uitgaat dat die de betreffende taken op den duur efficiënter en effectiever kunnen verrichten. Daar verdwijnt de mens in de toekomst mogelijk 'out of the loop'. Het beeld van de

autonome robot is populair en hardnekkig, maar op de meeste gebieden grotendeels buiten bereik. Neem bijvoorbeeld de huishoudrobot. Al sinds de jaren zestig van de vorige eeuw wordt de doorbraak van de huishoudrobot voorspeld door futurologen. Op een dergelijke doorbraak is echter nog steeds geen zicht. Op de korte en middellange termijn verwachten we geen huishoudrobot die huishoudelijke taken integraal kan overnemen. Daarvoor is de thuisomgeving te complex en vergt huishoudelijk werk te veel kleine beslissingen. Robots kunnen ingezet worden voor simpele deeltaken, maar de mens blijft nog lange tijd centraal staan bij het doen van de huishouding.

Voor de korte en middellange termijn zijn de ontwikkelingen op het gebied van de nieuwe robotica met name te karakteriseren door de termen 'man in the loop' en 'man on the loop'. De Amerikaanse robotexperts spreken van *co-robotica* (Nuijten, 2011). Dat betekent ten eerste de technologisering van diverse van oudsher technologie-arme gebieden. De nieuwe robotica maakt het mogelijk om op terreinen waar traditioneel sprake is van voornamelijk mensenwerk, machines in te zetten. Denk aan de telezorg. Als we naar robotica in de zorg kijken, is de eerste constatering dat de multifunctionele sociale zorgrobot vooral toekomstmuziek is. Dat neemt niet weg dat het goed mogelijk is dat robots op de lange termijn hun intrede zullen doen in de zorg als hulpje van verzorgers en mensen die langer zelfstandig thuis willen wonen. Op het gebied van sociale interactie zullen robots als persoonlijke digitale assistent ingezet worden. De komende tien jaar echter zullen zorgondersteunende robots nog niet op grote schaal hun intrede doen in de zorg. De inzet van zorgrobots moet vooral bekeken worden vanuit de ontwikkeling en inzet van domotica. De stap naar domotica is echter een flinke. Normaliter verwijst zorg namelijk naar het werk van de verpleger aan het bed van de patiënt. Door middel van domotica kan een deel van die zorg op afstand plaatsvinden, gemedieerd door een technologisch systeem. De verpleger is daarmee in een technologische 'loop' geplaatst. Hoewel de introductie van domotica een moeizaam proces is, ligt de komende tien jaar een doorbraak van de telezorg in Nederland in het verschiet.

Op het gebied van entertainment zijn veel consumenten dol op gadgets. Voor robotica lijkt op dat gebied een rol weggelegd, ongeacht het feit dat de hedendaagse sociale-interactierobots erg beperkt en voorspelbaar zijn in hun sociale interactie. We verwachten dat de komende jaren regelmatig nieuwe sociale-interactie-gadgets op de markt zullen komen. Dat is mogelijk omdat consumenten geen duidelijk omschreven verwachtingen bij dergelijke machines hebben; ze zien het als speelgoed. Daarnaast zijn mensen in staat veel sociale interactie zelf in te vullen; we antropomorfiseren het robotspeelgoed. Juist vanwege deze menselijke eigenschap kan de robotconsumentenmarkt een centrale rol spelen

in het onder de maatschappelijke aandacht brengen van robotica en het streven om robottechnologieën massaal en goedkoop te produceren. Veel wetenschappelijk onderzoek is gericht op het stapsgewijs verbeteren van de interactie tussen machine en mens. Die mens-machineinteractie is een voornaam onderdeel van het moderne roboticaonderzoek, en speelgoedrobots zijn een laagdrempelige markt voor de introductie van een dergelijke technologie.

Een andere op dit moment relatief technologie-arme praktijk waar robotica een rol kan gaan spelen betreft het seksuele privéleven en met name de seksindustrie. Het is niet bekend hoe de seksrobot zich de komende jaren zal gaan ontwikkelen. Op dit moment wordt deze nog dure technologie langzaam geïntroduceerd in de seksindustrie. Sommigen zien een grote toekomst weggelegd voor de seksrobot. Dat is niet ondenkbaar, omdat seks in het verleden wel vaker de motor achter de ontwikkeling en acceptatie van nieuwe technologieën, zoals videorecorders en internet, is geweest.

Waar in de zorg en op het gebied van de seks de 'man *in the loop*' wordt geïntroduceerd, is er in het leger en bij de auto al lang sprake van een 'man in the loop'. De automobilist bestuurt tenslotte zijn auto. We zien op die gebieden een verschuiving optreden van 'man in the loop' naar 'man on the loop'. Bij de auto is er een trend van rijtaakondersteunende systemen die informeren naar systemen die ook waarschuwen en zelfs ingrijpen. Een volgende stap in deze trend is het overnemen van rijtaken door middel van coöperatieve systemen (in combinatie met verkeersmanagement). Gezien de snelle ontwikkelingen op het gebied van robotica is het inmiddels waarschijnlijk dat de autonome auto in de toekomst – zo rond 2030 – geleidelijk aan meer gemeengoed gaat worden.

Net als bij de autorobot is bij de militaire robots de trend ook van 'in the loop to on the loop to out of the loop'. Amerika zet al jaren breed in op surveillancerobots, robots voor het op afstand opruimen van berm bommen en tele-geleide bewapende militaire robots. Bij het opruimen van berm bommen bestuurt de militair de opruimrobot vanaf een veilige afstand. Bij gevechtsvliegtuigen zien we een snelle transitie van vliegtuigen die door piloten worden bestuurd naar robotsystemen (*drones*) die op afstand door operators worden bediend. Daarnaast gaat het technologische systeem de menselijke operator steeds meer adviseren over welke handeling verricht dient te worden. Dat noemen we 'man on the loop'. Met andere woorden: we gaan van door operators op afstand geleide robots naar robotsystemen die de operator adviseren en (op de lange termijn) naar autonome systemen.

Ontwikkelingen op het terrein van de politierobot worden gevoed door die op militair gebied. Binnen de Nederlandse politie zit de toepassing van robotica in de verkennende fase. Twee toepassingen staan daarbij centraal: surveillance en het opsporen van explosieven. De sociale politierobot die in staat is hulp te verlenen aan de burger is verre toekomstmuziek. Voorlopig gaat het met name om robotsystemen die informeren en de gebruiker in staat stellen om beter of op afstand te handelen. Robotica kan op die wijze gebruikt worden in lastige en gevaarlijke situaties. Het zorgt ook voor extra mogelijkheden, bijvoorbeeld op het gebied van surveillance bij crowd control door intelligente camera's op vliegtuigjes die op afstand bestuurbaar zijn.

## 7.2 Maatschappelijke en ethische kwesties

In de voorgaande hoofdstukken zijn per toepassingsgebied tal van ethische, juridische en sociale kwesties beschreven die met de opkomst van de nieuwe robotica naar voren komen. Hier beschrijven we de belangrijkste gemeenschappelijke maatschappelijke en ethische kwesties. Het gaat dan om kwesties die op diverse toepassingsgebieden tegelijkertijd spelen. Ten eerste is er de vraag of we in Nederland een maatschappelijke visie hebben op de kansen en risico's die samenhangen met de opkomst van de nieuwe robotica. Grijpen we de innovatiekansen die deze ontwikkeling ons biedt? Daarnaast hebben we gezien dat de robotica nieuwe technologische opties oplevert die kunnen appelleren aan onze morele plicht om bepaalde maatschappelijke problemen aan te pakken door bijvoorbeeld menselijke taken te vervangen door robotica.

Aangezien een robot een informatietechnologie is, speelt privacy bij de introductie daarvan steeds een belangrijke rol. Ook de veiligheid van robots is een aandachtspunt. Hier speelt de vraag van verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid in het geval er iets misgaat. Tevens kijken we naar het gevaar van misbruik van robottechnologie door criminelen, terroristen of hackers.

Naast de vraag of we in bepaalde gevallen niet moreel verplicht zijn om robotica in te zetten, speelt de vraag waar de inzet van robotica mogelijk aanloopt tegen morele grenzen. Daarbij speelt ten eerste de wens om de menselijke waardigheid te waarborgen door dehumanisering en instrumentalisering van de mens te voorkomen. Ook hebben we aandacht voor het aspect menselijke duurzaamheid (Van Est, Klaassen, Schuijff & Smits, 2008; Swierstra, Boenink, Walhout & Van Est, 2009). In het geval van de nieuwe robotica gaat dat specifiek over het gevaar van sociale *de-skilling*, oftewel de mogelijke ondermijning op de lange termijn van typische, gewaardeerde, sociale menselijke vaardigheden, zoals het ontwikkelen van empathie of het omgaan met lastige 'op leven en dood'-situaties.

**Maatschappelijke visies en kansen**

De afgelopen jaren hebben robotonderzoekers en -bedrijven in het platform RoboNed een gezamenlijke technische roadmap voor robotica in Nederland ontwikkeld die moet leiden tot extra publieke investeringen in roboticaonderzoek en -ontwikkeling. RoboNed ziet onder meer kansen voor de inzet van robotica in de zorg, de land- en tuinbouw en de bouw. Onze studie naar thuisrobots, zorgrobots, autorobots, politierobots en militaire robots laat zien dat de toepassingen van robotica op deze terreinen ook veel kansen bieden. Denk aan mensen die door domotica langer zelfstandig thuis kunnen blijven wonen, auto's die veiliger worden en robots die ingezet kunnen worden bij het ontmantelen van explosieven.

Er zijn een paar pogingen te noemen om de nieuwe robotica op de beleidsagenda te krijgen. Neem bijvoorbeeld de Kenniskamer intelligente robots die eind 2011 is georganiseerd door het ministerie van Veiligheid en Justitie in samenwerking met het Rathenau Instituut (Brom et al., 2011). Desondanks is er vanuit maatschappelijk perspectief nog weinig nagedacht over de gewenste rol van de nieuwe robotica. Bij de politie bestaat er bijvoorbeeld nog geen integrale visie over de rol van de nieuwe robotica. Ook op het gebied van de autorobot vindt te weinig visievorming plaats, zeker gezien het feit dat de ontwikkelingen snel gaan. In de zorg en in het leger lijkt er meer aandacht. In de zorgsector in Nederland worden domotica inmiddels gezien als een manier om op zorgarbeid en -kosten te besparen. Dat uitgangspunt is echter niet vanzelfsprekend. Er ligt een grote uitdaging om kosten naar beneden te krijgen, en experimenten laten eerder een verschuiving van taken dan een vervanging of vermindering van zorgtaken zien.

Het ministerie van Defensie ten slotte, heeft wel een visie op robotica en volgt zelfs het principe 'robots tenzij'. Er is echter weinig financiële armslag om praktisch invulling te geven aan die visie. Ook de inzet van militaire robots wordt vaak gelegitimeerd door de aanname dat deze technologie tot kosten- en arbeidsbesparing leidt. Net zoals bij tele-zorg laten ook de ervaringen in het Amerikaanse leger zien dat de inzet van militaire robots niet vanzelf leidt tot kostenbesparing en arbeidsreductie (Munoz, 2011). Daarnaast geldt dat het ministerie nog geen politieke invulling heeft gegeven aan het 'tenzij-gedeelte' van het door hem gekozen beleidsprincipe. Vanuit maatschappelijk en ethisch oogpunt is het 'robots tenzij'-principe daarom grotendeels leeg te noemen. Die leegheid van de publieke en politieke agenda laat zien dat we in feite veel te laat zijn met die discussie. De ontwikkelingen zijn al vergevorderd en pas nu zien we wat de militaire robotica voor consequenties heeft. Als gevolg zijn we bij militaire robotica haast niet meer in staat om bij te sturen; alleen de vraag of we autonome robots willen of niet ligt nog open op tafel. Een belangrijke les die we hieruit kunnen halen is dat we in een veel

eerdere fase maatschappelijke aspecten moeten signaleren, zodat er nog een open discussie over de gewenste en ongewenste toepassingen van de nieuwe robotica gevoerd kan worden.

### **Morele plicht om (on)menselijke taken te robotiseren**

De inzet van robots wordt vaak sociaal gelegitimeerd met het argument dat robots 'smerig, saai en gevaarlijk' (*dirty, dull and dangerous*) werk overnemen. Bepaalde taken kunnen inderdaad zo smerig, gevaarlijk of geestdodend zijn dat het onmenselijk is om dergelijke taken door mensen uit te laten voeren als het ook mogelijk is om dat door een machine te laten doen. De inzet van robotjockeys bij kamelenraces in Qatar is daar een mooi voorbeeld van (zie kader 7.2).

#### **Kader 7.2 Robotjockeys vervangen kinderen bij kamelenraces**

Aan het begin van deze eeuw was het in diverse Golfstaten gebruikelijk om bij kamelenraces kinderen vanaf 4 jaar als jockey in te zetten (Lewis, 2005). Deze kinderen werden meestal geronseld uit naburige armere landen, zoals Soedan en Pakistan, en zeer slecht behandeld. De meesten kregen geen scholing en werden ondervoed om hun gewicht laag te houden. In de Verenigde Arabische Emiraten ging het om drieduizend kinderen, in Qatar om enkele honderden. In 2003 startte de Pakistaanse mensenrechtenactivist Asnar Burney een campagne tegen het gebruik van kind-jockeys. Zijn actie werd gesteund door de Verenigde Naties en de Verenigde Staten, die Qatar beschuldigden van slavernij en met economische sancties dreigden. Als gevolg kondigde de emir van Qatar aan dat alle kind-jockeys vervangen zouden worden door robots. Het Zwitserse bedrijf K-Team ontwikkelde de robotjockey Kamal, die sindsdien het werk van de kind-jockey heeft overgenomen. Deze lichtgewicht robots worden van afstand bestuurd door operators die in wagens langs de racebaan met de kamelen meerijden.

Onze studie toont ook enkele situaties die de vraag opwerpen of het mogelijk en wenselijk is om bepaalde menselijke activiteiten te robotiseren. Strawser (2010) vindt het bijvoorbeeld meerel verwerpelijk om een militair een bevel te geven waarbij hij de kans loopt op dodelijk letsel als een militaire robot de taak ook had kunnen uitvoeren. Dit 'principe van onnodig risico' leidt tot een ethische verplichting om robotica in bepaalde situaties toe te passen, bijvoorbeeld bij het zoeken naar en ontmantelen van bembommen.

Prostitutie is in Nederland sinds de legalisering daarvan in 2000 in snel tempo een vaak smerig, gevaarlijk en mensonterend beroep geworden (Werson, 2012). Volgens het Korps Landelijke Politiediensten (KLPD) werkt tussen de 50 en 90 procent van de 25.000 vrouwen in de prostitutie

in Nederland onvrijwillig (Korps Landelijke Politiediensten, 2008). Het is een actuele vraag hoe de politiek dergelijke grove en voor de betreffende vrouwen traumatische misstanden tegen kan gaan. De opkomst van de nieuwe robotica brengt een nieuw perspectief in deze discussie. Ze legt namelijk de vraag op tafel of seksrobots op termijn een redelijk technisch alternatief kunnen vormen voor menselijke prostitutie. En zou de aanwezigheid van zo'n technisch alternatief, gelet op de vele mensonwaardige omstandigheden in de prostitutie, dan niet moeten leiden tot een ethische verplichting om seksrobots toe te passen?

Het 'principe van onnodig risico' is ook van toepassing op het autorijden. In tegenstelling tot andere maatschappelijke terreinen, zoals in de luchtvaart en op het werk, accepteren we op het gebied van het wegverkeer honderden doden per jaar. In 1997 brak het Zweeds parlement echter met deze pragmatische benadering van verkeersveiligheid. De politiek ondersteunde de zogenaamde *Vision Zero*, die ten principale weigert om te accepteren dat er vanwege verkeersongelukken doden en zwaarwonden vallen (Whitelegg & Haq, 2006). Deze beleidsvisie is niet gebaseerd op een kosten-batenanalyse, maar op het ethische principe dat het niet acceptabel is dat mensen worden gedood of serieus gewond raken wanneer ze zich door het verkeerssysteem bewegen (Tingvall & Haworth, 1999). De weggebruiker is in deze visie niet zozeer de bron van fatale ongelukken, maar het gebrekkige verkeerssysteem zelf.

Robotica biedt tal van mogelijkheden om de veiligheid van het huidige verkeerssysteem te verbeteren. Dat geldt onder meer voor het reeds bestaande ISA-systeem. Deze intelligente snelheidsassistent geeft informatie over de snelheidslimiet en waarschuwt of grijpt in bij snelheids-overtredingen. Het verplicht stellen van de ingrijpende variant van het ISA-systeem kan volgens experts bijdragen tot een halvering van het totale aantal verkeersdoden in Europa. Vorig jaar kwamen ruim 35.000 mensen om in het verkeer (European Commission, 2010, p. 2). Ruim 140.000 mensen raakten permanent gehandicapt door een ongeval en 1,4 miljoen personen zwaar gewond. De totale kosten van de ongelukken, de medische verzorging en het verlies aan inkomsten bedragen 130 miljard euro per jaar (European Commission, 2010). Ook hier legt de nieuwe robotica duidelijk de vraag op tafel of we niet moreel verplicht zijn om automatische snelheidsbegrenzing in auto's wettelijk verplicht te stellen.

Een aspect dat hier een rol speelt is paternalisme, van bovenaf door de overheid opgelegde vrijheidsbeperking. In welke omstandigheden en in hoeverre mag de persoonlijke autonomie van mensen aangetast worden? En als we technologie op die manier op grote schaal in gaan zetten, waar blijft dan de ruimte voor eigen beslissingen en de rol van de eigen verantwoordelijkheid van mensen?



**Monitoring en privacy**

De nieuwe robotica kan op allerlei manieren worden ingezet om bepaalde situaties te monitoren, zoals het wel en wee van patiënten, de gemoedstoestand van een bestuurder van een auto, de veiligheidssituatie op straat of op het slagveld. Als direct gevolg kunnen robottechnologieën op allerlei manieren een impact op onze privacy hebben. Het recht op privacy en het daarmee verbonden recht op bescherming van persoonsgegevens zijn niet absoluut, maar krijgen veelal invulling in een specifieke maatschappelijke constellatie. De inzet van robotica vraagt op diverse terreinen om het expliciet en zorgvuldig afwegen van diverse belangen, bijvoorbeeld tussen gezondheid en privacy of (verkeers)veiligheid en privacy. Daarbij dient meegenomen te worden dat de inzet van dit soort informatietechnologie ook intensievere dossiervorming over het handelen van de zorgverlener, politieagent en/of militair met zich mee kan brengen.

Burgers kunnen hun recht op privacy tijdelijk verliezen als er grote veiligheidsbelangen op het spel staan. Op zo'n moment gaat het collectieve belang van veiligheid boven het belang van privacy van het individu. Surveillancerobots bieden de politie een scala aan nieuwe mogelijkheden om informatie te verzamelen, maar vormen tegelijkertijd mogelijk een aantasting van de privacy van burgers. Het is van belang dat de privacy (anonimiteit in de openbare ruimte) van de burger die zich aan de wet houdt, wordt gewaarborgd. Dit uitgangspunt wordt toegepast bij camera's op straat, en dient ook te gelden voor mobiele camera's op vliegtuigjes die op afstand bestuurbaar zijn. Daarnaast dienen burgers inzicht te hebben in de bevoegdheden van opsporingsinstanties.

Reeds op de korte termijn moeten bij de inzet van domotica en robotica bij zorg op afstand privacyvraagstukken onder de loep worden genomen. Daarbij moet een balans gezocht worden tussen het beschermen van de persoonlijke levenssfeer enerzijds en de behoefte van de patiënt tot zelfstandig wonen anderzijds. Een belangrijk aandachtspunt is de mate waarin mensen controle hebben over de data die over hen wordt verzameld en over de wijze waarop verpleegkundigen op afstand in hun huis kunnen binnenkijken.

Bij de robotisering van het autoverkeer gaat het om de afweging tussen verkeersveiligheid en privacy. De Europese Commissie heeft het eCall-systeem, een systeem dat automatisch hulpdiensten alarmeert bij een ongeval, verplicht gesteld voor personenauto's die vanaf 2015 verkocht worden. Het Europese Parlement heeft geëist dat het eCall-systeem een 'slapend bestaan' zal leiden en pas in actie komt als er een ongeluk geweest is. Dit systeem kan dus niet ingezet worden voor het opsporen van criminelen. Doelverschuiving (*function creep*) ligt echter steeds op de loer. De vraag is namelijk of dergelijke mogelijkheden in de toekomst

ook niet ingezet zullen worden om de (verkeers)veiligheid te vergroten. Zo zou de handhaving van verkeersregels kunnen worden bewerkstelligd via 'vehicle-to-infrastructure'-systemen, die het rijgedrag van automobilisten monitoren of zelfs afdwingen. In het voorgaande hebben we zelfs de vraag gesteld of we vanuit oogpunt van verkeersveiligheid niet moreel verplicht zijn om dergelijke dwingende systemen in te voeren.

### **Veiligheid en misbruik**

De roep om veiligheid is een belangrijke drijvende kracht achter de ontwikkeling van robots. De technische veiligheid en betrouwbaarheid van de robotica zelf is echter ook een constant punt van zorg. Met name omdat – in tegenstelling tot de fabrieksrobot – de nieuwe robotica veelvuldig interacteert met mensen, is de veiligheid van robots een belangrijke voorwaarde voor publieke acceptatie. Het is van belang dat (zware) ongelukken met robots worden voorkomen. Veelal ontbreken op dit moment echter internationaal geaccepteerde veiligheidsnormen voor servicerobots. Er wordt wel gewerkt aan de totstandkoming van veiligheidsnormen. Het ontbreken daarvan staat sociale acceptatie en vaak ook innovatie in de weg. Op het gebied van de auto zou bijvoorbeeld een internationale ISO-norm voor taakondersteunende systemen sterk kunnen bijdragen aan het publieke vertrouwen daarin.

Niet alleen onveilige robotsystemen schaden het publieke vertrouwen. Misbruik van robotica doet dat zeker ook, omdat het sterk inspeelt op de menselijke angst. Denk aan de inzet van robotica door criminelen en/of terroristen. Robots kunnen namelijk krachtige wapens zijn. Die kunnen zelf robots inzetten, maar ook robots *hacken* en daarmee gevaar stichten. Het robotiseren van de auto maakt de auto tevens kwetsbaar voor hackpogingen. Door het hacken kan gevoelige informatie in handen van de verkeerde personen komen. Door het 'kraken' van de auto is het zelfs mogelijk om volledige controle over de auto te krijgen. Hetzelfde verhaal geldt wellicht nog in sterkere mate voor politie- en militaire robots. De kwetsbaarheid van dergelijke robotsystemen hangt samen met het genetwerkte karakter daarvan. Dat komt omdat het lastig is het informatie- en communicatienetwerk waarvan de betreffende robot afhankelijk is, te beveiligen. Communicatiesnelheid en veiligheid (meestal afhankelijk van het complexe versleutelen van de boodschap) staan daarbij op gespannen voet met elkaar.

### **Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid**

De opkomst van de nieuwe robotica brengt ook een complexe set van vragen met zich mee op het gebied van verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid. Laten we als voorbeeld de auto nemen. Bij de auto is een integraal juridisch-sociaal systeem ontstaan om om te gaan met het issue van aansprakelijkheid. Het gaat daarbij om het schadevergoedingsrecht,

aan de hand waarvan bepaald kan worden wie en op welke wijze aansprakelijk is, variërend van schuld- en risicoaansprakelijkheid tot productaansprakelijkheid. Maar daarnaast zijn er wettelijke bepalingen die ervoor zorgen dat degenen die schuldig zijn, de schuldenlast ook kunnen dragen. Denk aan de aansprakelijkheidsverzekering, die een verzekerde beschermt tegen het risico van aansprakelijkheid. Daarnaast is de bezitter van de auto wettelijk verplicht zijn wagen goed te onderhouden (denk aan de verplichte jaarlijkse apk-keuring) en te verzekeren. Daarnaast dienen fabrikanten op productniveau te voldoen aan allerlei ISO-normen. De robotisering van de auto kan dit stelsel op allerlei wijzen onder druk zetten. Hiervoor noemden we reeds het ontbreken van ISO-normen voor taakondersteunde systemen. Roboticus Tijn van der Zant (zie interview na hoofdstuk 2) laat weten dat zijn robotexperimenten in de openbare ruimte onverzekerbaar zijn. Tegelijkertijd is hij wel verantwoordelijk en aansprakelijk in het geval er een ongeluk gebeurt door toedoen van zijn robots. Hij pleit daarom voor de instelling van een vrije experimenteerzone. In Japan is Tsukuba City aangewezen als experimenteerzone voor de ontwikkeling van mobiele en servicerobots. Onderdeel daarvan is de oprichting van een Robot Safety Center voor het ontwikkelen van veiligheidsstandaarden en (op korte termijn) een certificeringssysteem voor servicerobots (Flatley, 2010).

Op het gebied van de auto kan het aantonen van de aansprakelijkheid van producenten met name door de invoering van coöperatieve systemen problematisch worden. Hoe aan te tonen dat de oorzaak van het schadeveroorzakende gedrag van het product aan het falen van het product ligt en niet terug te voeren is op een van buiten komende oorzaak? Bij de robotisering van vliegtuigen liep men ook tegen dit probleem aan. Om te bepalen wie er voor een bepaald ongeluk aansprakelijk is ging men een zwarte doos (Flight Data Recorder) inbouwen, waarin alle vluchtgegevens van het laatste deel van de vlucht elektronisch worden opgeslagen. Dat zou men bij mobiele robots, maar eveneens militaire of andere robots, ook kunnen gaan doen. In Amerika eist de National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) dat fabrikanten voor september 2012 een zogenaamde Event Data Recorder in alle nieuwe auto's inbouwen.<sup>1</sup> Een dergelijke zwarte doos slaat onder meer de autosnelheid vóór het ongeluk, het remgebruik en het gebruik van de veiligheidsgordels op. Net als het Europese eCall-systeem roept de invoering van de Event Data Recorder in Amerika allerlei vragen op het gebied van privacy op. Terwijl de NHTSA stelt dat zij dit systeem wil invoeren om de verkeersveiligheid te verhogen, stellen anderen dat dit vooral vanwege het aansprakelijkheidsvraagstuk wordt gedaan, met name door de autoproducent zelf.<sup>2</sup>

De opkomst van roboticasystemen kan nog een andere manier invloed hebben op het gebied van verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid.

Zowel bij de politie als bij het leger wil men de verantwoordelijkheid voor het uitoefenen van geweld door middel van een tele-geleide robot in zijn geheel toeschrijven aan de operator. Een belangrijke vraag is echter op welke wijze de mediatie door het robotsysteem het handelen van de operator beïnvloedt. Het gebruik van bewapende, op afstand bestuurbare robots kan de drempel om geweld te gebruiken verlagen. Daarnaast is de operator voor het nemen van beslissingen in sterke mate afhankelijk van de informatie die via het robotsysteem naar hem toekomt. Hoewel de operator dus formeel en juridisch verantwoordelijk is, kan de vraag gesteld worden in hoeverre hij ook redelijkerwijze moreel verantwoordelijk kan worden gehouden voor zijn handelen. Het is dan ook van groot belang om deze vraag bij het ontwikkelen van systemen voor ogen te houden.

### **Ethische grenzen aan de inzet: menselijke waardigheid**

Een breed scala aan denkers wijst erop dat de toepassing van robotica op het terrein van de zorg, amusement, politie en het leger de menselijke waardigheid op diverse manieren kan ondermijnen. Het gaat om het gevaar van objectivering of instrumentalisering van mensen, oftewel dehumanisering. Met name met betrekking tot de inzet van robotica in de zorg bestaat de angst dat dit op den duur zal leiden tot objectivering en dehumanisering van zorgontvangers. Erbarmelijke omstandigheden in de huidige zorg, denk bijvoorbeeld aan de discussie rond het gebruik van dagluiers, voeden deze discussie. Kwaliteit van leven van de patiënt dient dan ook het leidende principe zijn bij tele-robotzorg. Zelfstandigheid en sociale interactie met andere mensen staan daarbij centraal.

Militairen of politieagenten die robots op afstand besturen zijn niet aanwezig in de betreffende gevarezone. De inzet van tele-geleide robots zorgt zodoende voor een emotionele en daardoor ook morele afstand tussen de actie en de ethische implicaties van die actie. Voorstanders stellen dat dit tot minder psychologisch leed onder militairen leidt en tot rationelere besluiten kan leiden. Critici vrezen dat in het creëren van meer afstand tussen een handeling en de gevolgen ervan het gevaar schuilt dat operators belangrijke beslissingen, soms over leven en dood, nemen alsof ze een videospelletje spelen. Illustratief zijn de volgende woorden van een jonge operator: 'It's like a videogame. It can get a little bloodthirsty. But it's fucking cool.' Daarnaast zijn de operators voor het maken van hun beslissingen afhankelijk van de beperkte informatie die door de robot wordt verstrekt. Bij de inzet van tele-geleide bewapende robots komt zodoende het gevaar van dehumanisering van de vijand, maar ook van de afstomping van de operator zelf om de hoek kijken.

Deze kwesties zijn cruciaal voor de maatschappelijke acceptatie van de nieuwe robotica. Ze spelen niet alleen op de lange termijn en dwingen ons reeds nu te reflecteren op de huidige ontstane praktijk.

### **Onderminning van complexe menselijke vaardigheden: menselijke duurzaamheid**

Aangaan van emotievolle sociale relaties, omgaan met gewelddadige conflicten en zorgen voor andere mensen vergen allemaal complexe vaardigheden. De inzet van robots als hulpmiddel in dat soort situaties leidt stevast tot de vraag in hoeverre die inzet zal bijdragen tot het versterken van dat soort complexe vaardigheden of juist tot de onderminning daarvan. In het laatste geval spreekt men van *de-skilling*. De angst is niet alleen dat individuele vaardigheden worden aangetast, maar dat tevens de culturele omgang met emoties, angst, natuur, geweld en liefde op den duur zal eroderen.

Robots zijn een soort levende technologie, artefacten die het traditionele onderscheid tussen technologie en de levende natuur tarten. Dit roept de vrees op dat kinderen op een gegeven moment 'echt' niet meer van 'nep' kunnen onderscheiden. Melson, Kahn, Beck & Friedman (2009) zijn bang dat onze omgang met computers onze interactie met de natuur zal vervangen. Daardoor zullen we ook de helende en creatieve kracht van de natuur gaan missen. Richard Louv (2005) spreekt van het 'nature deficit disorder'. De filosoof Shannon Vallor (2011) verwijst naar het nut van de huidige zorgcultuur. Door voor anderen te zorgen, ontwikkelt de verzorger bepaalde capaciteiten, zoals empathie, die onmisbaar zijn in menselijke relaties. De inzet van zorgrobots ontnemt verzorgers de mogelijkheid deze kwaliteiten te ontwikkelen. Ook op het gebied van militaire en politierobots speelt deze kwestie. David Hambling (2010) vraagt zich af of door tele-operaties de politie op den duur niet haar door langdurige training en ervaring verworven vaardigheden zal verliezen die nodig zijn als de nood echt aan de man is. Volgens Eric Nordholt, voormalig hoofdcommissaris van de politie van Amsterdam, heeft de inzet van technologie de neiging om de controlerende rol (rechtshandhaving en opsporing) van de politie te versterken ten koste van haar sociale rol (verlenen van hulp aan burgers).

Ook bij de sociale- en fysieke-interactierobot is een belangrijke vraag: waar hebben robots een positief socialiserend effect en waar verwachten we desocialisatie? Er liggen duidelijk kansen voor het inzetten van robots voor entertainment en therapeutische doelen. Robots kunnen ingezet worden om autistische mensen in kleine gereguleerde stapjes in een veilige omgeving te leren bepaalde menselijke emoties te herkennen. En volgens Levy (2007) kunnen seksrobots mensen de kunst van het liefde bedrijven bijbrengen. Amanda Koer ziet ook de voordelen van de robot als ideale sekspartner, maar is tegelijkertijd bang dat seks daardoor gemechaniseerd wordt. Ze realiseert zich dat de seksrobot alleen bestaansrecht heeft in een wereld waarin seks al sterk geïnstrumentaliseerd is en stelt daarom de intrigerende vraag: 'Has the commercial sex industry

made sex so mechanical that it will inevitably (...) become mechanical?' Eenzelfde vraag kunnen we met betrekking tot de zorgrobot en de militaire robot stellen. Is de oorlog reeds zover gemechaniseerd dat we het doden van mensen aan robots kunnen overlaten? Sherry Turkle (2011) is vooral bang dat mensen hun sociale competenties – bijvoorbeeld omgaan met afwijzing en herstellen van ruzies – zullen verliezen als ze te veel omgaan met sociaal vaardige robots. Sparrow (2002) is zelfs bang dat mensen op een gegeven moment niet meer in de gaten zullen hebben dat ze met robots (sociaalemotioneel geprogrammeerde machines) te maken hebben in plaats van met mensen.

Deze sociale speculaties reflecteren de ultieme droom van de nieuwe robotica: autonome en sociaal en moreel vaardige machines. Aan het technische doel op lange termijn zit zodoende een maatschappelijke kernzorg op lange termijn vast. Dat neemt niet weg dat op het vlak van *de-skilling* op dit moment reeds diverse kwesties spelen. Rijtaakondersteunende systemen kunnen leiden tot minder alert en roekelozer rijgedrag. Of beter gezegd: automobilisten moeten leren rijden met dit soort systemen. De 'cubicle warrior' was in de eerste fase veelal een piloot met vlieg- en oorlogservaring. De nieuwe generatie 'cubicle warriors' worden van begin af aan opgeleid als operator van tele-geleide vliegtuigen. Ten slotte, de vrees van Turkle (2011) voor de asociale invloed van de sociale robot is gebaseerd op haar langdurig onderzoek naar de invloed van sociale media en mobiele telefoons op de communicatie tussen jongeren. Turkle stelt dat de jongste generatie veel minder empathisch is dan haar voorgangers, omdat intimiteit vermeden kan worden en relaties via internet of met apparaten minder verplichtend zijn. Kortom: aandacht voor de invloed van robotica op ons sociaal kapitaal is niet alleen een kwestie van de lange termijn, maar nu reeds nodig.

### 7.3 Bestuurlijke zaken

#### ***De noodzaak van tijdige bestuurlijke visievorming***

Het is van belang dat de opkomst van de nieuwe robotica onder de aandacht komt van een breder publiek en met name van beleid en politiek. Hiervoor hebben we reeds aangegeven dat het debat over de inzet van militaire robots veel eerder had moeten starten. We zijn al te laat. De overheid dient ervoor te zorgen dat de discussie over de toepassing van de nieuwe robotica op andere terreinen op tijd wordt gestart.

Investerings in onderzoek naar en toepassing van militaire robottechnologie is het laatste decennium wereldwijd in een stroomversnelling gekomen. Singer (2009) spreekt terecht van een 'revolutie in militaire zaken', die een nieuwe wapenwedloop veroorzaakt. Ook Nederland sluit

zich daarbij aan. Minister Hillen van Defensie heeft aangegeven dat het Nederlandse beleid geleid wordt door het principe 'robots tenzij'. Er is echter nog weinig nagedacht over de invulling en betekenis van de conditie 'tenzij'. Met name de snelle opkomst van bewapende militaire robots tezamen met de tendens dat de 'man-in-the-loop' steeds verder wordt uitgehoud en robots snel autonoom worden, vraagt om debat en visievorming op nationaal en internationaal niveau. Doel van zo'n debat moet zijn het ontwikkelen van gemeenschappelijke ethische en juridische principes voor een verantwoorde inzet van bewapende militaire robots. Een noodzakelijke voorwaarde van het internationale humanitaire oorlogsrecht is dat er te allen tijde iemand verantwoordelijk gehouden kan worden voor een ongewenst gevolg. Het is daarom van belang dat de mens altijd 'in-the-loop' blijft en de beslissing neemt over leven en dood. Dit principe wordt bedreigd door de trend van 'man in the loop' naar 'man on the loop' naar 'man out of the loop'. Daarom is het wenselijk om op afzienbare termijn te komen tot een internationaal verbod op autonome bewapende militaire robots. Specifiek voor Nederland geldt tevens dat de opkomst van de militaire robotica een nieuw perspectief biedt op het politiek gevoelige debat over de vervanging van de F-16. Dit legt namelijk de vraag op tafel of we de F-16 op den duur, in plaats van door de Joint Strike Fighter, niet beter kunnen laten vervangen door goedkopere onbemande *drones*.

Ook de geleidelijke maar staag doorzettende robotisering van het wegverkeer vraagt om bijtijds bestuurlijk handelen en visievorming op de toekomst daarvan. Bij de robotauto speelt de afweging tussen veiligheid en privacy een centrale rol. In de politiek dient nu reeds een debat gehouden te worden over het nut en de noodzaak van de invoering van een systeem voor automatische snelheidsbegrenzing. De verwachte veiligheidswinst, dat wil zeggen afname van het aantal verkeersslachtoffers, verplicht tot een serieuze politieke afweging. In de kern gaat het daarbij om de politieke vraag of we als samenleving accepteren dat er vanwege verkeersongelukken doden en zwaargewonden vallen. Kiezen we in navolging van het Zweedse parlement principieel voor de *Vision Zero*, dan kiezen we daarmee tevens voor het optimaal veilig maken van het verkeerssysteem door middel van de best beschikbare (robotica)technologieën.

Op de middellange termijn gaat coöperatief rijden mogelijk een rol spelen. Hoewel het nog jaren zal duren voordat dat veilig genoeg kan, wordt het toch hoog tijd dat overheden, industrie, kennisinstituten en relevante maatschappelijke organisaties zich nu al gaan buigen over technische en juridische aspecten die aandacht verdienen voor de potentiële effecten van coöperatief rijden, zoals wettelijke toelating, systeemveiligheid, standaardisatie en aansprakelijkheid in geval van disfunctioneren. Het goed regelen van deze aspecten vergt namelijk nogal wat tijd. Het is ook nu reeds van belang via scenariodenken op de introductie van de autonome

auto te anticiperen, ook al wordt die pas/al over twintig jaar verwacht. Onderzoek voor diverse scenario's de gevolgen voor openbaar vervoer, autobezit, weggebruik enzovoort. Het ministerie van Infrastructuur en Milieu dient zicht te ontwikkelen op welke ontwikkelingen gestimuleerd en welke ontmoedigd dienen te worden.

Op het terrein van de thuisrobots verdienen maatschappelijke vragen die worden opgeroepen door de seksrobot attentie. Daarbij gaat het om de ethische en juridische vragen rondom het mogelijke gebruik van kindrobots voor seks en de vraag of seksrobots op den duur een mogelijk menswaardig alternatief kunnen zijn voor menselijke prostitutie. De huidige wetgeving is niet toereikend om seks met kindrobots strafbaar te stellen. Als de politiek dit gedrag wil verbieden, zal de wetgever daarvoor een juridisch kader moeten ontwikkelen. Momenteel bestaan er in de prostitutie-industrie op grote schaal schrijnende misstanden, variërend van vrouwenhandel tot onbetaalde arbeid (slavernij). Dit rechtvaardigt een onderzoek naar de vraag of de seksrobot op termijn een redelijk alternatief kan zijn voor menselijke prostitutie.

Met betrekking tot de zorg vraagt met name de verwachte doorbraak van tele-zorg, oftewel domotica, om visievorming. Hoe om te gaan met privacy, autonomie van de patiënt en informed consent? Een eerste uitdaging is om te zoeken naar een goede balans tussen privacy en gezondheid en veiligheid van de patiënt. Robotica en domotica kunnen ingezet worden om de autonomie en zelfredzaamheid van de patiënt te vergroten. Het is echter van belang dat dergelijke technische ondersteuning steeds vanuit het perspectief van de patiënt wordt beoordeeld. In vele gevallen wordt zorg van buiten als een aantasting van de autonomie ervaren, maar vaak gaat het ook de eenzaamheid tegen. Eenzaamheid is een groot sociaal probleem en we moeten oppassen dat domotica dat probleem niet gaan versterken.

Er is op dit moment weinig reflectie, debat en visievorming over de rol van politierobots. Daar is echter wel behoefte aan. Er is debat nodig over de wenselijke en ongewenste inzet van robots. Met name de opkomst van de surveillancerobot, de bewapende robot en het gebruik van robots door criminelen en terroristen verdienen een politieke stellingname. Doel van het debat is het ontwikkelen van ethische en juridische principes voor de verantwoorde inzet van politierobots.

### ***Genereer ruimte voor maatschappelijk verantwoorde innovatie***

De nieuwe robotica biedt voor het Nederlandse bedrijfsleven tal van innovatiekansen. Ruimte geven aan maatschappelijk verantwoorde innovatie vraagt om een diverse aanpak. Het gaat daarbij om het stimuleren van onderzoek en ontwikkeling, maar ook om het maatschappelijk begeleiden



daarvan. Daarnaast is het soms zaak om wettelijke barrières tijdig te slechten en voorwaarden te creëren voor publiek vertrouwen in technologie.

De nieuwe robotica ontwikkelt zich binnen een complex van bestaande wettelijke kaders. Denk op het gebied van privacy aan de Wet bescherming persoonsgegevens (WBP) en de Telecommunicatiewet, of aan militaire robots die dienen te voldoen aan het internationale humanitaire oorlogsrecht. Dit is een manier om robotica verantwoord in de samenleving te introduceren. Bestaande wet- en regelgeving kan echter ook onnodige barrières opwerpen voor robottoepassing. We zagen dat de MALE UAV (*Medium Altitude Long Endurance Unmanned Air Vehicle*) volgens de huidige wet op het terrein van vliegverkeersleiding niet boven Nederland mag vliegen. Ook de inzet van op afstand bestuurbare kleine vliegende surveillancerobots door de politie wordt nu beperkt, omdat deze robots momenteel als modelvliegtuig worden gezien. De overheid onderzoekt reeds hoe de luchtvaartwet- en -regelgeving zo aangepast kan worden dat de toepassing van onbemande vliegtuigjes en UAV's voor politieke en militaire doeleinden wordt vergroot zonder dat de veiligheid in de lucht en op de grond in gevaar komt.

De nieuwe robotsystemen ontberen een uitgewerkt juridisch-sociaal systeem om goed om te gaan met het issue van aansprakelijkheid. Ook dat gebrek kan innovatie belemmeren. Het is belangrijk om in zo'n situatie van onzekerheid ruimte te scheppen voor innovatie, maar op hetzelfde moment stapsgewijs te bouwen aan een juridisch-sociaal systeem. Geïnspireerd door de situatie in Japan pleiten we voor een experimentele zone, waarin onder bepaalde regels geëxperimenteerd kan worden met robotica. De overheid staat in die zone garant voor diverse risico's. Deze experimenteerruimte dient gekoppeld te worden aan het stimuleren van standaardsetting en het ontwikkelen van veiligheidsstandaarden. Denk daarbij aan het Japanse Robot Safety Center dat werkt aan een certificeringssysteem voor servicerobots.

### **Zet de gebruiker centraal**

Het is bij innovatietrajecten van belang de kloof tussen de expertvisies van de (technische) ontwikkelaars en de wensen van de gebruiker te overbruggen. Daartoe moeten de visies, behoeften en zorgen van toekomstige gebruikers vanaf een zo vroeg mogelijk tijdstip worden meegenomen in het ontwikkelproces. In de huidige R&D-cultuur worden gebruikers vaak pas in een laat stadium geconsulteerd of zelfs helemaal niet (Van der Plas, Smits & Wehrman, 2010). Elk ontwerp – en dus ook dat van robotsystemen – is waarde-geladen. Het is van belang dat reeds tijdens het ontwerpproces rekening wordt gehouden met de verschillende visies

van betrokkenen en belanghebbenden. Men spreekt van constructieve *technology assessment* (Schot & Rip, 1997) en ook wel van waardebewust ontwerpen (*value sensitive design*). Bij die laatste aanpak is er specifiek aandacht voor de ethische vragen en de brede set van waarden die een rol spelen bij de ontwikkeling en toepassing van technologie.

Gebruikers dienen tijdig geschoold te worden in de mogelijkheden en onmogelijkheden van roboticasystemen. Door die technologieën veranderen de diverse sociale praktijken en niet zelden gaat dat sluipenderwijs. Dit geldt voor de diverse toepassingsgebieden. In de zorgopleiding dient serieus aandacht te worden gegeven aan tele-zorg en de veranderende rol van verpleegkundig personeel daarbij. Eenzelfde problematiek zien we bij de verschuiving van vliegtuigpilot naar vliegtuigoperator. Op het gebied van mobiliteit blijkt het belangrijk dat bestuurders getraind worden in het rijden met bijvoorbeeld *Adaptive Cruise Control*. Een eerste stap zou kunnen zijn om het rijden met taakondersteunende systemen een verplicht onderdeel van het rijbewijs te laten worden.

## 7.4 Slotwoord

*'When I lost my faith in people, I put my trust in things  
To avoid the disappointment trust in people brings  
What trusting people brings, what I brought myself  
What I brought to others when they hoped for someone else  
I tried to do all myself then, surrounded by my stuff  
All I found were invitations, I could not rise above*

*There are gadgets and contraptions, immaculate machines  
There is a program you can download now, it will even dream your dreams  
It will even dream your dreams, for a monthly fee  
It will clear up your complexions, you will get a hundred hours free*

*Possessions cannot save you, the way somebody can  
When I learned to care for others then the boy became a man*

*When I lost my faith in people, I lost everything  
Though I lose my independence, I will have my faith again  
I will have my faith again, I will get it back again  
Though I lose my independence, I am a freer man'*

(John Gorka, 2001)

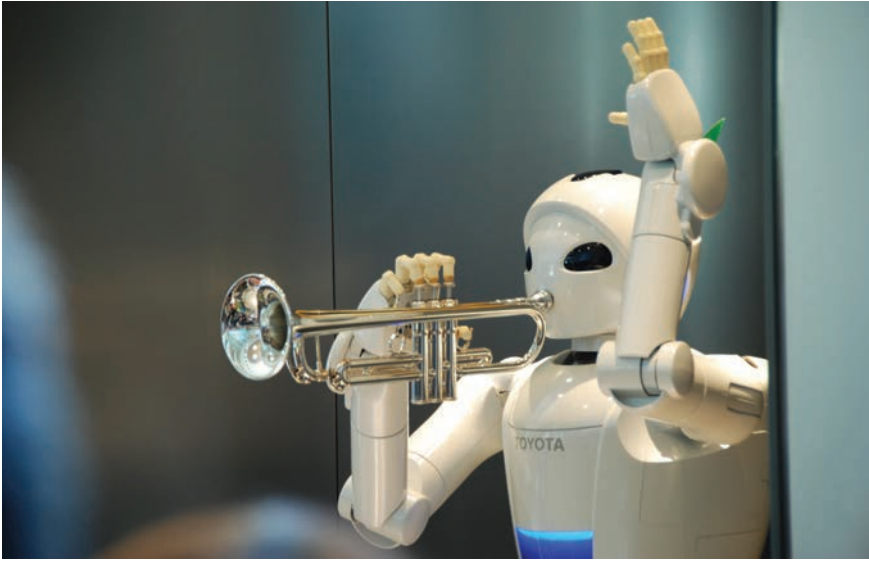
De opkomst van de nieuwe robotica brengt een enorme menselijke uitdaging met zich mee. Gebruikmaken van de kansen en de sociale, juridische de ethische kanten daarvan vraagt om menselijke wijsheid. Geloof in ons technologisch kunnen is daar een belangrijk onderdeel van. Maar het is niet te hopen dat geloof in de techniek de overhand zal krijgen. Vertrouwen in mensen en het accepteren van menselijke krachten, maar ook falen, zou de leidraad van ons handelen moeten vormen.

Als geen andere techniek is de nieuwe robotica op de mens geïnspireerd. Deze techniek wil menselijke eigenschappen en kwaliteiten nabootsen en tevens verbeteren. Dit lijkt op een race tussen ons en de machine. Bill Joy (2001) is bevreesd voor die race omdat hij bang is dat de mens uiteindelijk het onderspit zal gaan delven. Zijn droevige angstbeeld is 'een toekomst die ons niet nodig heeft'. Het ultieme doel van de nieuwe robotica dient niet de autonome en sociaal en moreel vaardige machine te zijn. Dat is een ingenieursvisie. Een dergelijke visie dient niet leidend te zijn. Het gaat namelijk niet om de perfecte machine, maar om het welzijn van mensen.

Onze verkenning laat zien dat sociale praktijken vaak een balans kennen van 'harde' en 'zachte' taken. De politie zorgt voor rechtshandhaving en opsporing en dient tevens hulp aan burgers te verlenen. De oorlog moet gewonnen worden, maar ook de 'hearts and minds' van de mensen. De zorg gaat over 'zorgen dat' (het wassen en eten geven) en het 'zorgen voor' via een aai over de bol en een goed gesprek. We bedrijven de liefde en vinden dat fijn, maar willen vooral liefde geven en krijgen. Robotica kan een rol spelen aan de functionele kant van sociale praktijken. Daarbij moeten we oppassen dat met de focus op techniek niet tevens de 'zachte' menselijke kant van de betreffende praktijk uit het oog wordt verloren. Of zoals oud-commissaris van de politie Nordholt het verwoordde: 'Het huidige denken in termen van controle wordt sterk door de techniek gemotiveerd' (De Jong & Schuilenburg, 2007). Een dergelijke valkuil kan makkelijk tot onmenselijke praktijken leiden: een inhumane zorg, een repressieve politie, verharding van onze sekscultuur en onmenselijke oorlogsmisdaden.

Robotica is er niet voor zichzelf, maar voor de samenleving. Robotica dient de mens niet te overvleugelen, maar bij te staan. Dat begint met het besef dat de nieuwe robotica tal van mogelijkheden biedt om het leven van mensen aangenamer te maken, maar ook dat er soms gewoonweg geen plaats is voor robots. Er bestaat een robot die geweldig trompet kan spelen (zie figuur 7.1). Toch zou het een schande zijn indien we het dagelijkse spelen van de *Last Post* in leper ter nagedachtenis aan de slachtoffers van de Eerste Wereldoorlog (zie figuur 7.2) over zouden laten aan een robot. Daarnaast moeten we oppassen voor geloof in technologie die uit is op technologisch paternalisme. Zelfs al komt er ooit een machine in de hele verre toekomst die onze kinderen beter kan opvoeden dan wij, dan

nog dienen we dat zelf te doen. Hierbij speelt de notie van eigen verantwoordelijkheid en het menselijke recht op het maken van eigen beslissingen en fouten een belangrijke rol. Al kan een robot iets beter dan een mens, dan nog kan het beter zijn dat de mens het slechter blijft doen.



**Figuur 7.1** Door Toyota ontwikkelde robot die trompet kan spelen



**Figuur 7.2** In leper wordt iedere dag de *Last Post* geblazen als eerbetoon aan de bevridders van leper





# Verantwoording

Dit boek sluit het robotproject van het Rathenau Instituut af. Gedurende dit project hebben verschillende mensen een bijdrage geleverd aan de totstandkoming van dit boek. Lambèr Royakkers, Floortje Daemen en Rinie van Est zijn de hoofdauteurs van het boek. Gaston Dorren heeft zorg gedragen voor de interviews en deze tot mooie intermezzo's tussen de hoofdstukken verwerkt. Van januari 2008 tot september 2011 heeft Martijntje Smits het robotproject geleid. Vanuit die rol heeft zij meegedacht over de opzet van het boek. Samen met Michiel Besters heeft zij onderzoek gedaan naar en meegeschreven aan het hoofdstuk over politierobots. Remke Klapwijk en Andreas Ligtvoet hebben vooronderzoek gedaan voor de hoofdstukken over de thuisrobot en de autorobot. Frans Brom heeft meegeschreven aan de conclusie.



# Fotoverantwoording

Omslagfoto: Foto Arjen Born

Hoofdstuk 1: Robots op vismarkt. Foto Getty Images.

Figuur 1.1 De eerste industriële robot Unimate. Foto Getty Images.

Figuur 1.2 Automaton de 'musicienne'. Foto Getty Images.

Figuur 1.3 De naar zijn evenbeeld gebouwde humanoïde robot van robotwetenschapper Ishiguro. Foto Rinie van Est.

Figuur 1.4 De 'vallei der griezeligheid' (Uncanny Valley). Bron grafiek: Mori, Masahiro (1970). (Vertaald in het Engels door K.F. MacDorman & T. Minato). The uncanny valley. Energy, 7(4), 33-35.

Figuur 1.5 Een onbemande drone. Foto ANP.

Figuur 1.6 Humanoïde robot Asimo. Foto Getty Images.

Hoofdstuk 2: Robot aan de afwas. Foto Getty Images.

Figuur 2.1 Roomba, een stofzuigerrobot. Foto New York Times/Hollandse Hoogte.

Figuur 2.2 Tamagotchi. Foto Getty Images.

Figuur 2.3 Furby. Foto Getty Images.

Figuur 2.4 Robothondje AIBO. Foto Tony Kyriacou/Hollandse Hoogte.

Figuur 2.5 Communicatierobot PaPeRo. Foto Getty Images.

Figuur 2.6 Vrouwelijke androïde Repliee Q2. Foto Rinie van Est.

Figuur 2.7 Seksrobot Roxxy. Foto ANP.

Hoofdstuk 3: Robot die het eten serveert. Foto Arjen Born.

Figuur 3.1 De therapeutische robotzeehond Paro. Foto Adri Mouthaan.

Figuur 3.2 Tilrobot RIBA II. Foto Riken RTC.

Figuur 3.3 Robothulp Kompai. Foto Reporter.

Hoofdstuk 4: Solartower traffic. Foto Randy Montoya.

Figuur 4.1 Automatisch waarschuwingssysteem eCall. Bron illustratie: ADAC.

Figuur 4.2 Coöperatief rijden. Foto Volvo Cars.

Figuur 4.3 De autonome auto van Google. Foto CMU.

Figuur 4.4 De zelfsturende auto MadeInGermany. Foto Claudia Heinsteijn/Blitzsaloon.

Hoofdstuk 5: Politieagent en politierobot. Foto ANP.

Figuur 5.1 Cover van het Amerikaanse tijdschrift 'Science and Invention' uit 1924 met afbeelding van de Radio Police Automaton.

Figuur 5.2 Uitleg van de Radio Police Automaton door H. Gernsback uit 1924.

Figuur 5.3 De luchtrobot AirRobot. Foto Getty Images.

Figuur 5.4 Het robotohelikoptersysteem. Foto Dienst Specialistische Recherche Toepassingen KLPD (Korps Landelijke Politiediensten).



Figuur 5.5 De landrobot iRobot. Foto Dienst Specialistische Recherche Toepassingen KLPD (Korps Landelijke Politiediensten).

Hoofdstuk 6: Predators piloten. Foto Alvin Willett.

Figuur 6.1 De robotica revolutie. (Bron: Uit Joint Robotics Program (2005).

Figuur 6.2 Het computergestuurd luchtafweersysteem Goalkeeper. Foto copyright Thales Nederland.

Figuur 6.3 Het robotvervoersysteem BigDog. Foto Getty Images.

Figuur 6.4 Onbemand grondvoertuig SWORDS. Foto Internet.

Figuur 6.5 De robotspin. Foto BAE Systems.

Hoofdstuk 7: Kamelen jockey. Foto Getty Images.

Figuur 7.1 Door Toyota ontwikkelde robot die trompet kan spelen. Foto Rinie van Est.

Figuur 7.2 In Ieper wordt iedere dag de Last Post geblazen als eerbetoon aan de bevrijders van Ieper. Foto Joost van de Broek/Hollandse Hoogte.

# Literatuur

## Hoofdstuk 1

- Arkin, R.C. (2007). *Governing lethal behavior: Embedding ethics in a hybrid deliberative/reactive robot architecture* (Technical report GIT-GVU-07-11). Atlanta: Georgia Institute of Technology.
- Aron, J. (2011). Software tricks people into thinking it is human. In: *NewScientist*. Tech, 6 september. <http://www.newscientist.com/article/dn20865-software-tricks-people-into-thinking-it-is-human.html?DCMP=OTC-rss&nsref=online-news>
- Arthur, W.B. (2009). *The nature of technology: What it is and how it evolves*. London: Allen Lane.
- Asada, H.H. et al. (2009). *From internet to robotics: A roadmap for US robotics*. Snowbird, Utah: Computing Community Consortium (CCC). [www.us-robotics.us/reports/CCC%20Report.pdf](http://www.us-robotics.us/reports/CCC%20Report.pdf).
- Asimov, I. (1950). *I, Robot*. New York: Gnome Press.
- Böhle, K., Coenen, C., Decker, M. & Rader, M. (2011). Engineering of intelligent artefacts. In R. van Est & D. Stemmerding (Eds.), *Making perfect life: Bio-engineering in the 21st century* (pp. 128-167). Brussel: European Parliament, STOA.
- Brom, F. et al. (2011). *Kenniskamer intelligente robots: feiten, labels en ficties*. Den Haag: Ministerie van Veiligheid en Justitie.
- Brooks, R.A. (2002). *Flesh and machines: How robots will change us*. New York: Pantheon Books.
- Dikkenberg, B. van den (2010, 18 november). Homan: Robotisering leger grootste verandering sinds atoombom. *Reformatorisch Dagblad*.
- Driessen, C. (2011, 1 februari). #Klantenservice2.0: ouwehoeren met virtuele medewerkers. *De Pers*.
- Est, R. van (2010). Rinie van Est on living technologies. In M. Bedau et al. (Eds.), *Living technologies: 5 questions* (pp. 195-215). Milton Keynes: Automatic Press VIP.
- European Robotics Technology Platform (EUROP) (2009). *Robotic visions to 2020 and beyond: The strategic research agenda for robotics in Europe, 07/2009*. Brussel: European Robotics Technology Platform.
- Gates, B. (2007). A robot in every home. *Scientific American Magazine*, januari, 58-65.
- Hodges, A. (1983). *Alan Turing: The enigma of intelligence*. London: Unwin Paperbacks.
- Hof, C. van 't, Est, R. van & Daemen, F. (red.) (2010). *Check in/check uit: de digitalisering van de openbare ruimte*. Den Haag: Rathenau Instituut, NAI Uitgevers.
- Ishiguro, H. et al. (2004). Evaluating humanlikeness by comparing responses elicited by an android and a person. *Proceedings of the Second International Workshop on Man-machine Symbiotic Systems* (pp. 373-383). Kyoto University.
- Jonker, P. (2011). Nooit meer werken. *Bio-Wetenschappen en Maatschappij*, 30(4), 23-34.
- Joy, B. (2000). Why the future doesn't need us. *Wired Science*, 8 april. [www.wired.com/wired/archive/8.04/joy.html](http://www.wired.com/wired/archive/8.04/joy.html).

- Kahn, H. & Wiener, A. (1968). *Het jaar 2000: een raamwerk voor speculatie over de komende dertig jaar*. Deventer: Kluwer.
- Keim, B. (2009). Computer program self-discovers laws of physics. *Wired Science*, 2 april. [www.wired.com/wiredscience/2009/04/newtonai/](http://www.wired.com/wiredscience/2009/04/newtonai/).
- Kroes, N. (2011). Commentary – Robots and other cognitive systems: Challenges and European responses. *Philosophy of Technology*. doi:10.1007/s133347-011-0037-4.
- Kurzweil, R. (1990). *The age of intelligent machines*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kurzweil, R. (2005). *The singularity is near: When humans transcend biology*. New York: Viking.
- Labutov, I., Yosinski, J. & Lipson, H. (2011). *YouTube-film: 'AI vs. AI: Two chatbots talking to each other'*. Geüpload door Cornell Creative Machines Lab op 26 augustus van [www.youtube.com/watch?v=WnzlbyTZsQY](http://www.youtube.com/watch?v=WnzlbyTZsQY).
- Lau, Y.Y., Hof, C. van 't & Est, R. van (2009). *Beyond the surface: An exploration in healthcare robotics in Japan*. Den Haag: Rathenau Instituut.
- Lipetz, B.-A. (1966). Information storage and retrieval. *Scientific American*, september, 238.
- Luck, M., McBurney, P., Shehory, O. & Willmott, S. (2005). Agent technology: Computing as interaction – A roadmap for agent based computing. *Agentlink*. <http://agentlink.org/roadmap/index.html>.
- Minsky, M.L. (Ed.) (1968). *Semantic information processing*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Moravec, H. (1988). *Mind children: The future of robotics and human intelligence*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Mori, M. (1970). (Vertaald door K.F. MacDorman & T. Minato). The uncanny valley. *Energy*, 7(4), 33-35.
- Noble, D.F. (1997). *The religion of technology: The divinity of man and the spirit of invention*. New York: Alfred A. Knopf.
- Picard, R.W. (1995). *Affective computing: MIT Media Laboratory Perceptual Computing Section. Technical Report No. 321*. Boston: MIT.
- Picard, R.W. & Klein, J. (2002). Computers that recognize and respond to user emotion: Theoretical and practical implications. *Interacting with Computers*, 14(2), 141-169.
- Pransky, J. (1996). Service robots: How should we define them? *Service Robot: An International Journal*, 2(1), 4-5.
- Ravilious, K. (2009). First robot scientist makes gene discovery. *National Geographic News*, 2 april. <http://news.nationalgeographic.com/news/2009/04/090402-robot-scientists.html>.
- Riskin, J. (2003). The defecating duck; or, the ambiguous origins of artificial life. *Critical Inquiry*, 29(4), 599-633.
- Sharkey, A. & Sharkey, N. (2010). Granny and the robots: Ethical issues in robot care for the elderly. *Ethics and Information Technology*. doi:10.1007/s10676-010-9234-6.
- Shaw-Garlock, G. (2010). Loving machines: Theorizing human and sociable technology interaction. In M.H. Lamers & F.J. Verbeek (Eds.), *Human-robot personal relationships. Third International Conference, HRPR 2010. Leiden, The Netherlands, June 2010, Revised selected papers* (pp. 1-11). Heidelberg: Springer.
- Simon, H.A. & Newell, A. (1958). Heuristic problem solving: The next advance in operations research. *Operations Research*, 6, pp. 1-10.

- Sullins, J.P. (2010). RoboWarfare: Can robots be more ethical than humans on the battlefield? *Ethics and Information Technology*. doi: 10.1007/s10676-010-9241-7.
- Topteam High Tech Systems en Materialen (2011). *Holland high tech: Advies Topteam High Tech Systems en Materialen*. Den Haag: Topteam High Tech Systems en Materialen.
- Trevelyan, J. (1999). Redefining robotics for the next millennium. *The International Journal of Robotics Research*, 18(12), 1211-1223.
- Thring, M.W. (1964). A robot in the house. In N. Galder (Ed.), *The world in 1984*. Baltimore: Penguin Books.
- Wallach, W. & Allen, C. (2009). *Moral machines: Teaching robots right from wrong*. Oxford: Oxford University Press.
- Walters, M.L., Syrdal, D.S., Dautenhahn, K., Boekhorsten, R.T. & Koay, K.L. (2008). Avoiding the uncanny valley: Robot appearance, personality and consistency of behavior in an attention-seeking home scenario for a robot companion. *Autonomous Robots*, 24(2), 159-178.
- Wiener, N. (1948). *Cybernetics: Or control and communication in the animal and machine*. New York: John Wiley & Sons.

## Hoofdstuk 2

- Aarts, E.H.L. & Encarnação, J.L. (Eds.) (2006). *True visions: The emergence of ambient intelligence*. New York: Springer Verlag.
- Arkin, R.C. (2007). Robot ethics - From the battlefield to the bedroom, robots of the future raise ethical concerns. *GeorgiaTech Research News*, Winter/Spring, 14-15.
- Bamps, D.A.M. (2010). Seks met kindrobotica. Gepresenteerd op het congres *De doodstraf voorbij – bespiegelingen over straffen*, 28 en 29 oktober, Maastricht. <https://lirias.kuleuven.be/bitstream/123456789/282148/1/seks+met+kindrobotica.pdf>.
- Breazeal, C. (2003). Toward sociable robots. *Robotics and Autonomous Systems*, 42(3-4), 167-175.
- Breazeal, C., Takanski, A. & Kobayashi, T. (2008). Social robots that interact with people. In B. Siciliano & O. Khatib (Eds.), *Springer handbook of robotics* (pp. 1349-1369). Berlijn: Springer.
- Choi, C.Q. (2008). Not Tonight, Dear, I Have to Reboot. In: *Scientific American* (February, 2008). <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=not-tonight-dear-i-have-to-reboot>
- Cowan, R.S. (1983). *More work for mother: The ironics of household technology from the open hearth to the microwave*. New York: Basic Books.
- Dasselaar, A. (2006, 24 juni). Nooit meer poetsen. *Elsevier*, 66.
- Dautenhahn, K. (1995). Getting to know each other: Artificial social intelligence for autonomous robots. *Robotics and Autonomous Systems*, 16(2-4), 333-356.
- Dijk, A. van (1999). Huisrobots in aantocht. *Elektro Retail Magazine*, 68, november, 17.
- Dorst, C. van & Lintsen, H. (2005). Een kind doet de was. In H. Lintsen (red.) *Made in Holland: een techniekgeschiedenis van Nederland [1800-2000]* (pp. 275-291). Zutphen: Walburg Pers.

- Duffy, B.R. (2003). Anthropomorphism and the social robot. *Robotics and Autonomous Systems*, 42(3-4), 170-190.
- Duffy, B.R. (2006). Fundamental issues in social robotics. *International Review of Information Ethics*, 6, 31-36.
- Epstein, R. (2006). My date with a robot. *Scientific American Mind*, 68-73.
- Evans, D. (2010). Wanting the impossible: The dilemma at the heart of intimate human-robot relationships. In Y. Wilks (Ed.), *Close engagements with artificial companions: Key social, psychological, ethical and design issues* (pp. 75-88). Amsterdam: John Benjamins Publishing.
- Fong, T., Nourbakhsh, I. & Dautenhahn, K. (2003). A survey of socially interactive robots. *Robotics and Autonomous Systems*, 42(3-4), 143-166.
- Gardner, H., Kornhaber, M. & Wake, W. (1996). *Intelligence: Multiple perspectives*. Fort Worth, TX: Harcourt Brace.
- Gates, B. (2007). A robot in every home: The leader of the PC revolution predicts that the next hot field will be robotics. *Scientific American*, januari, 58-65.
- Goth, G. (2011). I, domestic robot. *Communications of the ACM*, 54(5), 16-17.
- Hafner, V.V., Lohse, M., Meyer, J., Nagai, Y. & Wrede, B. (Eds.) (2011). *Proceedings of the Workshop on 'The role of expectations in intuitive human-robot interaction'* (HRI-2011). Lausanne, Switzerland, 6 maart 2011. [www.verenahafner.de/](http://www.verenahafner.de/).
- Harmsen, B. (2000). De toekomst in huis. *Kijk*, augustus, 70-73.
- Heerink, M., Kröse, B.J.A., Wielinga, B.J. & Evers, V. (2009). Influence of social presence on acceptance of an assistive social robot and screen agent by elderly users. *Advanced Robotics*, 23(14), 1909-1923.
- Heijden, M. van der (2008, 20 december). Hoera, ik heb een oppasrobot. *NRC Handelsblad*, 16.
- Hibbert, L. (2004). Robots go home. *Professional Engineering*, 10 november, 28-29.
- Johnson, P. (1996). Pornography drives technology: Why not to censor the Internet. *Federal Communications Law Journal*, 49(1), 216-227.
- Kahn, H. & Wiener, A.J. (1972). *Het jaar 2000: een raamwerk voor speculatie over de komende dertig jaar*. Deventer: Kluwer.
- Kahn Jr., P.H. (2006). Nature and moral development. In M. Killen & J.G. Smetana (Eds.), *Handbook of moral development* (pp. 461-480). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Kahn Jr., P.H., Reichert, A.L., Gary, H.E., Kanda, T., Ishiguro, H., Shen, S., Ruckert, J.H. & Gill, B. (2011). The new ontological category hypothesis in human-robot interaction. *Proceedings of the 6th international conference on Human-robot interaction* (HRI-2011), (pp. 159-160), Lausanne, Switzerland. New York: ACM.
- Korps Landelijke Politiediensten (KLPD) - Dienst Nationale Recherche (2008). *Schone schijn: de signalering van mensenhandel in de vergunde prostitutiesector*. Driebergen: KLPD - Dienst Nationale Recherche.
- Kozima, H., Nakagawa, C. & Yasuda, Y. (2007). Children-robot interaction: A pilot study in autism therapy. *Progress in Brain Research*, 164, 385-400.
- Levy, D. (2007a). *Love + sex with robots: The evolution of human-robot relationships*. New York: HarperCollins Publishers.
- Levy, D. (2007b). Robot prostitutes as alternatives to human sex workers. Gepresenteerd op ICRA '07, Rome, 14 april. [www.roboethics.org/icra2007/contributions/LEVY%20](http://www.roboethics.org/icra2007/contributions/LEVY%20)

- Robot%20Prostitutes%20as%20Alternatives%20to%20Human%20Sex%20Workers.pdf.
- Levy, D. (2009). The ethical treatment of artificially conscious robots. *International Journal of Social Robotics*, 1(3), 209-216.
- Louv, R. (2005). *Last child in the woods: Saving our children from nature-deficit disorder*. Chapel Hill, NC: Algonquin Books.
- MacDorman, K.F. & Ishiguro, H. (2006). The uncanny advantage of using androids in social and cognitive science research. *Interaction Studies*, 7(3), 297-337.
- Maines, R.P. (1999). *The technology of orgasm: 'Hysteria,' the vibrator, and women's sexual satisfaction*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Marocco, D. & Nolfi, S. (2006). Emergence of communication in teams of embodied and situated agents. *Proceedings of the 6th International Conference on the Evolution of Language* (pp. 198-205). [www.tech.plym.ac.uk/socce/evolang6/marocco\\_nolfi.doc](http://www.tech.plym.ac.uk/socce/evolang6/marocco_nolfi.doc).
- Melson, G.F., Kahn, P.H., Beck, A. & Friedman, B. (2009). Robotic pets in human lives: Implications for the human-animal bond and for human relationships with personified technologies. *Journal of Social Issues*, 65(3), 545-569.
- Merens, A., Brakel, M. van den, Hartgers, M. & Hermans, B. (2011). *Emancipatiemonitor 2010*. Den Haag: Sociaal en Cultureel Planbureau.
- Meyer, G. de (2002). Furby: het cyber-knuffeldier. *Interaxis*, 5(10), 1-9.
- Meyer, G. de (2007). Het cyberknuffeldier Furby. *Agora*, 23(4), 7-10.
- Minato, T., MacDorman, K.F., Shimada, M., Itakura, S., Lee, K. & Ishiguro, H. (2004). Evaluating humanlikeness by comparing responses elicited by an android and a person. *Proceedings of the second international workshop on man-machine symbiotic systems* (pp. 373-383), Kyoto, Japan.
- Mori, M. (1970). Bukimi no tani [the uncanny valley]. *Energy*, 7(4), 33-35.
- Mul, J. de, J. (2011). PedoBot® is niet boos, maar wel verdrietig (en soms opgewonden). Over intelligente robots, emoties en sociale interactie. In J.B. de Jong (red.), *Kenniskamer intelligente robots: feiten, labels en ficties* (pp. 56-63). Den Haag: Ministerie van Veiligheid en Justitie.
- Oldenziel, R. (2001). Epiloog. In J.W. Schot et al. (red.), *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw IV* (pp. 147-151). Zutphen: Walburg Pers.
- Oldenziel, R. & Berendsen, M. (2001). De uitbouw van technische systemen en het huishouden: een kwestie van onderhandelen, 1919-1940. In J.W. Schot et al. (red.), *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw IV* (pp. 37-61). Zutphen: Walburg Pers.
- Picard, R. (1997). *Affective computing*. Cambridge: MIT Press.
- Prassler, E. & Kosuge, K. (2008). Domestic Robots. In B. Siciliano & O. Khatib (Eds.), *Springer Handbook of Robotics* (pp. 1253-1281). Berlijn: Springer.
- Richards, J.W. (Ed.) (2002). *Are we spiritual machines? Ray Kurzweil vs. the critics of strong A.I.* Seattle: Discovery Institute.
- Schermer, B.W., Durinck, M. & Bijmans, L. (2005). *Juridische aspecten van autonome systemen*. ECP.NL.
- Sharkey, A. & Sharkey, N. (2010). Granny and the robots: Ethical issues in robot care for the elderly. *Ethics and Information Technology*, online beschikbaar, doi: 10.1007/s10676-010-9234-6).
- Sharkey, N.E. (2008). The ethical frontiers of robotics. *Science*, 322, 1800-1801.

- Smit, R. (2004). Uw eigen programmeerbare huisrobot. *PC-Active*, 16(11), 34-36.
- Smit, W.A. & Oost, E.C.J. van (1999). *De wederzijdse beïnvloeding van technologie en maatschappij*. Bussum: Coutinho.
- Sparrow, R. (2002). The march of the robot dogs. *Ehtics and Information Technology*, 4(4), 305-318.
- Steeman, H. (2002). Huisrobot past op de woning. *Telecommagazine*, 9, 48-49.
- Stuurman, C. (2009). Robots: met recht mensenwerk. In A. Oskamp & A.R. Lodder (Eds.), *Caught in the cyber crime act* (pp. 133-148). Deventer: Kluwer.
- Sung, J.-Y., Grinter, R.E., Christensen, H.I. & Guo, L. (2008). Housewives or technophiles?: understanding domestic robot owners. *Proceedings of 3<sup>rd</sup> ACM/IEEE Intelligent Conference Human Robot Interaction* (pp. 128-136), Amsterdam, maart 2008. Georgia: ACM.
- Sung, J.-Y., Guo, L., Grinter, R.E. & Christensen, H.I. (2007). 'My Roomba is Rambo': Intimate home appliances. In J. Krumm et al. (Eds.), *UbiComp 2007* (LNCS 4717) (pp. 145-162). Berlin: Springer Verlag.
- Tanaka, F., Cicourel, A. & Movellan, J.R. (2007). Socialization between toddlers and robots at an early childhood education center. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA (PNAS)* 104(46), pp. 17954-17958.
- Tanaka, F. & Kimura, T (2009). The use of robots in early education: A scenario based on ethical consideration. *Proceedings of the 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2009)* (pp. 558-560), Toyama, Japan.
- Thring, M.W. (1964). A robot in the house. In N. Calder (Ed.), *The World in 1984*. Baltimore: Penguin Books.
- Turing, A.M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59(236), 433-460.
- Turkle, S. (2011). *Alone together: Why we expect more from technology and less from each other*. New York: Basic Books.
- Urashima, K. (2007). Comprehensive analysis of science technology benchmarking and foresight. *International Journal of Plasma Environmental Science & Technology*, 1(1), 3-7.
- Vervaeke, L. (2006, 6 mei). Robots over de vloer. *De Volkskrant*.
- Wairatpanij, S., Patel, H., Cravens, G. & MacDorman, K.F. (2009). Baby steps: A design proposal for more believable motion in an infant-sized android. In K. Dautenhahn (Ed.), *Proceedings of the New Frontiers in Human-Robot Interaction* (p. 139-144). Edinburgh.
- Weizenbaum, J. (1966). ELIZA - A computer program for the study of natural language communication between man and machine. *Communications of the Association for Computing Machinery*, 9(1), 36-45.

## Hoofdstuk 3

- Akrich, M. (1992). The de-scription of technical objects. In W. Bijker & J. Law (Eds.), *Shaping technology/building society: Studies in sociotechnical change* (pp. 205-224). Cambridge, MA: MIT Press.
- Aldrich, F.K. (2003). Smarthomes: Past, present and future. In R. Harper (Ed.), *Inside the smart home* (pp. 17-39). London: Springer-Verlag.

- Asveld, L. & Besters, M. (2009). *Medische technologie: ook geschikt voor thuisgebruik*. Den Haag: Rathenau Instituut.
- Bemelmans, R., Gelderblom, G., Jonker, P. & Witte, L. de (2010). Socially assistive robots in elderly care: A systematic review into effects and effectiveness. *Journal of American Medical Directors Association*.
- Borenstein, J. & Pearson, Y. (2010). Robot caregivers: Harbingers of expanded freedom for all? *Ethics and Information Technology*, 12(3), 277-288.
- Butter, M., Rensma, A., Boxsel, J. van, et al. (2008). *Robotics for healthcare* (final report). Brussel: European Commission, DG Information Society.
- Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) (2009). *Gezondheid en zorg in cijfers 2009*. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek. [www.cbs.nl/NR/rdonlyres/CC6F3071-309A-4D3C-B42B-2772F4C3F464/0/2009c156pub.pdf](http://www.cbs.nl/NR/rdonlyres/CC6F3071-309A-4D3C-B42B-2772F4C3F464/0/2009c156pub.pdf).
- Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) (2010). *Tempo vergrijzing loopt op*. Persbericht Centraal Bureau voor de Statistiek. [www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/dossiers/vergrijzing/publicaties/artikelen/archief/2010/2010-083-pb.htm](http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/dossiers/vergrijzing/publicaties/artikelen/archief/2010/2010-083-pb.htm).
- Coeckelbergh, M. (2010). Health care, capabilities, and AI assistive technologies. *Ethical Theory and Moral Practice*, 13(2), 181-190.
- Cordia, A. & Soede, M. (2008). Technologische innovatieprocessen in de productontwikkeling. In A. Cordia, L. de Witte & H. Kort (red.), *Langdurende zorg en technologie* (pp. 391-398). Den Haag: Boom Lemma uitgevers.
- Decker, M. (2008). Caregiving robots and ethical reflection: The perspective of interdisciplinary technology assessment. *AI & Society*, 22(3), 315-330.
- Eggink, E., Oudijk, D. & Woittiez, I. (2010). *Zorgen voor zorg: ramingen van de vraag naar personeel in de verpleging en verzorging tot 2030*. Den Haag: Sociaal en Cultureel Planbureau.
- Evers, H., Blijham, N. & Willems, C. (2009). *Zorg op afstand, literatuurstudie naar internationale ontwikkelingen en kennis over effecten: een analyse van de samenvattingen van recente publicaties over toepassingen voor langdurende zorg op afstand*. Utrecht: Vilans. [www.vilans.nl/literatuurstudie-za](http://www.vilans.nl/literatuurstudie-za).
- Garssen, J. (2011). *Demografie van de vergrijzing: bevolkingstrends*. Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek. [www.cbs.nl/NR/rdonlyres/D7D8F678-F22B-445F-8A6F-A635D376A344/0/2011demografievandevergrijzingart.pdf](http://www.cbs.nl/NR/rdonlyres/D7D8F678-F22B-445F-8A6F-A635D376A344/0/2011demografievandevergrijzingart.pdf).
- Inoue, K., Wada, K. & Ito, Y. (2008). Effective application of Paro: Seal type robots for disabled people in according to ideas of occupational therapists. In K. Miesenberger, J. Klaus, W. Zagler & Arthur Karshmer (Eds.), *Computers helping people with special needs* (LNCS 5105) (pp. 1321-1324). Berlin: Springer Verlag.
- Inspectie voor de Gezondheidszorg (IGZ) (2009). *Toepassing van domotica in de zorg moet zorgvuldiger*. [www.igz.nl/Images/2009-10%20Toepassing%20van%20domotica%20in%20de%20zorg%20moet%20zorgvuldiger%20%5B2389378%231\\_2%5D\\_tcm294-277570.pdf](http://www.igz.nl/Images/2009-10%20Toepassing%20van%20domotica%20in%20de%20zorg%20moet%20zorgvuldiger%20%5B2389378%231_2%5D_tcm294-277570.pdf).
- Kort, H., Cordia, A. & Witte, L. de (2008). Inleiding. In A. Cordia, L. de Witte & H. Kort (red.), *Langdurende zorg en technologie* (pp. 15-24). Den Haag: Boom Lemma uitgevers.
- Laeven, A.-M. & Vreeman, W. (2008). *Beter worden! De curatieve zorg in 2018*. Deventer: Kluwer.



- Lau, Y.Y., Hof, C. van 't & Est, R. van (2009). *Beyond the surface: An exploration in healthcare robotics in Japan*. Den Haag: Rathenau Instituut.
- M&ICT (2010). *Factsheet project KOALA*. Actieprogramma M&ICT, createdatum 28 januari 2010. [www.m-ict.nl/wp-content/uploads/2011/09/Factsheet-Koala-def.pdf](http://www.m-ict.nl/wp-content/uploads/2011/09/Factsheet-Koala-def.pdf).
- Nagai, Y., Tanioka, T., Fuji, S., et al. (2010). Needs and challenges of care robots in nursing care setting: A literature review. *Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on natural language processing and knowledge engineering* (NLP-KE). <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5587815>.
- Oost, E. van & Reed, D. (2011). Towards a sociological understanding of robots as companions. In M.H. Lamers & F.J. Verbeek (red.), *Human-robot personal relationships* (LNICTS 59) (pp. 11-18). Heidelberg: Springer.
- Oudshoorn, N. (2008). Diagnosis at a distance: The invisible work of patients and healthcare professionals in cardiac telemonitoring technology. *Sociology of Health & Illness*, 30(2), 272-288.
- Peeters, J.M. & Francke, A.L. (2009). *Monitor Zorg op afstand: verslaglegging van de peiling eind 2008/begin 2009*. Utrecht: Nivel.
- Plas, A. van der, Smits, M. & Wehrman, C. (2010). Beyond speculative robot ethics: A vision assessment study on the future of the robotic caretaker. *Accountability in Research Policies and Quality Assurance*, 17(6), 299-315.
- Putter, T. (2009). Meer dan zorg op afstand. *FreeNovation*, 16, online magazine. [www.FreeNovation.nl](http://www.FreeNovation.nl).
- Royakkers, L., Poel, I. van de & Pieters, A. (red.) (2006). *Ethiek & techniek: morele overwegingen in de ingenieurspraktijk*. Baarn: HB Uitgevers.
- Schuurman, J.G., Moelaert El-Hadidy, F., Krom, A. & Walhout, B. (2007). *Ambient Intelligence: toekomst van de zorg of zorg van de toekomst?* Den Haag: Rathenau Instituut.
- Sharkey, A. & Sharkey, N. (2010). Granny and the robots: Ethical issues in robot care for the elderly. *Ethics and Information Technology* online beschikbaar, doi: 10.1007/s10676-010-9234-6).
- Shaw-Garlock, G. (2011). Loving machines: Theorizing human and sociable-technology interaction. In M.H. Lamers & F.J. Verbeek (Eds.), *Human-robot personal relationships* (LNICTS 59) (pp. 1-10). Heidelberg: Springer.
- Sociaal-Economische Raad (SER) (2008). *Langdurige zorg verzekerd: over de toekomst van de AWBZ* (publicatienummer 3). Den Haag: SER.
- Sparrow, R. & Sparrow, L. (2006). In the hands of machines? The future of aged care. *Mind and Machines*, 16(2), 141-161.
- Spreeuwenberg, C. (2008). De Nederlandse gezondheidszorg in ontwikkeling. In A. Cordia, L. de Witte & H. Kort (red.), *Langdurende zorg en technologie* (pp. 31-45). Den Haag: Boom Lemma uitgevers.
- Turkle, S. (2006). *A nascent robotics culture: New complicities for companionship* (AAAI Technical Report Series). <http://mit.edu/sturkle/www/nascentroboticsculture.pdf>.
- Vallor, S. (2011). Carebots and caregivers: Sustaining the ethical ideal of care in the twenty-first century. *Philosophy and Technology*, 24(3), 251-268.

- Veruggio, G. & Operto, F. (2008). Robotics: Social en ethical implications of robotics. In B. Siciliano & O. Khatib (Eds.), *Springer handbook of robotics* (pp. 1499-1524). Berlin: Springer Verlag.
- Voorham, T. (2008). De positie van de eerste lijn in de zorg. In A. Cordia, L. de Witte & H. Kort (red.), *Langdurende zorg en technologie* (pp. 65-73). Den Haag: Boom Lemma uitgevers.
- Wada, K. & Shibata, T. (2007). Living with seal robots: Its sociopsychological and physiological influences on the elderly at a care house. *IEEE Transaction on Robotics*, 23(5), 972-980.
- Wada, K., Shibata, T., Saito, T. & Tanie, K. (2006). Robot assisted activity at a health service facility: An interim report of a long-term experiment. *Journal of Systems and Control Engineering*, 220(6), 709-715.
- Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (WRR) (2006). *De verzorgingsstaat herwogen: over verzorgen, verzekeren, verheffen en verbinden* (Serie WRR Rapporten, nr. 76). Amsterdam: Amsterdam University Press.
- Weijers, T. (2008). Domotica en hun gebruikers. In A. Cordia, L. de Witte & H. Kort (red.), *Langdurende zorg en technologie* (pp. 281-284). Den Haag: Boom Lemma uitgevers.
- Witte, L. de (2008). *Technologie, mijl'In zorg! Over langdurige zorg, technologie en innovatie* (inaugurale rede, 20 juni 2008). Universiteit Maastricht.
- Witte, L. de (2010). *Thuiszorg in 2020: leve de technologie?* (essay in het kader van 'Toekomst Zorg Thuis 2020'). Bunnik: Stoom.
- Zorginnovatieplatform (2009). *Zorg voor mensen, mensen voor de zorg: arbeidsmarktbeleid voor de zorgsector richting 2025*. Advies van het Zorginnovatieplatform. [www.pgb.nl/per\\_saldo/up1/ZqqlamIK\\_ZIP\\_Zorg\\_voor\\_mensen-mensen\\_voor\\_de\\_zorg.pdf](http://www.pgb.nl/per_saldo/up1/ZqqlamIK_ZIP_Zorg_voor_mensen-mensen_voor_de_zorg.pdf).

## Hoofdstuk 4

- Alkim, T., Bootsma, G. & Looman, P. (2007). *De Rij-Assistent: systemen die het autorijden ondersteunen*. Delft: Studio Wegen naar de Toekomst (WnT), Rijkswaterstaat.
- Annema, J.A. & Wee, B. van (2004). Externe kosten van verkeer: een vergelijking van milieu-, veiligheids- en congestiekosten. *Arena*, 3, 42-45.
- Arem, B. van (2007). *Cooperative vehicle-infrastructure systems: An intelligent way forward?* (TNO report 2007-D-R0158/B). Delft: TNO.
- Arem, B. van (2010). *7 mythes over mobiliteit* (inaugurele rede, 8 september 2010). Technische Universiteit Delft.
- Arth, M. (2010). *Democracy and the common wealth: Breaking the stranglehold of the special interests*. DeLand: Golden Apples Media.
- Beek, F. van, Annema, J.A., Bakker, P., et al. (2007). *Mobiliteitsbalans 2007*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.
- Bishop, R. (2005). *Intelligent vehicle technology and trends*. Norwood, MA: Artech House.
- Broggi, A., Zelinsky, A., Parent, M. & Thorpe, Ch.E. (2008). Intelligent vehicles. In B. Siciliano & O. Khatib (Eds.), *Springer handbook of robotics* (pp. 1175-1198). Berlin: Springer.

- Brookhuis, K.A. & Waard, D. de (2005). ADAS' acceptance and effects on behaviour: The consequences of automation? In G. Underwood (Ed.), *Traffic and transport psychology: Theory and application* (pp. 273-278). Amsterdam: Elsevier.
- Checkoway, S., McCoy, D., Kantor, B., et al. (2011). Comprehensive experimental analyses of automotive attack surfaces. In D. Wagner (Ed.), *Proceedings of the 20th USENIX on security (SEC'11)*. Berkeley: USENIX Association. [www.autosec.org/publications.html](http://www.autosec.org/publications.html).
- Christoph, M.W.T. (2010). *Schatting van verkeersveiligheidseffecten van intelligente voertuigsystemen* (R-2010-8). Leidschendam: SWOV.
- Connekt (2011). *Het verkeer slimmer organiseren: de wetenschap aan het woord*. Delft: Connekt.
- Denys, T., Zomer, G. & Schafrat, J. (2006). *Voertuigtechniek voor automatische hulpoproep: eCall. Stand van zaken van het Europese initiatief rond de automatische hulpoproep eCall* (RA-2006-103). Dierenbeek: Steunpunt Verkeersveiligheid. [www.steunpuntmowverkeersveiligheid.be/modules/publications/store/124.pdf](http://www.steunpuntmowverkeersveiligheid.be/modules/publications/store/124.pdf).
- Dewar, R.E. & Olson, P.L. (2007). *Human factors in traffic safety* (2e ed.). Tucson: Lawyers & Judges Publishing Company.
- Donner, E. & Schollinski, H.L. (2004). *Deliverable D1, ADAS: Market introduction scenarios and proper realisation. Response 2 - Advanced driver assistance systems: From introduction scenarios towards a code of practice for development and testing*. Contract Number: ST 2001-37528. Köln.
- Dragutinovic, N., Brookhuis, K.A., Hagenzieker, M.P. & Marchau, V.A.W.J. (2005). Behavioural effects of advanced cruise control use: A meta-analytic approach. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 5(4), 267-280.
- Driel, C.J.G. van & Arem, B. van (2005). Investigation of user needs for driver assistance: Results of an internet questionnaire. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 5(4), 297-316.
- Driel, C.J.G. van & Arem, B. van (2010). Using traffic flow simulation to investigate the impact of an active accelerator pedal and a stop-and-go system on traffic flow efficiency and safety in congested traffic caused by a lane drop. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 14(4), 197-208.
- Driel, C.J.G. van, Hoedemaeker, M. & Arem, B. van (2007). Impacts of a congestion assistant on driving behaviour and acceptance using a driving simulator. *Transportation Research Part F*, 10(2), 139-152.
- eCall Driving Group (2006). *Recommendations of the DG eCall for the introduction of the pan-European eCall*. Brussel: eSafety Support.
- Erke, A. (2008). Effects of electronic stability control (ESC) on accidents: A review of empirical evidence. *Accident Analysis and Prevention*, 40(1), 167-173.
- Europese Commissie (2010). *Naar een Europese verkeersveiligheidsruimte: strategische beleidsoriëntaties inzake de verkeersveiligheid voor de periode 2011-2020* (SEC(2010) 903). Brussel: Europese Commissie.
- Europese Commissie (2011). *Commission staff working paper. Impact Assessment. Accompanying the document 'Commission recommendation on support for an EU-wide eCall service in electronic communication networks for the transmission of in-vehicle emergency calls based on 112 ('eCalls')*. Brussel: Europese Commissie.

- Faber, F., Vonk Noordegraaf, D., Baan, J., et al. (2011). *Top 15 filelocaties voor verschillende fileoorzaken in Nederland*. Den Haag: TNO.
- Ferguson, S.A. (2007). The effectiveness of electronic stability control in reducing real-world crashes: A literature review. *Traffic Injury Prevention*, 8(4), 329-338.
- Gusikhin, O., Filev, D. & Rychtycky, N. (2008). Intelligent vehicle systems: Applications and new trends. *Informatics in Control Automation and Robotic. Lecture Notes in Electrical Engineering*, 15, 3-14.
- Hoogendoorn, S. (2011). *Orde in verkeerschaos* (inaugurele rede, 7 januari 2011). Technische Universiteit Delft.
- Kolman, S. & Est, R. van (2010). De genetwerkte auto: Welkom in het digitale wegennet. In C. van 't Hof, R. van Est & F. Daemen (red.), *Check in/check uit: digitalisering van de openbare ruimte*. Rotterdam: NAI Uitgevers.
- Lint, H. van & Marchau, V. (red.) (2011). *De file, dat ben je zelf*. Delft: Publicatieburo Bouwkunde.
- Lint, J.W.C. van, Valkenberg, A.J., Binsbergen, A.J. & Bigazzi, A. (2010). Advanced traffic monitoring for sustainable traffic management: Experiences and results of five years of collaborative research in the Netherlands. *Intelligent Transport Systems*, 4(4), 387-400.
- Mahmassani, H.S. (2011). *Impact of information on traveler decisions*. Washington: TRB.
- Morsink, P., Goldenbeld, Ch., Dragutinovic, N., Marchau, V., Walta, L. & Brookhuis, K. (2007). *Speed support through the intelligent vehicle* (R-2006-25). Leidschendam: SWOV.
- Oei, H.L. (2001). *Veiligheidsconsequenties van intelligente snelheidsadaptatie ISA* (R-2001-11). SWOV: Leidschendam.
- Olde Kalter, M.-J., Loop, H. van der & Harms, L. (2010). *Verklaring mobiliteit en bereikbaarheid 1985-2008: ontwikkeling en verklaring van de mobiliteit en bereikbaarheid in Nederland*. Den Haag: Kennisinstituut van Mobiliteitsbeleid.
- Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) (2011). *Raming van broeikasgassen en luchtverontreinigende stoffen 2011-2015*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Rijkswaterstaat (RWS) (2007). *Wegen naar de toekomst: de rij-assistent*. Delft: Rijkswaterstaat.
- Savelberg, F., Bakker, P., Derriks, H., et al. (2011). *Mobiliteitsbalans 2011*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.
- Savelberg, F. & Korteweg, J.A. (2011). *Slim benutten: bereikbaarheidsmaatregelen op een rij*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.
- Schilperoord, P. (2001). De intelligente auto. *De Ingenieur*, 113(20), 20-27.
- Schwab, A. (2009). Type-approval requirements for the general safety of motor vehicles \*\*\*I. (P6\_TA-PROV(2009)0092). *Texts adopted at the sitting of Tuesday 10 March 2009*, P6\_TA-PROV(2009)03-10 (pp. 41-76). Brussel: European Parliament.
- Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV) (2009a). *SWOV-factsheet: kosten van verkeersongevallen*. Leidschendam: SWOV.
- Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV) (2009b). *SWOV-factsheet: waardering van immateriële kosten van verkeersdoden*. Leidschendam: SWOV.
- Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV) (2010a). *SWOV-factsheet: adaptive cruise control (ACC)*. Leidschendam: SWOV.

- Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV) (2010b). *SWOV-factsheet: elektronische stabiliteitscontrole (ESC)*. Leidschendam: SWOV.
- Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV) (2010c). *SWOV-factsheet: veiligheidseffecten van navigatiesystemen*. Leidschendam: SWOV.
- Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV) (2010d). *SWOV-factsheet: intelligente transportsystemen (ITS) en verkeersveiligheid*. Leidschendam: SWOV.
- Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV) (2011). *SWOV-factsheet: verkeersdoden in Nederland*. Leidschendam: SWOV.
- TNO (2008). *TNO moving forward to safer, cleaner and more efficient mobility*. Den Haag: TNO.
- Underwood, S.E., Ervin, R.D. & Chen, K. (1989). *The future of intelligent vehicle-highway systems: A Delphi forecast of markets and sociotechnological determinants*. Michigan: University of Michigan, Transportation Research Institute.
- Urmson, C. & Whittaker, W.R. (2008). Self-driving cars and the urban challenge. *IEEE Intelligent Systems*, 23(2), 66-68.
- Vedder, A., Wees, L. van der, Koops, B.-J. & Hert, P. de (2007). *Van privacyparadijs tot controlestaat? Misdaad- en terreurbestrijding in Nederland aan het begin van de 21ste eeuw*. Den Haag: Rathenau Instituut.
- Velzen, T. van (2011). Communicerende auto's elimineren invloed bestuurder. *De Ingenieur*, 123(8), 20-27.
- Visbeek, M. & Renswouw, C.C.M van (2008). *C,mm,n. Your mobility, our future*. Enschede: Universiteit Twente.
- Vlassenroot, S.H.M. (2011). *The acceptability of in-vehicle intelligent speed assistance (ISA) systems: From trial support to public support*. Delft: TRAIL Research School.
- Voogd, F. (2007). De auto als icoon van de vrijheid. *De Ingenieur*, 119(6), 66-67.
- Wees, K.A.P.C. van (2010). Over intelligente voertuigen, slimme wegen en aansprakelijkheid. *Verkeersrecht*, 58(2), 33-44.
- Wegman, F. (2010). *De prijs van water bij de wijn* (inaugurele rede, 27 januari 2010). Technische Universiteit Delft.
- Wegman, F. & Aarts, L. (2005). *Door met duurzaam veilig: Nationale verkeersveiligheidsverkenningen voor de jaren 2005-2020*. Leidschendam: SWOV.
- Weijermars, W. & Schagen, I.N.L.G. van (2009). *Tien jaar duurzaam veilig; verkeersveiligheidsbalans 1998-2007 (R-2009-14)*. Leidschendam: SWOV.
- Wetmore, J.M. (2003). Driving the dream: The history and motivations behind 60 years of automated highway systems in America. *Automotive History Review*, summer, 4-19.
- Wijnen, W. & Stroeken, N.E. (2007). *Uitgaven aan verkeersveiligheid: een schatting voor 2007 (R-2009-17)*. Leidschendam: SWOV.

## Hoofdstuk 5

- Asaro, P. (2006). What should we want from a robot ethic? *International Review of Information Ethics*, 6(12), 9-16.

- Asaro, P. (2007). *Robots and responsibility from a legal perspective*. Gepresenteerd op the 8th IEEE 2007 International Conference on Robotics and Automation. Workshop on RoboEthics, Rome, 14 april 2007. [www.peterasaro.org/](http://www.peterasaro.org/).
- Birk, A. & Kenn, H. (2002). RoboGuard: A teleoperated mobile security robot. *Control Engineering Practice*, 10(11), 1259-1264.
- Buuren, G. ten (2011). Small UAS for law enforcement. In *2011-2012 UAS Yearbook – UAS: The Global Perspective* (9th ed.) (pp. 134-137). Parijs: Blyenburgh & Co.
- Gelder, B. de (2011). Robots en intelligente camera's voor veiligheidsdoeleinden. In J.B. de Jong (red.), *Kenniskamer intelligente robots: feiten, labels en ficties* (pp. 21-25). Den Haag: Ministerie van Veiligheid en Justitie.
- Hambling, D. (2010, 10 februari). Future police: Meet the UK's armed robot drones. *Wired*. [www.wired.co.uk/news/archive/2010-02/10/future-police-meet-the-uk's-armed-robot-drones#comments](http://www.wired.co.uk/news/archive/2010-02/10/future-police-meet-the-uk's-armed-robot-drones#comments).
- Jong, A. de & Schuilenburg, M. (2007). Een cultuur van controle. Interview met Eric Nordholt. *Gonzo* (circus), 79, 12-15.
- Ladiges, R. & Stijl, M.C. van (2009). *OT&E scenario's voor KLPD UAS* (ongerubriceerd rapport (rapportnr. NLR-CR-2009-598)). Amsterdam: Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium.
- Marks, P. (2010). Robot border guards to patrol future frontiers. *New Scientist*, 6 januari 2010. <http://neoconopticon.wordpress.com/2010/01/11/neoconopticon-in-the-new-scientist-robot-border-guards-to-patrol-future-frontiers/>.
- Nagenborg, M., Capurro, R., Weber, J. & Pingel, C. (2008). Ethical regulations on robotics in Europe. *AI & Society*, 22(3), 349-366.
- Projectgroep Visie op de politiefunctie, Raad van Hoofdd commissarissen (2005). *Politie in ontwikkeling: visie op de politiefunctie*. Den Haag: NPI.
- Salvini, P., Ciaravella, G., Yu, W., Ferri, G., Manzi, A., Mazzolai, B., Laschi, C., Oh, S.R. & Dario, P. (2010). How safe are service robots in urban environments? Bullying a robot. *Proceedings 19th IEEE International Symposium in Robot and Human Interactive Communication*, Viareggio, Italy, 12-15 September 2010. <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5654677>.
- Sharkey, N. (2008). *2084: Big robot is watching you: Report on the future for policing, surveillance and security*. [www.dcs.shef.ac.uk/~noel/Future%20robot%20policing%20report%20Final.doc](http://www.dcs.shef.ac.uk/~noel/Future%20robot%20policing%20report%20Final.doc).
- Stramigioli, S. (2011). Waarschuwing: intelligente bewakingsrobots actief! In J.B. de Jong (red.), *Kenniskamer intelligente robots: feiten, labels en ficties* (pp. 36-40). Den Haag: Ministerie van Veiligheid en Justitie.
- Streefkerk, M. (2008). Beelden uitkijken is geen mensenwerk. *Blauw – Opsporing*, 4(5), 26-29.
- Tokmetzis, D. (2009). *Welten en de schuilplaats van het kwaad*. <http://www.dimitri-tokmetzis.nl/2009/10/19/welten-en-de-schuilplaats-van-het-kwaad/>.
- Vedder, A., Wees, L. van der, Koops, B.-J. & Hert, P. de (2007). *Van privacyparadijs tot controlestaat? Misdaad- en terreurbestrijding in Nederland aan het begin van de 21ste eeuw*. Den Haag: Rathenau Instituut.

- Veruggio, G. & Operto, F. (2008). Roboethics: Social and ethical implications of robotics. In B. Siciliano & O. Khatib (Eds.), *Springer handbook of robotics* (pp. 1499-1524). Berlin: Springer.
- Wierda, H. (2006). Essenties van politiewerk, deel 1: een samenleving heeft een politie die bij haar past. *Het tijdschrift voor de politie*, 68(11), 17-20.

## Hoofdstuk 6

- Agence France-Presse (2008). *Automated killer robots: Threat to humanity*. [www.cosmosmagazine.com/node/1873](http://www.cosmosmagazine.com/node/1873).
- Arkin, R.C. (2009). *Governing lethal behavior in autonomous robots*. Boca Raton: Taylor and Francis.
- Arkin, R.C. (2010). The case of ethical autonomy in unmanned systems. *Journal of Military Ethics*, 9(4), 332-341.
- Asaro, P. (2007). *Robots and responsibility from a legal perspective*. Gepresenteerd op the 8th IEEE 2007 International Conference on Robotics and Automation, Workshop on RoboEthics, Rome, 14 april 2007. [www.peterasaro.org/](http://www.peterasaro.org/).
- Asaro, P.M. (2008). How just could a robot war be? In A. Briggie, K. Waelbers & Ph. Brey (Eds.), *Current issues in computing and philosophy* (pp. 50-64). Amsterdam: IOS Press.
- Asaro, P.M. (2009). Modeling the moral user. *IEEE Technology and Society*, 28, 20-24.
- BAE Systems (2008). *BAE systems-led team to develop miniature robots for military use*. [www.baesystems.com](http://www.baesystems.com), 28 april 2008.
- Brouwer, E. (2008, 17 januari). Robotica maakt al deel uit van toekomst. *Defensiekrant*.
- Canning, J.S. (2006). *A concept of operations for armed autonomous systems*. Gepresenteerd op the 3rd Annual Disruptive Technology Conference, 6-7 september, Washington. [www.dtic.mil/ndia/2006disruptive\\_tech/2006disruptive\\_tech.html](http://www.dtic.mil/ndia/2006disruptive_tech/2006disruptive_tech.html).
- Carafano, J.J. & Gudge, A. (2007). The Pentagon's robots: Arming the future. *Backgrounder*, 2093, 1-6.
- CBCNews (2007). *What is a robot? No simple definition, experts say*. [www.cbc.ca/news/background/tech/robotics/definition.html](http://www.cbc.ca/news/background/tech/robotics/definition.html).
- Committee on Armed Services, House of Representatives (2000). *Floyd D. Spence national defense authorization act for fiscal year 2001*. Washington: U.S. Government Printing Office.
- Dabringer, G. (Ed.) (2010). *Ethical and legal aspects of unmanned systems. Interviews*. Wien: Institut für Religion and Frieden.
- Donker, B. (1999, 20 april). NAVO geeft na onderzoek toe: 'Wellicht twee konvooien geraakt'. *NRC Handelsblad*.
- Donnelly, S.B. (2005). Long-distance warriors. *Time Magazine*, 4 december.
- Fielding, M. (2006). Robotics in future land warfare. *Australian Army Journal*, 3(2), 99-108.
- Fischer, J.M. & Ravizza, M. (1998). *Responsibility and control: A theory of moral responsibility*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fitzsimonds, J.R. & Mahnken, T.G. (2007). Military officer attitudes towards UAV adoption: Exploring institutional impediments to innovation. *Joint Force Quarterly*, 46, 96-103.
- Fokkema, A.R. (2007). *Toekomstverkenning robotica*. Den Haag: Ministerie van Defensie.

- Ghosh, B. & Thompson, M. (2009). The CIA's silent war in Pakistan. *Time*, 1 juni. [www.time.com/time/magazine/article/0,9171,1900248,00.html](http://www.time.com/time/magazine/article/0,9171,1900248,00.html).
- Gorman, S., Dreazen, Y. & Cole, A. (2009, 17 december). Insurgents hack U.S. drones. *The Wall Street Journal*. <http://online.wsj.com/article/SB126102247889095011.html>.
- Gulam, H. & Lee, S.W. (2006). Uninhabited combat aerial vehicles and the law of armed conflicts. *Australian Army Journal*, 3(2), 123-136.
- Heuvel, J.C. van den, Jansen, C., Koole, J., Oosterhout, A.W.G. van & Zijdeveld, E.J.A. van (2007). *Kansen voor robotica in Nederlands grondoptreden op korte termijn* (TNO-rapport/TNO-DV 2006 A303). Den Haag: TNO.
- Homan, K. (2005). *Van pepperspray tot lasergun: militaire technologie en de menselijke maat*. Den Haag: Rathenau Instituut.
- Homan, K. (2009). Op weg naar de ethisch geprogrammeerde gevechtsrobot? *Atlantisch Perspectief*, 6, 4-9.
- Homan, K. (2011). Oorlog en technologie: verdwijnt de mens in de oorlogvoering? In S. Reyn & A. Teftedarija (red.), *'Het is Oorrrlog!'; Friese Leermeester in de Haagse Beleidsfabriek*. Den Haag: Ministerie van Defensie.
- Horton, S. (2009). Prepare for the robot wars: Six questions for P.W. Singer, Author of *Wired for war*. *Harper's Magazine*, 27 januari. [www.harpers.org/archive/2009/01/hbc-90004275](http://www.harpers.org/archive/2009/01/hbc-90004275).
- Iraq Coalition Casualty Count (2008). *Deaths caused by IEDs and U.S. deaths by month*. <http://icasualties.org/oif/IED.aspx> en <http://icasualties.org/oif/USDeathByMonth.aspx>.
- Jelwell, L. (2004). Armed robots soon marching to battle? *Army News Service*. [www.guardian.co.uk/technology/blog/2008/oct/18/robots](http://www.guardian.co.uk/technology/blog/2008/oct/18/robots).
- Jennings, G. (2010). Predator-series UAVs surpass one million flight hours. *IHS Jane's: Defense & Security Intelligence & Analysis*. [www.janes.com/products/janes/defence-security-report.aspx?ID=1065927694](http://www.janes.com/products/janes/defence-security-report.aspx?ID=1065927694).
- Khan, A.N. (2011). The US' policy of targeted killings by drones in Pakistan. *IPRI Journal*, 11(1), 21-40.
- Kaplan, R.D. (2006). Hunting the Taliban in Las Vegas. *Atlantic Monthly*, augustus, 4.
- Kahn, P. (2002). The paradoxes of riskless war. *Philosophy & Public Policy Quarterly*, 22(3), 2-8.
- Kenyon, H.S. (2006). Israel deploys robot guardians. *Signal*, 60(7), 41-44.
- Klomp, H. (2008). Robots overtreffen menselijke soldaten. *De Ingenieur*, 19, 48-51.
- Klomp, H. (2009). Robotarm helpt gewonde soldaat. *Technisch Weekblad*, 18 februari.
- Kreemers, B. (2009). *Hete hangijzers: de aanschaf van Nederlandse gevechtsvliegtuigen*. Amsterdam: Uitgeverij Balans.
- Krishnan, A. (2009). *Killer robots: Legality and ethicality of autonomous weapons*. Farnham: Ashgate Publishing Limited.
- Kurzweill, R. (2005). *The singularity in near: When humans transcend biology*. New York: Viking Penguin.
- Lin, P., Bekey, G. & Abney, K. (2008). *Autonomous military robotics: Risk, ethics, and design*. San Luis Obispo: Ethics & Emerging Technologies Group.
- Marchant, G.E., Allenby, B., Arkin, R.C., et al. (2011). International governance of autonomous military robots. *Science and Technology Law Review*, 12, 272-315.



- Matthias, A. (2004). The responsibility gap: Ascribing responsibility for the actions of learning automata. *Ethics and Information Technology*, 6(3), 175-183.
- Ministerie van Defensie (2010). *Deelverkenning III: Aanbodzijde voor de krijgsmacht van de toekomst*. Deventer: Thieme Grafimedia Groep bv. [www.prodef.nl/pdf/Aanbodzijde\\_Boek.pdf](http://www.prodef.nl/pdf/Aanbodzijde_Boek.pdf).
- Ministerie van Defensie (2011). *Defensie na de kredietcrisis: een kleinere krijgsmacht in een onrustige wereld* (Kenmerk BS2011011591). Den Haag: Ministerie van Defensie. [www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2011/04/08/beleidsbrief-defensie.html](http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2011/04/08/beleidsbrief-defensie.html).
- National Research Council (2005). *Autonomous vehicles in support of naval operations*. Washington: The National Academies Press.
- New America Foundation (2011). *The year of the drone: An analysis of U.S. drone strikes in Pakistan, 2004-2011* (report). <http://counterterrorism.newamerica.net/drones>.
- Office of the Surgeon Multinational Force-Iraq & Office of the Surgeon General United States Army Medical Command (2006). *Mental health advisory team (MHAT) IV. Operation Iraqi freedom 05-07* (final report). [www.armymedicine.army.mil/reports/mhat/mhat\\_iv/mhat-iv.cfm](http://www.armymedicine.army.mil/reports/mhat/mhat_iv/mhat-iv.cfm).
- Oudelaar, R.P. (2011). *Operationele behoeftestelling: voor een medium altitude long endurance (MALE) unmanned aerial vehicle (UAV)-capaciteit* (bijlage B, behorende bij het verslag A-beraad 'MALE UAV' van 30 augustus 2011 met nummer BS2011029499). Den Haag: Ministerie van Defensie.
- Oudes, C. & Zwijnenburg, W. (2011). *Onbemand maakt onbemind? Een verkenning van het debat over drones en robots in oorlogsvoering*. Utrecht: IVK Pax Christi.
- Poel, I.R. van de & Royakkers, L.M.M. (2011). *Ethics, technology, and engineering: An introduction*. Oxford: Wiley-Blackwell.
- Royakkers, L.M.M. & Est, Q.C. van (2010). The cubicle warrior: The marionette of digitalized warfare. *Ethics and Information Technology*, 12(3), 289-296.
- Royal United Services Institute (2008). *The ethics & legal implications of unmanned vehicles for defence and security purposes (conference concept)*, Londen, 27 februari 2008. [www.rusi.org/events/ref:E47385996DA7D3/](http://www.rusi.org/events/ref:E47385996DA7D3/).
- Shachtman, N. (2007). Robot cannon kills 9, wounds 14. *Wired.com*, 18 oktober.
- Shachtman, N. (2011). Computer virus hits U.S. drone fleet. *Wired.com*, 7 oktober.
- Sharkey, N. (2008a). Cassandra or false prophet of doom: AI robots and war. *IEEE Intelligent Systems*, 23(4), 14-17.
- Sharkey, N. (2008b). Grounds for discrimination: Autonomous robot weapons. *RUSI Defence Systems*, 11(2), 86-89.
- Sharkey, N. (2008c). *Killer military robots pose latest threat to humanity*, Keynote-presentatie voor de Royal United Services Institute (Whitehall, 27 februari 2008).
- Sharkey, N. (2010). Saying 'no' to lethal autonomous targeting. *Journal of Military Ethics*, 9(4), 369-383.
- Simonis, F. & Schilthuisen, S. (2006). *Nanotechnology: Innovation opportunities for tomorrow's Defence*. Den Haag: TNO.
- Singer, P.W. (2009a). Military robots and the laws of war. *The New Atlantis*, 23, 25-45.
- Singer, P.W. (2009b). *Wired for war: The robotics revolution and conflict in the twenty-first century*. New York: The Penguin Press.

- Singer, P.W. (2010). The ethics of killer applications: Why is it so hard to talk about morality when it comes to new military ethics? *Journal of Military Ethics*, 9(4), 299-312.
- Sparrow, R. (2005). 'Hands up who wants to die?': Primoratz on responsibility and civilian immunity in wartime. *Ethical Theory and Moral Practice*, 8(3), 299-319.
- Sparrow, R. (2007). Killer robots. *Journal of Applied Philosophy*, 24(1), 62-77.
- Sparrow, R. (2009). Building a better warbot: Ethical issues in the design of unmanned systems for military application. *Science and Engineering Ethics*, 15(2), 169-187.
- Stam, N.U. (2010). *UGV-roadmap: robots beslissen in het gevecht, bouwen aan veiligheid?!* [http://afdelingen.kiviniria.net/media-afdelingen/DOM100000140/Activiteiten2009/0414Koosymposium/Bert\\_Stam\\_-\\_Robots\\_beslissen\\_het\\_gevecht.pdf](http://afdelingen.kiviniria.net/media-afdelingen/DOM100000140/Activiteiten2009/0414Koosymposium/Bert_Stam_-_Robots_beslissen_het_gevecht.pdf).
- Strawser, B.J. (2010). Moral predators: The duty to employ uninhabited aerial vehicles. *Journal of Military Ethics*, 9(4), 342-368.
- Stuurman, K. (2009). Robots: met recht mensenwerk. In A. Lodder & A. Oskamp (Eds.), *Caught in the cybercrime act* (pp. 133-148). Deventer: Kluwer.
- Sullins, J.P. (2010). RoboWarfare: Can robots be more ethical than humans on the battlefield? *Ethics and Information Technology*, 12(3), 263-275.
- United States Air Force (2009). *Unmanned aircraft systems flight plan 2009-2047*. Washington: Headquarters, United States Air Force.
- US Department of Defense (2005). Joint robotics program. *Master plan FY2005: Out front in harm's way*. Washington: OUSD (AT&L) Defense Systems.
- US Department of Defense (2009). *Unmanned systems roadmap 2009-2034*. Washington: Government Printing Office.
- Vanden Brook, T. (2009). More training on UAV's than bombers, fighters. *USA Today*, 16 juni. [www.airforcetimes.com/news/2009/06/gns\\_airforce\\_uav\\_061609w/](http://www.airforcetimes.com/news/2009/06/gns_airforce_uav_061609w/).
- Verbeek, P.P. (2005). *What things do: Philosophical reflections on technology, agency, and design*. University Park: Pennsylvania State University Press.
- Veruggio, G. & Operto, F. (2008). Roboethics: Social and ethical implications of robotics. In B. Siciliano & O. Khatib (Eds.), *Springer handbook of robotics* (pp. 1499-1524). Berlin: Springer.

## Hoofdstuk 7

- Brom, F. et al. (2011). *Kenniskamer intelligente robots: feiten, labels en ficties*. Den Haag: Ministerie van Veiligheid en Justitie.
- Dikkenberg, B. van den (2010, 18 november). Homan: robotisering leger grootste verandering sinds atoombom. *Reformatorisch Dagblad*.
- Est, R. van, Klaassen, P., Schuijff, M. & Smits, M. (2008). *Future man – No future man: Connecting the technological, cultural and political dots of human enhancement*. Den Haag: NOW, Rathenau Instituut.
- European Commission (2010). *Towards a European road safety area: Policy orientations on road safety 2011-2020*. Brussels: European Commission. [http://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/pdf/road\\_safety\\_citizen/road\\_safety\\_citizen\\_100924\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/transport/road_safety/pdf/road_safety_citizen/road_safety_citizen_100924_en.pdf).

- Flatley, J.L. (2010). *Robot Safety Center opens up in Japan: Crash test dummies still an unfortunate name for a band*. [www.engadget.com/2010/12/28/robot-safety-center-opens-up-in-japan-crash-test-dummies-still/](http://www.engadget.com/2010/12/28/robot-safety-center-opens-up-in-japan-crash-test-dummies-still/).
- Gorka, J. (2001). *When I lost my faith. The company you keep* (leen cd). St. Paul: Red House Records.
- Hambling, D. (2010). Future police: Meet the UK's armed robot drones. *Wired*, 10 februari.
- Jong, A. de & Schuilenburg, M. (2007). Een cultuur van controle. Interview met Eric Nordholt. *Gonzo* (circus), 79, 12-15.
- Joy, B. (2001). Why the future doesn't need us. *Wired*, 8(4), 238-262.
- Korps Landelijke Politiediensten - Dienst Nationale Recherche (2008). *Schone schijn: de signalering van mensenhandel in de vergunde prostitutiesector*. Driebergen: Korps Landelijke Politiediensten - Dienst Nationale Recherche.
- Lau, Y.Y., Hof, C. van 't & Est, R. van (2009). *Beyond the surface: An exploration in healthcare robotics in Japan*. Den Haag: Rathenau Instituut.
- Levy, D. (2007). *Love + sex with robots: The evolution of human-robot relationships*. New York: Harper Collins Publishers.
- Lewis, J. (2005). Robots of Arabia. *Wired*, 13 november. [www.wired.com/wired/archive/13.11/camel\\_pr.html](http://www.wired.com/wired/archive/13.11/camel_pr.html).
- Louv, R. (2005). *Last child in the woods: Saving our children from nature-deficit disorder*. Chapel Hill, NC: Algonquin Books.
- Melson, G.F., Kahn, P.H., Beck, A. & Friedman, B. (2009). Robotic pets in human lives: Implications for the human-animal bond and for human relationships with personified technologies. *Journal of Social Issues*, 65(3), 545-569.
- Munoz, C. (2011). *Army wants 'man in the loop' on armed UAS ops*. AOL Defense August 16. <http://defense.aol.com/2011/08/16/army-wants-man-in-the-loop-on-armed-uas-ops/>.
- Nuijten, M. (2011). *Co-robotica: nieuwe stimulans voor robotica-onderzoek in de VS*. Washington: TWA Washington. [www.twanetwerk.nl/default.aspx?DocumentID=15830](http://www.twanetwerk.nl/default.aspx?DocumentID=15830).
- Plas, A. van der, Smits, M. & Wehrman, C. (2010). Beyond speculative robot ethics: A vision assessment study on the future of the robotic caretaker. *Accountability in Research Policies and Quality Assurance*, 17(6), 299-315.
- Schot, J. & Rip, A. (1997). The past and future of constructive technology assessment. *Technological Forecasting and Social Change*, 54(2-3), 251-268.
- Schuurman, G., Moelaert El-Hadidy, F., Krom, A. & Walhout, B. (2007). *Ambient intelligence: toekomst van de zorg of zorg van de toekomst?* Den Haag: Rathenau Instituut.
- Singer, P.W. (2009). *Wired for war: The robotics revolution and conflict in the twenty-first century*. New York: The Penguin Press.
- Sparrow, R. (2002). The march of the robot dogs. *Ethics and Information Technology*, 4(4), 305-318.
- Strawser, B.J. (2010). Moral predators: The duty to employ uninhabited aerial vehicles. *Journal of Military Ethics*, 9(4), 342-368.
- Swierstra, T., Boenink, M., Walhout, B. & Est, R. van (red.) (2009). *Leven als bouw pakket: ethisch verkennen van de nieuwe technologische golf*. Kampen: Klement.

- Tingvall, C. & Haworth, N. (1999). *Vision Zero: An ethical approach to safety and mobility*. Paper presented to the 6th International Conference Road Safety & Traffic Environment: Beyond 2000, Melbourne, Australia, 6-7 September.
- TNO (2008). *Moving forward: To safer, cleaner and more efficient mobility*. Den Haag: TNO.
- Turkle, S. (2011). *Alone together: Why we expect more from technology and less from each other*. New York: Basic Books.
- Vallor, S. (2011). Carebots and caregivers: Sustaining the ethical ideal of care in the twenty-first century. *Philosophy and Technology*, 24(3), 251-268.
- Werson, H. (2012). *De fatale fuik: achter de schermen van mensenhandel en gedwongen prostitutie in Nederland*. Amsterdam: Uitgeverij Carrera.
- Whitelegg, J. & Haq, G. (2006). *Vision Zero: Adopting a target of zero for road traffic fatalities and serious injuries*. Stockholm: The Stockholm Environment Institute.



# Noten

## Hoofdstuk 1

- 1 [http://en.wikipedia.org/wiki/David\\_Cope](http://en.wikipedia.org/wiki/David_Cope)

## Hoofdstuk 2

- 1 <http://ec.europa.eu/>.
- 2 Vertaling in Kahn & Wiener, 1972, p. 112.
- 3 [www.irobot.com/](http://www.irobot.com/).
- 4 [www.nintendo.co.jp/ir/library/historical\\_data/pdf/consolidated\\_sales\\_e1109.pdf](http://www.nintendo.co.jp/ir/library/historical_data/pdf/consolidated_sales_e1109.pdf).
- 5 *C't Magazine voor Computertechniek* 2011, 11, 106.
- 6 [www.gemakinhuis.nl/product/tubie-strijkrobot](http://www.gemakinhuis.nl/product/tubie-strijkrobot).
- 7 <http://ias.cs.tum.edu/research/robohow>.
- 8 Bij *ambient intelligence* ligt de nadruk meer op het verhogen van het comfort voor de mens (intelligente huizen e.d.) dan op robotspecifiek handelen. Het verder uitrusten van robots met intelligente functionaliteit kunnen we wellicht ook onder de noemer *ambient intelligence* scharen.
- 9 <http://vorige.nrc.nl/wetenschap/article2548119.ece>.
- 10 [www.zozitdat.nl/2010/05/21/filmpje-robot-vouwt-de-was-op/](http://www.zozitdat.nl/2010/05/21/filmpje-robot-vouwt-de-was-op/).
- 11 [www.twanetwerk.nl/default.ashx?DocumentID=11839](http://www.twanetwerk.nl/default.ashx?DocumentID=11839).
- 12 [www.time.com/time/specials/packages/article/0,28804,2049243\\_2048661\\_2049232,00.html](http://www.time.com/time/specials/packages/article/0,28804,2049243_2048661_2049232,00.html).
- 13 [www.techzine.nl/nieuws/4897/tamagotchi-komt-in-volwassen-vorm-terug.html](http://www.techzine.nl/nieuws/4897/tamagotchi-komt-in-volwassen-vorm-terug.html).
- 14 <http://electronica.infonu.nl/diversen/1390-furby-het-emotronische-vriendje.html>.
- 15 <http://support.sony-europe.com/aibo/> en <http://www.sonyaibo.net/aibostory.htm>.
- 16 [www.robots.nyu.edu/aibo-ers-21/](http://www.robots.nyu.edu/aibo-ers-21/).
- 17 [http://news.cnet.com/Sony-puts-Aibo-to-sleep/2100-1041\\_3-6031649.html](http://news.cnet.com/Sony-puts-Aibo-to-sleep/2100-1041_3-6031649.html).
- 18 [www.nec.co.jp/products/robot/en/](http://www.nec.co.jp/products/robot/en/).
- 19 [www.pleoworld.com/](http://www.pleoworld.com/).
- 20 [www.mykeepoon.nl/](http://www.mykeepoon.nl/).
- 21 [www.is.sys.es.osaka-u.ac.jp/development/0006/index.en.html](http://www.is.sys.es.osaka-u.ac.jp/development/0006/index.en.html).
- 22 [www.foxnews.com/scitech/2010/01/11/worlds-life-size-robot-girlfriend/](http://www.foxnews.com/scitech/2010/01/11/worlds-life-size-robot-girlfriend/).
- 23 [www.truecompanion.com/home.html](http://www.truecompanion.com/home.html).
- 24 [www.independent.ie/opinion/analysis/she-makes-love-just-like-a-real-woman-yes-she-does-1873174.html](http://www.independent.ie/opinion/analysis/she-makes-love-just-like-a-real-woman-yes-she-does-1873174.html).
- 25 <http://news.change.org/stories/are-robots-the-future-of-prostitution>.
- 26 Voor een overzicht van dit vakgebied verwijzen we naar Fong et al., 2003 en Breazeal et al., 2008.

- 27 [www.humantrafficking.info/2011/11/15/zwartboek-vrouwenhandel-aangeboden-aan-tweede-kamer/](http://www.humantrafficking.info/2011/11/15/zwartboek-vrouwenhandel-aangeboden-aan-tweede-kamer/). Zie ook KLPD – Dienst Nationale Recherche (2008) waarbij de schattingen van onvrijwillige prostitutie uiteenlopen van 50 tot 90 procent.
- 28 [www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/prostitutie/prostitutie-legaal](http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/prostitutie/prostitutie-legaal).
- 29 Asscher (2011, 14 oktober). Collectieve zwijgafpraak over mensenhandel. *Trouw*.
- 30 Rb. Rotterdam 31 maart 2011, *LJN* BP 9776.
- 31 'Met gevangenisstraf van ten hoogste vier jaren of geldboete van de vijfde categorie wordt gestraft degene die een afbeelding – of een gegevensdrager, bevattende een afbeelding – van een seksuele gedraging, waarbij iemand die kennelijk de leeftijd van achttien jaar nog niet heeft bereikt, is betrokken of schijnbaar is betrokken, verspreidt, openlijk tentoonstelt, vervaardigt, invoert, doorvoert, uitvoert of in bezit heeft.'
- 32 'Hij die met iemand van wie hij weet dat hij in staat van bewusteloosheid, verminderd bewustzijn of lichamelijk onmacht verkeert, dan wel aan een zodanige gebrekkige ontwikkeling of ziekelijke stoornis van zijn geestvermogens lijdt dat hij niet of onvolkomen in staat is zijn wil daaromtrent te bepalen of kenbaar te maken of daartegen weerstand te bieden of met iemand beneden de leeftijd van zestien jaren buiten echt onuchtige handelingen pleegt of laatstgemelde tot het plegen of dulden van zodanige handelingen buiten echt met een derde verleidt, wordt gestraft met een gevangenisstraf van ten hoogste zes jaren of geldboete van de vierde categorie.'

## Hoofdstuk 3

- 1 [www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2011/01/26/zorg-die-werkt-de-beleidsdoelstellingen-van-de-minister-van-volksgezondheid-welzijn-en-sport.html](http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2011/01/26/zorg-die-werkt-de-beleidsdoelstellingen-van-de-minister-van-volksgezondheid-welzijn-en-sport.html).
- 2 Intramurale zorg is zorg die langer duurt dan 24 uur en waarbij verblijf gecombineerd wordt met behandeling, activerende en ondersteunende begeleiding, verpleging of verzorging.
- 3 [www.actiz.nl/dossiers/toekomst-langdurige-zorg](http://www.actiz.nl/dossiers/toekomst-langdurige-zorg).
- 4 [www.menzis.nl/web/Corporate/ opinie/zorgOpAfstandVraagtEenCultuuromslag.htm](http://www.menzis.nl/web/Corporate/ opinie/zorgOpAfstandVraagtEenCultuuromslag.htm).
- 5 [www.nza.nl/137706/142055/251064/CA-300-487.pdf](http://www.nza.nl/137706/142055/251064/CA-300-487.pdf).
- 6 [www.menzis.nl/web/Corporate/ opinie/zorgOpAfstandVraagtEenCultuuromslag.htm](http://www.menzis.nl/web/Corporate/ opinie/zorgOpAfstandVraagtEenCultuuromslag.htm).
- 7 [www.domotica.nl/domotica\\_domotica.htm](http://www.domotica.nl/domotica_domotica.htm).
- 8 <http://zorgopafstand.vilans.nl/>.
- 9 [www.menzis.nl/web/Corporate/AgendaVanDeToekomst/Zorginnovatie/KOALA.htm](http://www.menzis.nl/web/Corporate/AgendaVanDeToekomst/Zorginnovatie/KOALA.htm).
- 10 [www.mobiserv.eu/](http://www.mobiserv.eu/).
- 11 [www.companionable.net/](http://www.companionable.net/).
- 12 <http://ksera.ieis.tue.nl/>.
- 13 [www.breitbart.com/article.php?id=D94IJ0V00&show\\_article=1](http://www.breitbart.com/article.php?id=D94IJ0V00&show_article=1).
- 14 Zie o.a. Inoue et al., 2008; Wada, Shibata, Saito & Tanie, 2006; Wada & Shibata, 2007.
- 15 [www.riken.go.jp/engn/r-world/info/release/press/2011/110802\\_2/index.html](http://www.riken.go.jp/engn/r-world/info/release/press/2011/110802_2/index.html).

- 16 <http://rtc.nagoya.riken.jp/RIBA/index-e.html>.
- 17 [www.robosoft.com/img/data/2010-03-Kompai-Robosoft\\_Press\\_Release\\_English\\_v2.pdf](http://www.robosoft.com/img/data/2010-03-Kompai-Robosoft_Press_Release_English_v2.pdf).
- 18 [www.mobiserv.eu/index.php?option=com\\_content&view=article&id=46&Itemid=27&lang=en](http://www.mobiserv.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=46&Itemid=27&lang=en).
- 19 'Ambient Assistive Living' is gebaseerd op het principe van 'ambient intelligence'. Het Rathenau Instituut omschrijft deze medische technologie als 'een verzamelnaam voor een pakket aan slimme technologieën die als het ware verdwijnen in de omgeving' (Asveld & Besters, 2009, p. 19).
- 20 [www.aal-domeo.eu/](http://www.aal-domeo.eu/).
- 21 <http://rathenaunl.wordpress.com/2010/11/24/een-ethische-robot/>.

## Hoofdstuk 4

- 1 <http://totnadereclame.nl/vervoer/ford-focus-2011/>.
- 2 Voor een overzicht van Europese projecten met betrekking tot verkeersveiligheid zie [http://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/specialist/projects/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/projects/index_en.htm).
- 3 [www.tno.nl/content.cfm?context=thema&content=innocase&laag1=894&laag2=914&item\\_id=852](http://www.tno.nl/content.cfm?context=thema&content=innocase&laag1=894&laag2=914&item_id=852).
- 4 Het automatisch schakelen is waarschijnlijk het eerste autonome deelsysteem dat in de auto is ingevoerd.
- 5 Dit gebeurt in opdracht van het ministerie van Verkeer en Waterstaat onder de naam SAVECAP (*Saver VEHicles for Cyclists And Pedestrians*). Zie [www.savecap.org/](http://www.savecap.org/).
- 6 [www.lexus.nl/range/is/key-features/safety/safety-pre-crash-safety.aspx](http://www.lexus.nl/range/is/key-features/safety/safety-pre-crash-safety.aspx).
- 7 [www.euroncap.com/](http://www.euroncap.com/).
- 8 [www.rijkswaterstaat.nl/wegen/innovatie\\_en\\_onderzoek/wegen\\_naar\\_de\\_toekomst/informatie/wijzer\\_op\\_weg/](http://www.rijkswaterstaat.nl/wegen/innovatie_en_onderzoek/wegen_naar_de_toekomst/informatie/wijzer_op_weg/).
- 9 Google heeft in 2011 Google Live Traffic gelanceerd. Dit is een uitbreiding op Google Maps met live verkeersinformatie. De verkeersinformatie wordt als een 'extra informatielaag' over de bestaande Google Maps-kaarten gelegd. Hierdoor wordt de route gepland met inachtneming van eventuele files of vertraging op hoofd- en snelwegen.
- 10 [www.tomtom.com/manifesto](http://www.tomtom.com/manifesto).
- 11 [www.esafetysupport.org/download/ecall\\_toolbox/049-eCall.pdf](http://www.esafetysupport.org/download/ecall_toolbox/049-eCall.pdf).
- 12 [www.htas.nl/index.php?pid=127](http://www.htas.nl/index.php?pid=127).
- 13 [www.safespot-eu.org/](http://www.safespot-eu.org/).
- 14 [www.coopers-ip.eu/](http://www.coopers-ip.eu/).
- 15 [www.cvisproject.org/](http://www.cvisproject.org/).
- 16 [www.sartre-project.eu/](http://www.sartre-project.eu/).
- 17 <http://googleblog.blogspot.com/2010/10/what-were-driving-at.html>.
- 18 <http://autonomos.inf.fu-berlin.de/>.
- 19 [www.eurofot-ip.eu/](http://www.eurofot-ip.eu/).
- 20 [www.aide-eu.org/](http://www.aide-eu.org/).
- 21 Art. 11.3b Telecommunicatiewet.



- 22 Zie art. 11.5b Telecommunicatiewet.
- 23 Art. 11.5a Telecommunicatiewet.
- 24 Art. 11.1d Telecommunicatiewet.
- 25 *Het Parool* (7 september 2011), Digitale ring scant alle auto's.
- 26 [www.preserve-project.eu/](http://www.preserve-project.eu/).
- 27 Deze paragraaf is voor een groot deel gebaseerd op Van Wees, 2010.
- 28 Art. 6:185 Burgerlijk Wetboek.
- 29 Art. 6:188 Burgerlijk Wetboek.
- 30 Art. 6:174 Burgerlijk Wetboek.
- 31 Art. 6:162 Burgerlijk Wetboek.
- 32 [www.esafetysupport.org/](http://www.esafetysupport.org/).

## Hoofdstuk 5

- 1 Graag willen wij Gerard ten Buuren (Korps Landelijke Politiediensten) en Peter Hiemstra (TNO Defensie & Veiligheid) bedanken voor hun bereidheid mee te werken aan dit onderzoek.
- 2 [www.robotshop.ca/defense-security-surveillance.html](http://www.robotshop.ca/defense-security-surveillance.html).
- 3 [www.starnewsonline.com/article/20111017/ARTICLES/111019730?p=1&tc=pg](http://www.starnewsonline.com/article/20111017/ARTICLES/111019730?p=1&tc=pg).
- 4 [www.technovelgy.com/ct/Science-Fiction-News.asp?NewsNum=840](http://www.technovelgy.com/ct/Science-Fiction-News.asp?NewsNum=840).
- 5 [www.zimbio.com/Robots/articles/51/Security+Robot+Fails+Live+up+Childhood+Expectations](http://www.zimbio.com/Robots/articles/51/Security+Robot+Fails+Live+up+Childhood+Expectations).
- 6 [www.technovelgy.com/ct/Science-Fiction-News.asp?NewsNum=1330](http://www.technovelgy.com/ct/Science-Fiction-News.asp?NewsNum=1330).
- 7 [http://news.xinhuanet.com/english/2006-11/16/content\\_5338687.htm](http://news.xinhuanet.com/english/2006-11/16/content_5338687.htm).
- 8 [www.homelandsecuritynewswire.com/south-korea-unveils-armed-guard-robot-border-critical-infrastructure-sentry-missions](http://www.homelandsecuritynewswire.com/south-korea-unveils-armed-guard-robot-border-critical-infrastructure-sentry-missions).
- 9 [www.roanoke.com/news/roanoke/wb/230806](http://www.roanoke.com/news/roanoke/wb/230806).
- 10 <http://electronics.howstuffworks.com/police-robot.htm>.
- 11 Zie bijv. Projectgroep Visie op de politiefunctie, 2005.
- 12 Zie *Uitvoeringsprogramma Vorming Nationale Politie* ([www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/richtlijnen/2011/03/31/uitvoeringsprogramma-vorming-nationale-politie.html](http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/richtlijnen/2011/03/31/uitvoeringsprogramma-vorming-nationale-politie.html)).
- 13 [www.novatv.nl/page/detail/uitzendingen/3523](http://www.novatv.nl/page/detail/uitzendingen/3523).
- 14 'De ambtenaar van politie die is aangesteld voor de uitvoering van de politietaak is bevoegd in de rechtmatige uitoefening van zijn bediening geweld te gebruiken, wanneer het daarmee beoogde doel dit, mede gelet op de aan het gebruik van geweld verbonden gevaren, rechtvaardigt en dat doel niet op een andere wijze kan worden bereikt. Aan het gebruik van geweld gaat zo mogelijk een waarschuwing vooraf' (art. 8.1 Politiewet 1993).
- 15 'De ambtenaar van politie die is aangesteld voor de uitvoering van de politietaak heeft toegang tot elke plaats, voor zover dat voor het verlenen van hulp aan hen die deze behoeven, redelijkerwijs nodig is' (art. 8.2 Politiewet 1993).
- 16 Naast samenwerking gericht op concrete verbeteringen van bestaande luchtrobots, ondersteunt en neemt het KLPD deel aan wetenschappelijke congressen over

- onbemande luchtvaartuigen, zoals bijvoorbeeld 'International Micro Air Vehicle Conference and Flight Competition 2011' ([www.imav2011.org](http://www.imav2011.org)).
- 17 Interview met Peter Hiemstra (22 juli 2009).
- 18 [www.cannachopper.com/](http://www.cannachopper.com/).
- 19 [www.dutchdailynews.com/dutch-police-hunt-cannabis-hemp-growers-with-canna-chopper/](http://www.dutchdailynews.com/dutch-police-hunt-cannabis-hemp-growers-with-canna-chopper/).
- 20 [www.beveiligingnieuws.nl/beveiliging/7402/Air\\_robot\\_helicopter\\_met\\_camera\\_voor\\_politie.htm](http://www.beveiligingnieuws.nl/beveiliging/7402/Air_robot_helicopter_met_camera_voor_politie.htm).
- 21 [www.techzine.nl/nieuws/15303/Politie-Amsterdam-gebruikt-robotcamera-die-vliegt.html](http://www.techzine.nl/nieuws/15303/Politie-Amsterdam-gebruikt-robotcamera-die-vliegt.html).
- 22 [www.delftdynamics.nl/index.php](http://www.delftdynamics.nl/index.php).
- 23 De AscTec Falcon wordt vervaardigd door het bedrijf Ascending technologies. Zie [www.asctec.de/main/index.php](http://www.asctec.de/main/index.php).
- 24 Interview met Gerard ten Buuren (1 juli 2009).
- 25 [www.irobot.com/sp.cfm?pageid=325](http://www.irobot.com/sp.cfm?pageid=325).
- 26 Interview met Gerard ten Buuren (1 juli 2009).
- 27 [www.observision.com/index.php?nav=diensten&sub=13](http://www.observision.com/index.php?nav=diensten&sub=13).
- 28 Interview met Gerard ten Buuren (1 juli 2009).
- 29 [www.bigbrotherwatch.org.uk/cctvreport.pdf](http://www.bigbrotherwatch.org.uk/cctvreport.pdf).
- 30 Zie de regeling van de staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat van 2 december 2005, nr. HDJZ/LUV/2005-2297 met betrekking tot de regels voor vluchten met een modelvliegtuig (de zogenaamde 'Regeling modelvliegen').
- 31 Correspondentie met Gerard ten Buuren (12 december 2011). Zie ook Ten Buuren, 2011.
- 32 [www.project-explorer.nl/](http://www.project-explorer.nl/).
- 33 [www.foxnews.com/story/0,2933,352959,00.html](http://www.foxnews.com/story/0,2933,352959,00.html).
- 34 [www.irobot.com/sp.cfm?pageid=86&id=344](http://www.irobot.com/sp.cfm?pageid=86&id=344).
- 35 <http://news.softpedia.com/news/If-Armed-Autonomous-Robot-Kills-Human-Who-039-s-Guilty-of-Murder-59302.shtml>.
- 36 <http://news.softpedia.com/news/If-Armed-Autonomous-Robot-Kills-Human-Who-039-s-Guilty-of-Murder-59302.shtml>.
- 37 [http://en.wikipedia.org/wiki/Taser\\_safety\\_issues#Analysis](http://en.wikipedia.org/wiki/Taser_safety_issues#Analysis).
- 38 Interview met Peter Hiemstra (22 juli 2009).

## Hoofdstuk 6

- 1 [www.rijksbegroting.nl/2012/kamerstukken,2011/11/28/kst163644.html](http://www.rijksbegroting.nl/2012/kamerstukken,2011/11/28/kst163644.html).
- 2 De uiteindelijke doelstelling van Robocup is om een team van elf robots te laten winnen van de menselijke FIFA-wereldkampioen in 2050.
- 3 Oud-senator John Glenn verzoon ooit de term 'Dover Test': of het publiek nog achter een oorlog staat, wordt gemeten aan de reacties op binnengebrachte body bags. Hij noemde het de 'Dover Test' omdat op de luchtbasis Dover in Delaware de lijkkasten van Amerikaanse militairen die sneuvelen in het buitenland binnenkomen.
- 4 [www.rijksbegroting.nl/2012/kamerstukken,2011/11/28/kst163644.html](http://www.rijksbegroting.nl/2012/kamerstukken,2011/11/28/kst163644.html).

- 5 <http://robotsfuture.blogspot.com/2011/11/south-korea-takes-robotic-in-security.html>.
- 6 [www.thalesgroup.com/goalkeeper/?pid=1568](http://www.thalesgroup.com/goalkeeper/?pid=1568).
- 7 De Hellfire-raket is een universeel lasergestuurd raketsysteem dat zowel op helikopters als op vliegtuigen, marineschepen en landvoertuigen kan worden geplaatst en dat dient voor het uitschakelen van vijandelijke doelen. Een Hellfire-raket is 163 centimeter lang, weegt 45 kilo en kan een snelheid halen van 1530 km/uur. De Hellfire heeft een bereik van 8 kilometer.
- 8 De schattingen lopen erg uiteen. Zo stellen Pakistaanse bronnen, zoals *Pakistany Body Count*, dat voor iedere gedode militant 50 burgers stierven.
- 9 [www.icrac.co.uk/](http://www.icrac.co.uk/).
- 10 Zie voor de verklaring: [www.icrac.co.uk/Expert%20Workshop%20Statement.pdf](http://www.icrac.co.uk/Expert%20Workshop%20Statement.pdf).
- 11 Verschillende auteurs beweren dat zelflerende robots in de toekomst over bewustzijn kunnen beschikken en daardoor waarschijnlijk ook verantwoordelijk kunnen worden gehouden voor hun gedrag. Zie o.a. Dennett, 1996.
- 12 [www.rijksbegroting.nl/2012/kamerstukken, 2011/11/28/kst163644.html](http://www.rijksbegroting.nl/2012/kamerstukken,2011/11/28/kst163644.html).
- 13 Een uitzondering hierop zijn afweersystemen, zoals de Goalkeeper.
- 14 Referentienummer BS2011032025.
- 15 In het proefschrift van Kreemers, 2009, wordt verder ingegaan op de oneigenlijke argumenten van politici over de aanschaf van de JSF.

## Hoofdstuk 7

- 1 <http://www.nhtsa.gov/EDR>, geraadpleegd op 17 januari 2011.
- 2 Zie bijvoorbeeld <http://www.youtube.com/watch?v=KzYLJHgUf0k>, geraadpleegd op 28 december 2011.



## Over de auteurs

Lambèr Royakkers is universitair hoofddocent Militaire Ethiek aan de Nederlandse Defensie Academie en universitair hoofddocent Ethiek en Techniek aan de Technische Universiteit Eindhoven. Hij studeerde wetenschap en wijsbegeerte en maatschappijwetenschappen aan de Technische Universiteit Eindhoven, en rechten aan de Universiteit van Tilburg, waar hij ook promoveerde op een proefschrift over normenlogica. Daarnaast is hij medeoprichter van het Landelijk Instituut voor Ethiektraining (LIvET). In 2011 schreef hij, onder meer, het boek *Ethics, technology and engineering*, samen met Ibo van der Poel.

Floortje Daemen houdt zich op de afdeling Technology Assessment van het Rathenau Instituut bezig met de maatschappelijke vraagstukken van informatie en communicatietechnologieën als robotica. Ook heeft zij aan het project 'Digitalisering van de openbare ruimte' gewerkt, wat resulteerde in het boek *Check in/check out. The public space as an internet of things* (2011). Floortje heeft cultuur- en wetenschapsstudies gestudeerd aan de Universiteit Maastricht.

Rinie van Est is onderzoekskoördinator en trendcatcher bij de afdeling Technology Assessment van het Rathenau Instituut. Hij is natuurkundige en politicoloog en houdt zich bezig met de politiek van opkomende technologieën zoals nanotechnologie, robotica, synthetische biologie en persuasieve technologie. Tevens doceert hij aan de subfaculteit Technische Innovatie Wetenschappen van de Technische Universiteit Eindhoven. Recente boeken waaraan hij heeft meegewerkt zijn *Leven als bouw pakket: ethisch verkennen van een nieuwe technologische golf* (2009), *Check in/check uit: digitalisering van de openbare ruimte* (2010), *Energie in 2030: maatschappelijke keuzes van nu* (2011) en *Voorgeprogrammeerd: hoe het internet ons leven leidt* (2012).

